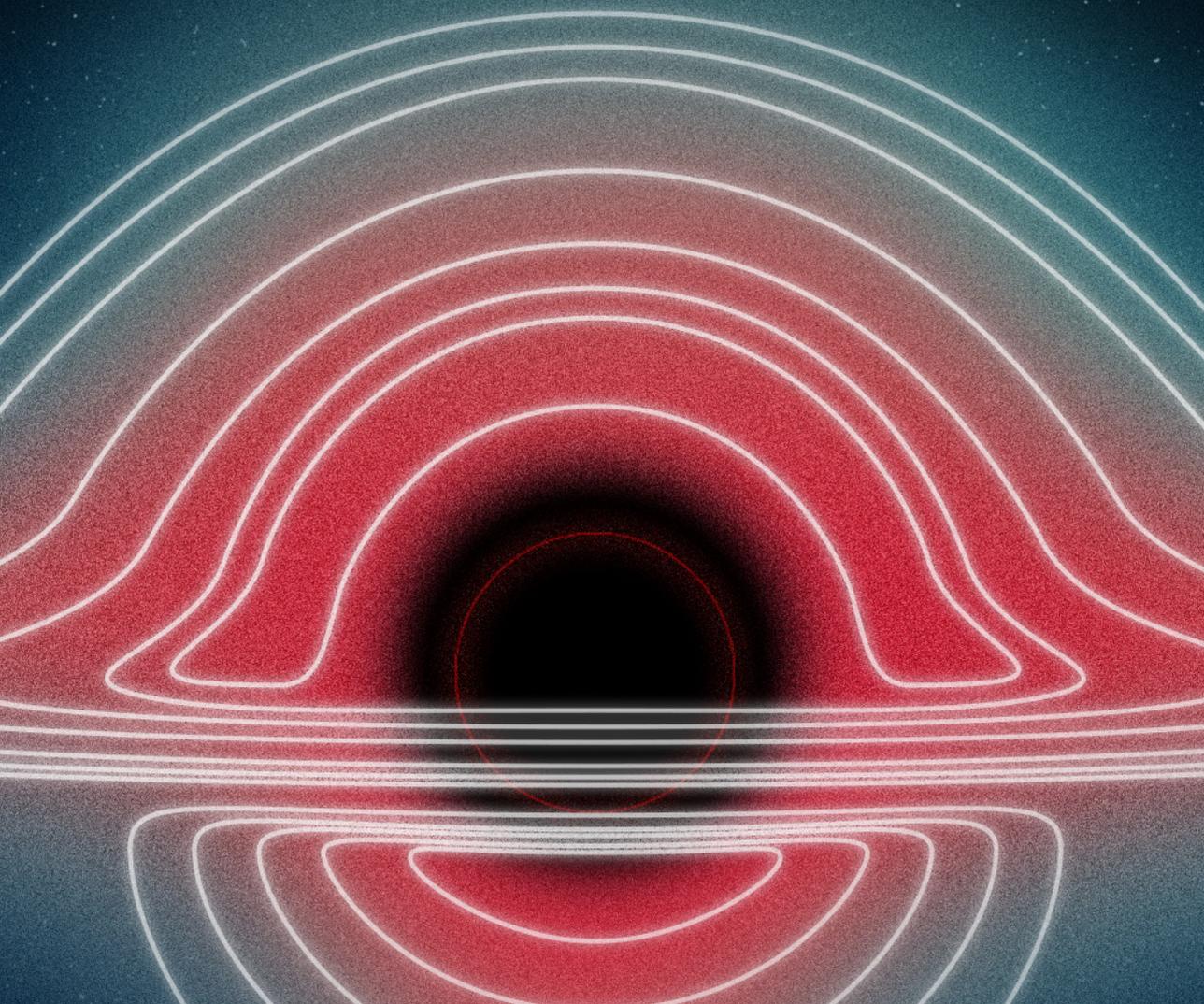


# Che cosa ci tiene attaccati a terra?

Divulgazione scientifica applicata alla didattica:  
progettazione di supporti e metodi di fruizione  
innovativi per potenziare la didattica della fisica  
complessa







**Politecnico  
di Torino**

# **Che cosa ci tiene attaccati a terra?**

**Divulgazione scientifica applicata alla didattica: progettazione  
di supporti e metodi di fruizione innovativi per potenziare la  
didattica della fisica complessa**

Corso triennale di Design e Comunicazione  
(Indirizzo comunicazione) L - 4

A.A. 2024/2025 - Febbraio 2025 - Progetto di tesi

## **Candidato**

Pietro Operto

## **Relatore**

Paolo Marco Tamborrini

# Indice

**Premessa**

1 - 2

**Ambito di progetto**

3 - 4

## Storia della comunicazione scientifica

5

### Dalla stampa ai nuovi media

7

L'invenzione della stampa

7 - 8

La Royal Society

9 - 10

Importanti passi avanti

11 - 12

Le complicazioni degli ultimi secoli

13 - 14

XX e XXI secolo: PUS, PEST e nuovi media

15 - 16

### Aspetti socio-culturali

17

Riflessioni sociologiche e culturali

17 - 20

## La divulgazione scientifica

21

### Divulgazione scientifica inter-epistemica

23

La terza missione

24 - 25

Il modello deficit e la torre d'avorio

26

Comprendere la NOS

27

Da PUS a PEST

28 - 30

I nuovi media

31 - 34

Linee guida per una buona divulgazione

35 - 38

### Uno spunto per la didattica

39 - 42

# La didattica scientifica

## Professore - studente

Differenza tra divulgazione e didattica  
Criticità della didattica  
Il panorama Italiano

## Modelli didattici innovativi

Inquiry-based learning (IBL)  
Apprendimento contestualizzato  
Gli organizzatori avanzati (AO)  
Gamification  
Inclusività e disturbi dell'apprendimento  
AI, social media e TIC

# Comunicare la fisica complessa

## Introduzione

Perché parlarne?  
Il ruolo della matematica e dei grafici

## La fisica nella divulgazione - casi studio

Come valutare i casi studio  
Documentari e talks  
Web e social  
Libri e riviste  
Altre esperienze  
Tabella dei casi studio

## La fisica nella didattica - analisi dei supporti

Le criticità dei libri - il caso della 5<sup>a</sup>b  
Tre casi studio  
Una critica costruttiva: La fruizione dei libri

## Come comunicare la fisica complessa?

43

45

46 - 48

49 - 50

51 - 52

53

53 - 58

59 - 60

61 - 63

64 - 68

69 - 72

73 - 76

77

79

80 - 82

83 - 86

87

88 - 89

90 - 105

106 - 133

134 - 149

150 - 153

154 - 166

167

168 - 170

171 - 174

175 - 178

179 - 180

# Analisi dell'utenza

## Il questionario

Traccia del questionario  
Risultati del questionario

## Intervista al professore

Traccia dell'intervista  
Risultati dell'intervista

## Interviste agli studenti

Traccia delle interviste  
Risultati delle interviste

## Personas

Roberto, il professore  
Genevra, la studiosa  
Luca, quello convinto  
Alex, il filosofo  
Christian, il maranza  
Marco, il golden boy

# Linee guida

Insight  
Supporto a lungo termine  
Esperienze  
Storytelling  
Visualizzazione

181

183

184 - 188

189 - 194

195

196 - 197

198 - 203

204

205 - 206

207 - 211

212

213 - 214

215 - 216

217 - 218

219 - 220

221 - 222

223 - 224

225

227 - 228

229 - 230

231 - 232

233 - 234

235 - 236

237 - 238

# Il progetto

245

## Il concept

247 - 248

## L'identità visiva

249

Linee guida visiva

249 - 250

Ispirazioni e direzioni progettuali

251 - 254

Le moodboard

255 - 258

Palette a gradiente

259 - 262

Font

262 - 268

Immagini e illustrazioni

269 - 278

## La presentazione

279

Le scelte progettuali

281 - 284

Griglie e replicabilità

285 - 300

Coinvolgimento sensoriale

301

Script e istruzioni

302

I risultati

303 - 360

L'innovazione

361 - 362

## Gli altri touchpoint

363

Il "formulario"

363 - 366

I test periodici

367 - 369

I social

370 - 373

Le esperienze

374 - 378

Schema dei touchpoint

379 - 380

# Conclusioni

381 - 382

# Fonti

383 - 390

# Premessa

La fisica è un ambito straordinario, una spinta naturale alla descrizione estetica del mondo che, talvolta, svela aspetti nascosti capaci di lasciare chiunque a bocca aperta, a patto però, che ogni sfumatura di questi aspetti venga compresa e valorizzata in modo significativo per il singolo ascoltatore. Qui risiede il fulcro di questa tesi, cioè aiutare dei giovani studenti dell'ultimo anno del liceo ad appassionarsi di questa splendida materia, affrontando uno degli argomenti più affascinanti della fisica moderna: la relatività generale di Einstein. Per farlo, la tesi si focalizzerà sull'analisi delle connessioni tra divulgazione e didattica scientifica, esplorando come la prima possa supportare la seconda nel rendere accessibili nozioni complesse attraverso strumenti di immaginazione e visualizzazione. Si intende valutare la compatibilità tra linee guida di una divulgazione scientifica efficace, i modelli didattici attuali e le esigenze della classe destinataria, collaborando strettamente con il professor. Roberto Balaudo, docente della classe che supervisionerà ogni fase della ricerca e del progetto.

È stato proprio il prof. Balaudo a suscitare il mio interesse per questi temi durante il liceo. Il suo approccio didattico, sempre vicino agli studenti e arricchito dalla sua immensa passione per la materia, mi ha spinto a contattarlo anni dopo per chiedergli aiuto, coinvolgendolo nel mio percorso progettuale. Ricordo con piacere come cercasse di catturare la nostra attenzione e il nostro interesse, proponendo attività, video, talk ed esperienze capaci di lasciare un segno nella nostra formazione. Inoltre, non utilizzava il libro di testo, preferendo preparare lui stesso delle slide con un programma che ci offrisse un supporto personalizzato, in linea con i suoi obiettivi di insegnamento. Il mio intervento ha proprio l'obiettivo di amplificare il suo messaggio di passione, potenziando le sue possibilità in termini di supporti didattici, esplorando diverse soluzioni per diverse fasi dell'apprendimento.

Saranno coinvolti diversi attori del mondo didattico, tra cui esperti del settore e, in particolare, gli studenti, per i quali è stata posta particolare attenzione alle esigenze specifiche. Il tema della fisica complessa sarà affrontato, esaminando il rapporto tra questa disciplina e gli studenti, evidenziandone criticità e peculiarità. Verranno analizzati casi studio e criticamente esaminati i libri di testo che trattano questi concetti.

Si dimostrerà come alcuni concetti complessi possano diventare accessibili grazie a buone pratiche divulgative, proponendo metodi e strategie per facilitare l'apprendimento. L'obiettivo è infatti integrare il progetto nella classe 5°B del liceo Curie Vittorini di Grugliasco, attualmente seguita dal professore, fungendo da supporto e stimolo per affrontare argomenti complessi e contribuendo ad ampliare i confini della didattica attraverso un approccio innovativo nell'esposizione e nella visualizzazione.

Nonostante le soluzioni progettuali proposte siano concrete, questo progetto di tesi rimane limitato nella loro realizzazione e si configura principalmente come un'esplorazione, proponendosi dunque più come un punto di partenza che apre nuove strade e prepara il terreno per chi, in futuro, vorrà dedicarsi all'innovazione della didattica e della comunicazione delle scienze.

# Ambito di progetto

Il progetto sarà sviluppato per la classe quinta B del liceo scientifico Curie Vittorini di Grugliasco, indirizzo Scienze Applicate. La classe è composta da 19 studenti e svolge 3 ore settimanali di fisica con il professor Roberto Balaudo, docente che, in passato, è stato anche il mio insegnante. L'ambito del progetto riguarda quindi la didattica della fisica, con particolare attenzione alla sua comunicazione, con l'obiettivo di potenziare l'efficacia del messaggio educativo del docente. Ciò verrà realizzato integrando le risorse tradizionali con quelle offerte dalla divulgazione scientifica, ampliandole in base ai risultati delle analisi e progettando supporti didattici specifici per le lezioni di relatività generale.

La necessità di questo intervento nasce dall'assenza di strumenti specifici nelle lezioni del professor Balaudo, nonché da alcune criticità emerse dal confronto con gli studenti e dalle limitazioni dei libri di testo didattici. Inoltre, la complessità intrinseca degli argomenti trattati, difficili da immaginare e visualizzare in quanto intangibili e non direttamente esperibili (si veda il capitolo sulla fisica complessa), contribuisce ulteriormente alla sfida didattica.

Il focus principale dei supporti sarà un'introduzione alla relatività generale, presentata in modo chiaro, semplice e accessibile, attraverso una presentazione accompagnata da animazioni create ad hoc e una guida allo storytelling per il professore. Questo approccio avrà l'obiettivo di rendere l'argomento comprensibile e coinvolgente per gli studenti.

Oltre alla presentazione, saranno sviluppati ulteriori strumenti didattici per garantire la continuità del progetto nel lungo periodo, supportando la didattica in modo integrato e favorendo un apprendimento duraturo e significativo. Gli strumenti progettati si baseranno sui principi dei modelli di apprendimento più moderni, valorizzandone gli aspetti più promettenti emersi dalla ricerca (si veda il capitolo sui modelli didattici) e l'intero progetto (non solo la presentazione) sfrutterà le potenzialità di un approccio che integra immagini, visualizzazioni, storytelling e tecniche di coinvolgimento attivo.

# Storia della comunicazione scientifica

## Dalla stampa ai nuovi media

L'invenzione della stampa  
La Royal Society  
Importanti passi avanti  
Le complicazioni degli ultimi secoli  
XX e XXI secolo: PUS, PEST e nuovi media

## Aspetti socio-culturali

Riflessioni sociologiche e culturali

# Dalla stampa, ai nuovi media

## L'invenzione della stampa

Un primo passo importantissimo per poter parlare di divulgazione ancor prima di divulgazione scientifica, è l'invenzione della stampa a caratteri mobili, nel 1450. Tuttavia, prima che la stampa potesse avere un impatto significativo nel campo scientifico, passarono alcune decine di anni: dopo questo periodo furono pubblicati i primi testi scientifici su discipline come botanica, biologia, medicina e astronomia, culminando in opere fondamentali come il "De revolutionibus orbium coelestium" (1543) di Copernico, che introdusse la teoria

eliocentrica, e il "Sidereus Nuncius" (1609) di Galileo Galilei, che descrisse le prime osservazioni astronomiche della superficie lunare e dei satelliti di Giove, effettuate con un telescopio ancora rudimentale. Il Sidereus in particolare viene scritto con un linguaggio asciutto, rigoroso e oggettivo, linguaggio ancora oggi utilizzato dalla comunità dei ricercatori per comunicare al proprio interno.

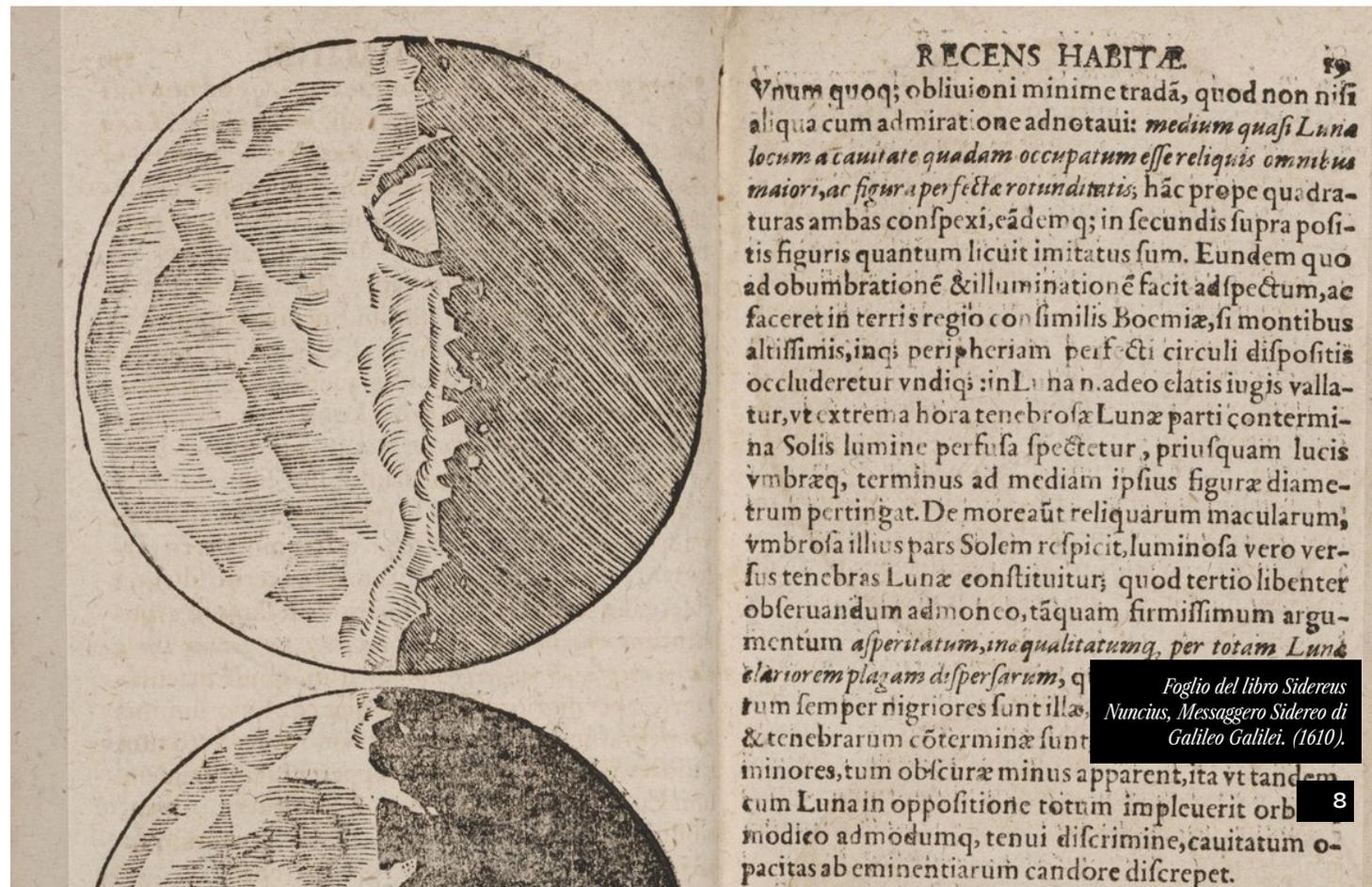
Questi testi, essendo stampati e quindi facilmente riproducibili, rappresentano un passo avanti rispetto alla trasmissione orale dell'informazione scientifica, destinata a pochi eletti, o ai libri di pregio custoditi gelosamente dall'élite della società. Essi possono essere considerati pionieri della divulgazione scientifica, intesa come comunicazione della scienza al cittadino inesperto, anche se in quel periodo storico, non era ancora previsto che il cittadino comune potesse consultare autonomamente trattati scientifici.

Fino al 1667, infatti, la maggior parte di questi testi era scritta in latino e caratterizzata da un linguaggio complesso, concepito non per spiegazioni accessibili, ma per la condivisione di conoscenze tra intellettuali.

Uno dei primi veri passi verso la divulgazione alle masse lo fece Galileo Galilei, con il suo celebre "Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo" (1632), libro che decise di scrivere in italiano abbandonando il latino. A proposito, Carlo Rubbia, premio Nobel per la fisica, scrive:

"Nel divulgare la scienza Galileo cercava di risvegliare lo spirito scientifico moderno nelle menti del maggior numero possibile di persone. Cercò di portare la scienza fuori dalla cerchia ristretta degli scienziati facendone un fenomeno di interesse generale che permeasse tutti i livelli della società. E mise un'energia straordinaria in questo tentativo."

Carlo Rubbia, premio Nobel per la fisica



Foglio del libro Sidereus Nuncius, Messaggero Sidereo di Galileo Galilei. (1610).

# La Royal Society

La storia della comunicazione scientifica e della scienza stessa, a partire dal 1660, è profondamente legata a quella della Royal Society. Le radici della Royal Society affondano in un "collegio invisibile" di filosofi naturali che, verso la metà degli anni '40 del XVII secolo, iniziarono a riunirsi per dibattere le teorie di Sir Francis Bacon, filosofo e pioniere dell'empirismo, figura chiave della rivoluzione scientifica (con rivoluzione scientifica si intende il momento storico che prese avvio con le scoperte di Copernico e si concluse nel 1687 con la pubblicazione dei "Principia" di Isaac Newton, dove furono enunciate per la prima volta le leggi della gravitazione universale).

Bacon, nel testo "New Atlantis", descrive una particolare società instaurata nell'isola di Bensalem, dove si trova la Casa di Salomone, una casa nella quale si riuniscono in segreto scienziati di diverse discipline, con il fine di portare avanti la conoscenza del mondo, decidendo arbitrariamente quali informazioni dovevano essere di dominio pubblico, e quali no. La Royal society riflette molto su questo modello e sogna di realizzare una comunità invisibile di scienziati che si occupa della scoperta della natura e che condivide i risultati con altri scienziati, fino a formare una rete invisibile grazie all'aiuto della stampa.

Nel 1665 viene pubblicato dall'istituzione "The Philosophical Transactions of the Royal Society", delineando le pratiche di accreditamento scientifico tutt'oggi in vigore, come il processo di peer reviewing, con lo scopo di rendere le scoperte fatte all'interno della società affidabili e reperibili da altri scienziati. Questo evento segna una tappa fondamentale nella storia della divulgazione scientifica: la nascita della prima rivista scientifica ufficiale, considerata la vera precorritrice del moderno sistema di comunicazione scientifica attraverso le pubblicazioni.

La Royal Society nel primo manifesto (1667) richiedeva ai soci "un modo di parlare discreto, nudo, naturale, significati chiari, una preferenza per il linguaggio degli artigiani e dei mercanti piuttosto che per quello dei filosofi". Molti scienziati incominciarono quindi ad abbandonare il latino che si confermò nel tempo come lingua dei teologi. Questa presa di posizione non era però attuata con lo scopo di divulgare scienza al popolo, ma di rendere ancora più accessibili i vari documenti scientifici a una branca sempre più ampia di scienziati.



Illustrazione della Nuova Atlantide di Francis Bacon

# Importanti passi avanti

In Francia, nel gennaio del 1665, Denis de Sallo, consigliere al Parlamento di Parigi, fonda il "Journal des Sçavants". Successivamente, nel 1751, un importante gruppo di intellettuali, guidato da Denis Diderot e Jean le Rond d'Alembert, avvia un ambizioso progetto noto come "Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers". Per la prima volta, quest'opera fa ampio uso di tavole illustrate, le "planches", per spiegare teorie e concetti scientifici in modo visivo. Nel 1710, in Italia, nasce invece il "Giornale de' letterati d'Italia" per iniziativa di Scipione Maffei, Antonio Vallisneri e Apostolo Zeno. Questi sono tra i primi tentativi di creare pubblicazioni scientifiche destinate a un pubblico di lettori colti e di alto livello sociale. Si può considerare questo fenomeno come una forma di "proto-divulgazione", un tentativo embrionale di creare un ponte tra scienziati e non scienziati, ma non ancora con i cittadini comuni.

Nel 1802, il matematico scozzese John Playfair presenta in modo chiaro e comprensibile le teorie di James Hutton, considerato il fondatore della geologia moderna, nel suo lavoro "Illustrations of the Huttonian Theory of the Earth". Più tardi, nel 1830, Charles Lyell pubblica "Principles of Geology". Fu l'interpretazione di Lyell, che attribuiva i cambiamenti geologici a un accumulo graduale di piccole variazioni, a ispirare Darwin nella formulazione della sua teoria dell'evoluzione. Nel 1859, Darwin espone la sua teoria in modo semplice e accessibile nel celebre "Origin of Species by Means of Natural Selection or The Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life", utilizzando metafore ed esempi per rendere la sua idea comprensibile anche a chi non è esperto del settore.



Pagina di "Theory of the Earth, with Proofs and Illustrations" di HUTTON, James (1795)

# Le complicazioni degli ultimi secoli

Con il boom di conoscenze degli ultimi secoli, specialmente a partire dai primi del '900 con l'avvento della meccanica quantistica e l'emergere di una nuova generazione di scienziati come Niels Bohr, Erwin Schrödinger, Werner Heisenberg e J. Robert Oppenheimer, e in seguito alle scoperte della relatività di Albert Einstein, molti scienziati iniziarono a ritenere che questo nuovo sapere fosse troppo complesso per essere compreso o anche solo apprezzato dal grande pubblico. Si tornò così a un atteggiamento di chiusura, con la conoscenza che veniva condivisa principalmente all'interno della comunità scientifica.

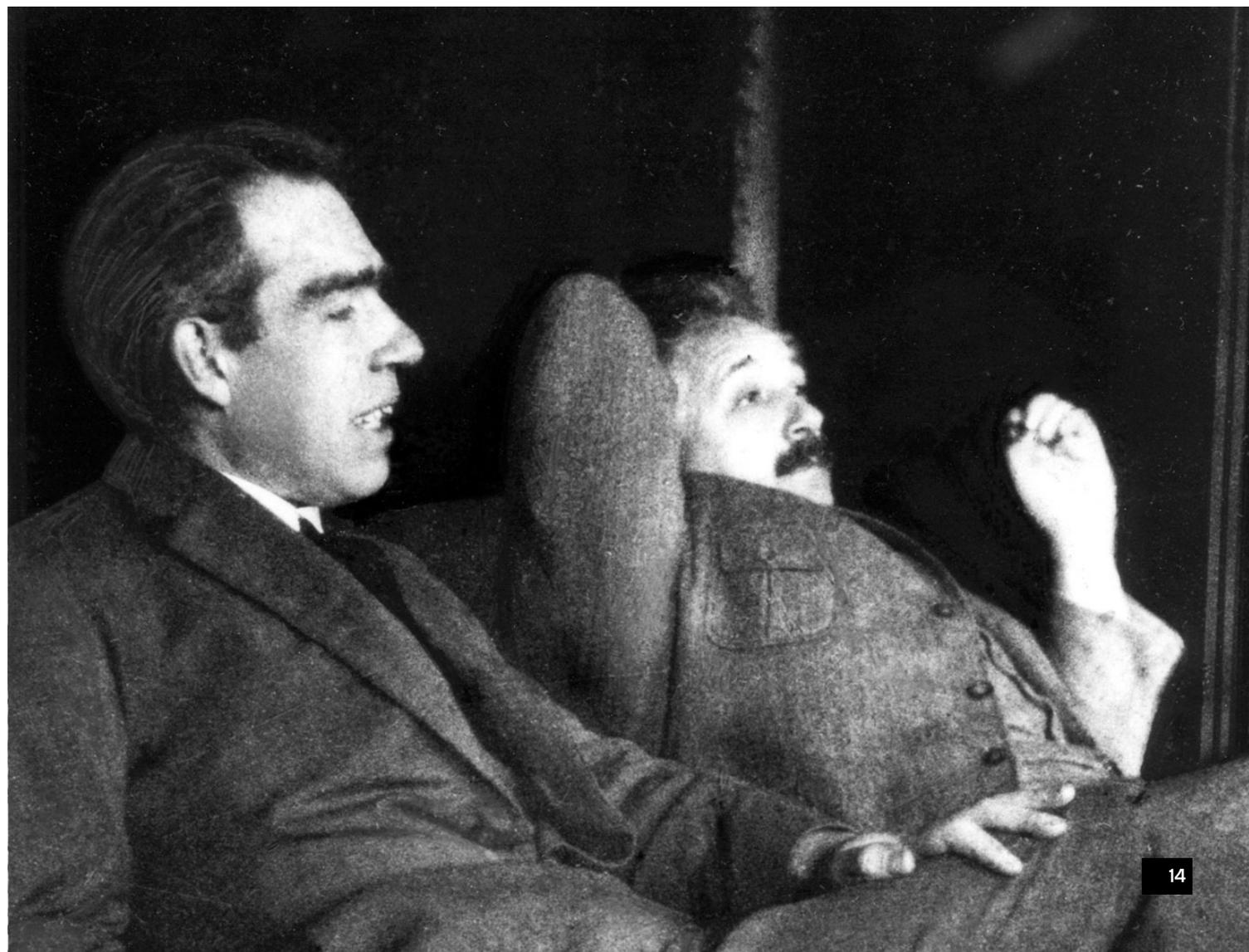
Non era raro, infatti, che gruppi di scienziati si incontrassero in privato per discutere delle nuove scoperte. Un esempio emblematico è il Congresso Solvay, dove, durante la quinta edizione, si svolse un celebre dibattito tra Bohr ed Einstein sul microcosmo, l'indeterminismo e la meccanica quantistica. La discussione si sviluppava in modo intenso: Einstein esprimeva i suoi dubbi pubblicamente durante la colazione, Bohr rifletteva per l'intera giornata e ribatteva a cena. Questo scambio di idee, sia in contesti pubblici che privati, proseguì per giorni.

Queste complicazioni e la visione elitaria degli scienziati portarono a una certa diffidenza verso chi di loro si dedicava alla divulgazione della scienza al grande pubblico. Di conseguenza, riemerse e riacquisì importanza un'importante figura nel panorama scientifico e sociale: il giornalista scientifico.

Questo professionista aveva il compito di comprendere e internare i concetti scientifici, ma allo stesso tempo era in grado di renderli accessibili a un pubblico più ampio, facendo sì che la concentrazione mediatica fosse su di lui e non sugli scienziati. La figura del giornalista scientifico si dimostrò però particolarmente sensibile ai cambiamenti sociali, alle dinamiche delle guerre, del dopoguerra e della Guerra Fredda, riflettendo l'evoluzione dei modelli sociali e culturali in continua trasformazione.

Nel 1985, la Royal Society pubblicò un articolo, il famoso "rapporto Bodmer" che affrontava l'intricata relazione tra la comunità scientifica e la divulgazione. Il documento avvertiva del possibile deterioramento del rapporto tra scienza e opinione pubblica, sottolineando l'importanza di promuovere una migliore comprensione della scienza come elemento fondamentale per il benessere della nazione, migliorando la qualità delle decisioni pubbliche e private e arricchendo la vita individuale. La conclusione era chiara: "Gli scienziati devono imparare a comunicare con il pubblico e considerare questa attività una propria responsabilità".

*Bohr e Albert Einstein  
discutono a casa di Ehrenfest  
(1925)*



# XX e XXI secolo: P.U.S., P.E.S.T. e i nuovi media

Dopo il 1985 la concezione di PUS (Public Understanding of Science), cioè l'idea di rendere pubbliche e comprensibili le frontiere della scienza, inizia a dilagare e diventare parte di moltissime aziende e centri di ricerca. Ne troviamo un esempio nello sforzo crescente delle istituzioni di ricerca di rendere visibili e accessibili i propri risultati, con lo sviluppo di uffici stampa e servizi di pubbliche relazioni, nella diffusione e nel finanziamento di programmi di coinvolgimento del pubblico da parte di istituzioni nazionali e internazionali, nella proliferazione di corsi e master di giornalismo scientifico e nell'esplicita affermazione che quella del rapporto con la società divenga una "terza missione" per i ricercatori e le loro istituzioni, accanto alla produzione di conoscenza e alla formazione di nuovi studiosi.

Successivamente, in un articolo del giornale scientifico "Science" del 2002, viene citato poi il passaggio dal PUS al PEST (Public Engagement with Science and Technology): un'idea che considera la necessità di coinvolgere il pubblico nelle decisioni su tematiche scientifiche aventi ricadute sociali.

Oggi, tutte le principali istituzioni scientifiche, come la Royal Society, l'Académie des Sciences, la Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization e l'American Association for the Advancement of Science, incoraggiano i propri membri a divulgare il loro lavoro. Alcune di queste, come la National Science Foundation e i Research Council britannici, hanno sviluppato linee guida specifiche per la comunicazione. Molte istituzioni hanno istituito uffici stampa o nominato responsabili della comunicazione, promuovendo una vasta gamma di iniziative per migliorare il dialogo tra scienza e società e nel tempo anche per coinvolgere sempre di più il cittadino.

Degno di grande nota nell'evoluzione della comunicazione scientifica è l'avvento di Internet, utilizzato principalmente per migliorare l'efficienza della catena del valore nel settore scientifico, fungendo da strumento per ottimizzare la diffusione e l'archiviazione della conoscenza. Il web ha semplificato molte operazioni e ridotto significativamente i costi, ad esempio eliminando la necessità di spedizioni fisiche e di supporti cartacei per giornali e libri. Queste tecnologie hanno avuto un impatto non solo sul passaggio dalla carta al digitale, ma anche sull'intero processo di gestione della conoscenza, ridefinendo i rapporti di forza tra gli attori coinvolti nel settore, mettendo sempre più al centro la figura dell'editore o del giornalista scientifico.

Infine con i social media invece si apre un mondo nuovo: ogni ricercatore si rende allo stesso tempo produttore e consumatore di informazioni accelerando lo sviluppo della conoscenza attraverso lo scambio di esperienze e di opinioni. Oggi è possibile raggiungere un pubblico mai coinvolto prima, creando una migliore connessione tra scienziati e favorendo la nascita di nuove comunità scientifiche online. Tuttavia, questo porta anche a una certa sfiducia: man mano che il pubblico diventa sempre più ampio e le modalità di fruizione si evolvono rapidamente, cresce il timore da parte degli esperti che dati e scoperte scientifiche non possano essere compresi appieno. Dall'altra parte, il pubblico generale ha ora l'opportunità di interagire direttamente con scienziati e istituzioni e lo fa anche in modo emotivo, un contatto diretto e difficile da gestire, senza precedenti.

*Piero Angela introduce la  
prima puntata di "Quark"  
(18/03/1981)*



# Aspetti socio-culturali

## Riflessioni sociologiche e culturali

È importante evitare l'errore di attribuire tutti i principali cambiamenti nella comunicazione scientifica ai media, pensando che l'avvento dei social network rappresenti di per sé una netta evoluzione di questo ambito. Sin dalla Seconda Guerra Mondiale, infatti, sono emersi meccanismi e dinamiche sociologiche e culturali che hanno influenzato profondamente l'evoluzione dei modelli di divulgazione e didattica. Questi fattori, insieme all'apporto dei nuovi media, hanno contribuito a definire gli attuali paradigmi della comunicazione scientifica.

A partire dal dopoguerra, il sistema scientifico-tecnologico nordamericano ha vissuto profondi cambiamenti che hanno portato all'emergere della tecno-scienza. Tra questi, spiccano l'aumento della burocratizzazione, politicizzazione e commercializzazione della scienza. Ciò che ci interessa però è come queste trasformazioni abbiano influenzato i modi in cui gli scienziati interagiscono con altri attori sociali e le modalità di comunicazione della scienza e della tecnologia con il cittadino.

Nel Rapporto Bush del 1945, Vannevar Bush descriveva l'ideale rapporto tra scienza e società dell'epoca come una relazione non contaminata da interessi, dove i due ambiti restavano distinti. In questo modello, la scienza poteva progredire liberamente, finanziata dalla società stessa, al fine di generare benefici per quest'ultima. La verità è che in quel periodo la ricerca scientifica si concentrava su temi generali di "macro-scienza," una ricerca generalizzata con un'influenza politica mai dichiarata, in quanto era proprio questa branca di politici nel pratico a finanziare le attività scientifiche.

La comunicazione scientifica avveniva principalmente attraverso il giornalismo scientifico tradizionale, e la divulgazione svolta dagli scienziati era caratterizzata da un forte intento educativo e promozionale verso il pubblico.

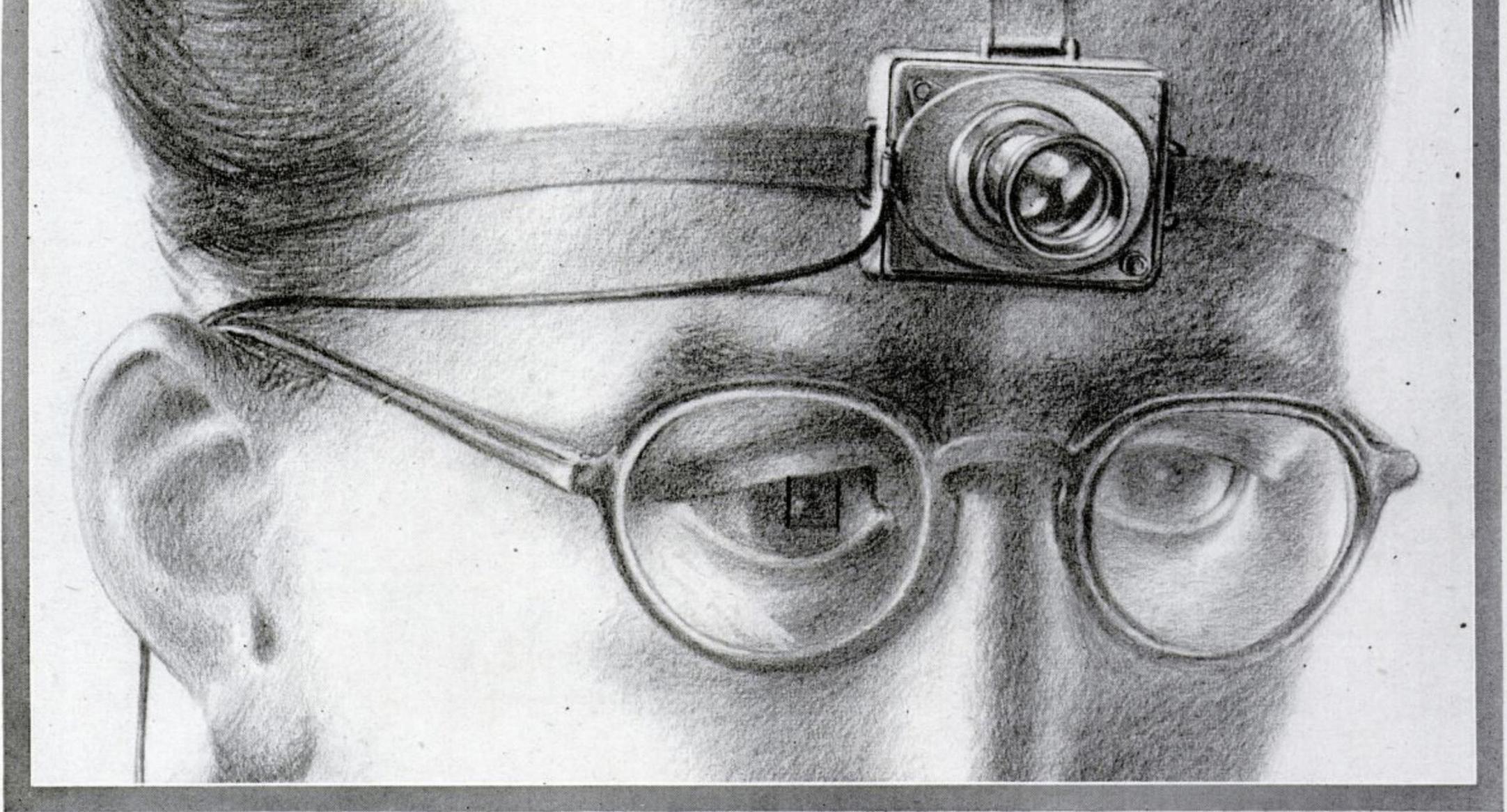
Negli anni '80, però, la situazione cambia: le politiche neoliberiste promosse da Ronald Reagan negli Stati Uniti e da Margaret Thatcher in Gran Bretagna iniziano a smantellare il vecchio contratto sociale tra scienza e società. L'impulso neoliberista porta alla deregolamentazione dei mercati, alla commercializzazione della ricerca tecno-scientifica, alla privatizzazione della conoscenza e a una riduzione dell'autonomia degli scienziati. Si instaura così un nuovo contratto sociale che favorisce un rapido aumento dei finanziamenti privati, facilitato dalla liberalizzazione dei brevetti grazie al Bayh-Dole Act (atto che prevede di concedere la licenza esclusiva delle invenzioni da parte delle istituzioni scientifiche, ad altri soggetti privati oltre che al governo. Diventa legge nel 1980).

In questo contesto, la scienza non è più neutrale: viene fortemente finanziata e influenzata da interessi specifici dei finanziatori, inclusi quelli privati. Questo scenario crea un nuovo bisogno per gli scienziati, che ora devono "vendere" il loro lavoro per ottenere supporto, non più protetti dalla campana di vetro del rapporto Bush.

Nella seconda metà degli anni Sessanta, a seguito del fallimento americano in Vietnam e della crisi energetica del 1973, emersero forti movimenti sociali e si diffuse una crescente sfiducia nella scienza, con ripercussioni sul bilancio pubblico destinato alla ricerca. L'interesse dei media si spostò dall'esplorazione spaziale e dall'energia nucleare, prima verso le questioni ambientali, poi sull'informatica, e infine, negli anni '90, sulle biotecnologie.

È in questo contesto che nasce la tecno-scienza, un nuovo paradigma di ricerca orientato verso temi di maggiore rilevanza sociale, come la medicina e le biotecnologie. Questa nuova direzione riconosce immediatamente la necessità di un dialogo più approfondito con il pubblico: come evidenziano Brossard e Lewenstein, infatti, la teoria dell'apprendimento mostra che le persone acquisiscono meglio conoscenze quando fatti e teorie sono rilevanti per la loro vita personale, e dato che i temi trattati dalla tecno-scienza sono molto attuali e connessi con la società, il cittadino automaticamente è più partecipe alla scienza ed incline a presentare i suoi feedback a riguardo sotto diverse forme.

Il passaggio dal vecchio al nuovo contratto sociale (dalla macro-scienza alla tecno-scienza) implica che luoghi tradizionali del sapere, come università, industria e governo, non siano più gli unici a dibattere le questioni scientifiche. Ora, queste problematiche si discutono anche nella sfera pubblica, dove le grandi questioni tecno-scientifiche vengono inquadrare, definite e le loro "soluzioni" negoziate; in questo scenario, la scienza incontra il pubblico e il pubblico, a sua volta, "risponde" attivamente.



A SCIENTIST OF THE FUTURE RECORDS EXPERIMENTS WITH A TINY CAMERA FITTED WITH UNIVERSAL-FOCUS LENS. THE SMALL SQUARE IN THE EYEGLASS AT THE LEFT SIGHTS THE OBJECT

# AS WE MAY THINK

A TOP U. S. SCIENTIST FORESEES A POSSIBLE FUTURE WORLD  
IN WHICH MAN-MADE MACHINES WILL START TO TH

by VANNEVAR BUSH

DIRECTOR OF THE OFFICE OF SCIENTIFIC RESEARCH AND DEVELOPMENT

Condensed from the *Atlantic Monthly*, July 1945

*Saggio visionario in cui  
Vannevar Bush propone il  
memex, una macchina per  
organizzare la conoscenza.  
(1945)*

# La divulgazione scientifica

## Divulgazione scientifica inter-epistemica

La terza missione  
Il modello deficit e la torre d'avorio  
Comprendere la N.O.S.  
Da P.U.S. a P.E.S.T.  
I nuovi media  
Linee guida per una buona divulgazione

## Uno spunto per la didattica

# Divulgazione scientifica inter-epistemica

La divulgazione scientifica è una branca della comunicazione scientifica che mira a rendere accessibili al pubblico i risultati delle ricerche e delle pubblicazioni scientifiche, presentandoli in modo corretto, sintetico ed efficace. Sebbene non abbia l'obiettivo di fornire una formazione individuale, essa si rivolge alla collettività con l'intento di accrescere la consapevolezza e l'importanza della scienza all'interno della società.

Si procede ora ad analizzare gli elementi fondamentali della divulgazione scientifica, approfondendone gli aspetti principali. L'obiettivo è individuare linee guida per una comunicazione scientifica efficace, sfruttandone al meglio le proprietà e le tecniche. Infine, rifletterò su come questi principi possano essere integrati nella didattica, grazie al prezioso contributo di Roberto Balaudo, docente coinvolto nel progetto, e di Matteo Luca Ruggiero, professore di divulgazione scientifica presso l'Università di Torino.

## La terza missione

Il termine 'Terza Missione' si riferisce all'insieme delle attività di trasferimento del sapere scientifico, tecnologico e culturale, nonché alla trasformazione produttiva delle conoscenze. Queste attività sono realizzate da enti e istituzioni di vario tipo, come università, istituzioni scientifiche e centri di ricerca, e coinvolgono anche attori esterni, tra cui governi, industrie e centri di trasferimento tecnologico. La Terza Missione si colloca come 'terza' dopo la ricerca e la formazione, che rappresentano rispettivamente la prima e la seconda missione. Nonostante possa sembrare secondaria rispetto alle prime 2 missioni, è molto importante analizzare il ruolo della Terza Missione per comprendere la sua importanza e il potenziale contributo che può offrire alla didattica scientifica. Spesso, la Terza Missione è percepita come un percorso unidirezionale, dall'ente scientifico o universitario verso il cittadino, il quale ha un bagaglio di conoscenze eterogeneo, quando in realtà, questo processo coinvolge numerosi attori che operano attivamente nel trasferimento delle conoscenze e altrettanti che ne sono destinatari. La Terza Missione è quindi una componente essenziale della realtà scientifica e merita attenzione nell'analisi della comunicazione scientifica, rappresentando una dimensione ampia e di grande rilevanza.

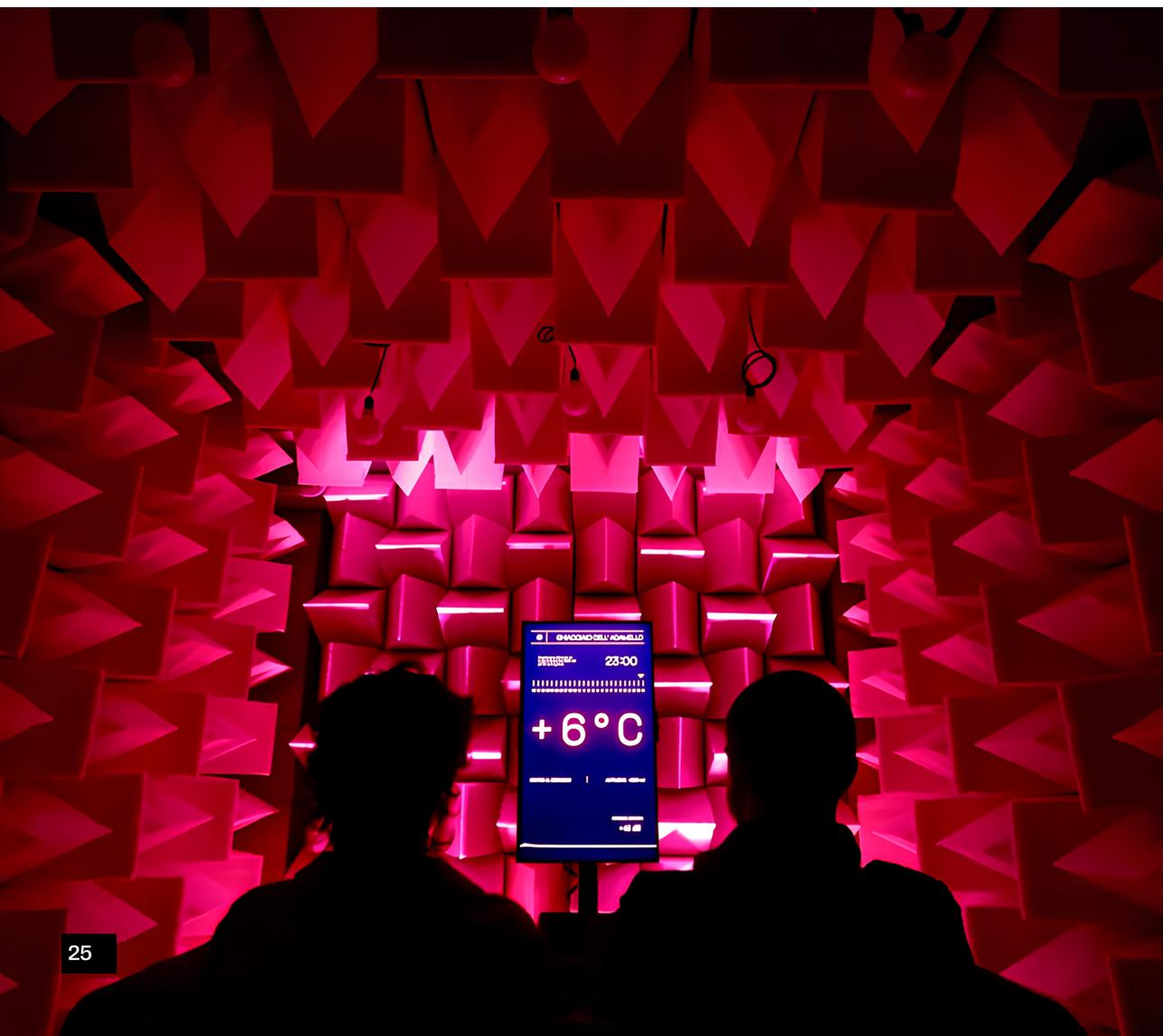
Il concetto di Terza Missione ha assunto importanza negli anni '90, successivamente al Rapporto Bodmer del 1985, anche se già negli anni '60 si sentiva il bisogno di migliorare il flusso di conoscenza accademica, riconosciuta come bene pubblico ma non adeguatamente accessibile. Sono così nati i primi meccanismi di trasferimento, con la consapevolezza che il patrimonio accademico rappresentasse un valore significativo per le università. Queste ultime sono state progressivamente considerate come motori dell'economia della conoscenza, e la Terza Missione è stata formalmente inclusa nelle politiche pubbliche come strumento per consentire alle istituzioni di istruzione superiore di realizzare appieno il proprio potenziale socioeconomico.

Per comprendere appieno l'importanza della Terza Missione, oltre a considerare i diversi attori coinvolti, è utile riconoscere che, al di là dell'interesse accademico, vi sono anche aspetti economici rilevanti: i governi spesso destinano finanziamenti aggiuntivi alla ricerca collaborativa tra università e partner industriali. Questo costituisce un incentivo significativo per le università a investire nella Terza Missione, soprattutto in un contesto in cui i fondi pubblici vengono sempre più distribuiti in base alle prestazioni di ricerca.

La ricerca in questo campo è quindi importante e può contribuire a individuare e sviluppare modelli di Terza Missione efficaci, adattati alle caratteristiche e alle necessità specifiche della società e di singoli enti specifici. Inoltre, la ricerca svolge un ruolo fondamentale nell'adattare la Terza Missione alle nuove sfide, come il crescente interesse per lo sviluppo sostenibile, l'evoluzione delle nuove tecnologie e nel nostro caso, lo sviluppo di nuove tecniche didattiche per comunicare scenari e nozioni complesse.

La Terza Missione può infatti essere integrata in modo efficace con l'insegnamento, rispondendo così a diverse esigenze degli studenti, che cercano un coinvolgimento attivo e un orientamento nel processo di acquisizione di nuove conoscenze. I docenti, allo stesso tempo, possono essere formati per integrare schemi e modelli di divulgazione nelle loro pratiche didattiche. Investire nella loro formazione è fondamentale, poiché permette di guidarli nell'adozione di queste strategie e di evidenziare l'importanza e i benefici nell'ambito dell'insegnamento.

*Camera anecoica  
Biennale Tecnologia,  
Politecnico di Torino (2024)*



# Il modello deficit e la torre d'avorio

Come abbiamo visto analizzando il contesto storico, la cosiddetta "torre d'avorio" degli scienziati, ossia la loro tendenza a isolarsi dal resto della società e dai "non scienziati", è sempre stata una realtà all'interno della comunità scientifica. Fortunatamente, nel corso del tempo si è compreso quanto fosse cruciale superare questa barriera per favorire la produzione di conoscenza. Questo ha portato all'introduzione del cosiddetto "terzo obbligo dello scienziato", di cui ho parlato nel capitolo precedente.

A partire dal 1985, con il rapporto Bodmer che ha introdotto la filosofia del "Public Understanding of Science" (PUS), si è affermata l'idea che lo scienziato debba comunicare i propri risultati in modo accessibile. Questa filosofia ha dato origine a quello che oggi conosciamo come il "modello del deficit", un approccio che, sebbene benintenzionato, può risultare talvolta disfunzionale. Il modello del deficit presuppone che lo scienziato trasmetta informazioni a un pubblico passivo e ricettivo, creando un flusso di conoscenza dall'alto verso il basso, rafforzando l'idea di un divario tra il "profano" ignorante e lo scienziato colto, dando luogo a una visione paternalistica della conoscenza. Sebbene nato con buone intenzioni, questo modello può indurre il pubblico a sentirsi escluso, non compreso e non valorizzato, generando un senso di alienazione e discussioni poco costruttive.

Allo stesso tempo, anche lo scienziato ne risente: consapevole che il suo lavoro non viene realmente compreso o apprezzato e ritrovandosi quindi a colmare quello che viene visto come il deficit di conoscenza tra lui e il pubblico, potrebbe perdere motivazione nel divulgare, ritirandosi di nuovo nella sua "torre d'avorio". Essere considerati coloro che fanno di più, pur consapevoli di non possedere tutte le risposte, e dover formulare raccomandazioni in un contesto in cui si sospetta che gli altri non riescano a cogliere appieno le complessità dei problemi, pone agli scienziati sfide e responsabilità significative. Inoltre, molti cittadini si sentono indignati dal fatto che la loro capacità di comprendere venga sottovalutata o ridotta a spiegazioni eccessivamente semplificate. Per questo motivo, adottare modelli di interazione alternativi, che riconoscano scienziati e non scienziati come diversi ma ugualmente potenzialmente capaci, potrebbe conferire agli scienziati maggiore credibilità nella sfera pubblica, favorendo una responsabilità condivisa.

# Comprendere la N.O.S.

Gli scienziati, come abbiamo visto, hanno il dovere di divulgare il proprio lavoro. La vera sfida è individuare il metodo più efficace per farlo, superando il tradizionale "modello deficit". A questo punto, risulta utile introdurre un nuovo concetto: la "Nature of Science" (N.O.S.), un approccio che permette di approfondire la natura stessa della scienza e il suo funzionamento.

La Nature of Science, ovvero la natura della scienza, si riferisce alla comprensione di cosa sia la scienza, come funziona e in che modo si distingue da altre forme di conoscenza. Non si limita alla conoscenza dei contenuti scientifici, ma include la consapevolezza dei processi, dei metodi e dei limiti della scienza stessa.

Un concetto su cui la comunità scientifica è unanimemente d'accordo è che una buona divulgazione della N.O.S. rappresenti un passo fondamentale verso una comunicazione scientifica più efficace, nonché verso la giustizia sociale e verso un approccio meno polarizzato riguardo argomenti e temi intrinseci di politica e influenzati dalla nostra cultura.

Questo, tuttavia, introduce una nuova esigenza: sviluppare un modello innovativo che non veda più il cittadino come un ascoltatore passivo, ma che lo coinvolga attivamente nel mondo della N.O.S. Il nuovo approccio dovrebbe favorire l'empatia con i contenuti, permettere di comprendere le storie dietro le scoperte, e offrire una visione della scienza e degli scienziati più autentica e umana.

# Da P.U.S. a P.E.S.T.

Alcuni studi sociologici suggeriscono che i cittadini sono perfettamente capaci di cogliere le sfide della scienza contemporanea, comprendendo sia le difficoltà delle nuove frontiere sia la loro connessione con il contesto sociale di riferimento.

Nasce dunque come abbiamo detto l'esigenza di un nuovo modello che non solo tenga in considerazione il pubblico, ma lo coinvolga attivamente nella ricerca scientifica. A questa esigenza, risponde il modello PEST (Public Engagement with Science and Technology). Questo paradigma supera l'idea di un pubblico passivo, destinatario di informazioni selezionate dallo scienziato, e lo trasforma in un partecipante attivo nel processo scientifico. Quindi, il pubblico non è più spettatore, ma parte integrante dell'esperimento sotto diversi punti di vista, come avviene ad esempio nei modelli di "citizen science", dove i cittadini contribuiscono con dati e assistono nella ricerca.

In questo contesto, il cittadino non è solo un osservatore, ma qualcuno che comprende il background scientifico, partecipa agli esperimenti, esprime opinioni e fornisce consigli, integrando la propria prospettiva sociale nelle questioni scientifiche. Ciò implica anche offrire al pubblico una conoscenza più ampia della scienza, esponendolo alle nuove frontiere, ai dilemmi della ricerca e alla dimensione umana degli scienziati. Gli scienziati, a loro volta, non sono più figure da ammirare a distanza, ma persone comuni, sullo stesso piano dei cittadini, in un rapporto di scambio e collaborazione.

Per implementare al meglio questo modello, è fondamentale comunicare in modo efficace con i cittadini, applicando teorie della comunicazione, utilizzando l'"immagine" e video in modo significativo e adattando il linguaggio alle caratteristiche del pubblico di riferimento. In questo contesto, i professionisti della comunicazione possono offrire un contributo essenziale, promuovendo una divulgazione coerente, efficace e completa, capace di veicolare tutti gli elementi necessari per trasmettere un messaggio chiaro e coinvolgente.

Tuttavia, questo solleva una domanda importante: se il nostro obiettivo è avvicinare il pubblico non esperto attraverso tecniche di divulgazione innovative, non rischiamo di ricadere in un atteggiamento paternalistico se adottiamo metodi come la persuasione o l'uso di messaggi emotivi più che informativi?

Hans Peter Peters, professore di giornalismo scientifico, si è posto lo stesso interrogativo e cita:

"Si può difendere l'approccio persuasivo come una necessità, ma mi chiedo quanto sia compatibile con il modello PEST ampiamente accettato, in particolare per quanto riguarda l'uso di mezzi persuasivi quali emozioni, simpatia dei comunicatori e narrazioni/cornici suggestive, che difficilmente possono essere considerate argomenti in un discorso in cui il pubblico è trattato come un partner alla pari. Dal punto di vista pragmatico la contraddizione sembra essere mitigata dall'ambiguità del termine «impegno pubblico»."

*Hans Peter Peters, professore di giornalismo scientifico presso la Freie Universität, Berlino.*

Il senso di questa affermazione può essere sintetizzato, in termini semplici, nella logica secondo cui "il fine giustifica i mezzi", prestando però particolare attenzione a strutturare il processo di costruzione della comunicazione in modo da minimizzare qualsiasi percezione di "deficit paternalistico". È fondamentale mantenere a mente che si stanno condividendo informazioni rilevanti, utili e interessanti, con obiettivi nobili, distinguendosi chiaramente da una semplice strategia pubblicitaria.

Da questa riflessione possiamo dedurre che l'evoluzione dalla filosofia PUS (Public Understanding of Science) verso la filosofia PEST (Public Engagement with Science and Technology) può assumere diverse sfumature. Queste sfumature, per semplicità, possono essere viste come quell'insieme di azioni che il divulgatore adotta per considerare l'ascoltatore come un interlocutore alla pari (come dice Peters, H. P, impegno pubblico). È vero che non possiamo equiparare scienziati e pubblico in termini di conoscenze, ma ciò non implica che l'ascoltatore debba essere escluso dal ruolo di protagonista e parte attiva nel processo di scoperta e comunicazione scientifica.



*Esempio di citizen science:  
una raccolta dati per  
l'Intermountain Forest Service,  
Utah (2018)*

# I nuovi media

Un'attenzione particolare va posta sui social media rispetto alla compatibilità con una virtuosa divulgazione scientifica, in quanto se da una parte rappresentano grandi opportunità, dall'altra possono avere criticità non trascurabili. Le nuove tecnologie e le possibilità divulgative odierne hanno aperto nuovi orizzonti e fornito strumenti innovativi per migliorare l'interazione tra scienziati e pubblico. Si esamina quindi come i nuovi media, con particolare attenzione ai social network, abbiano influito sulla comunicazione scientifica in base al loro target di riferimento e si procede a valutare se questi strumenti siano compatibili con il paradigma comunicativo PEST.

Prima di tutto, è importante sottolineare che ad oggi non si può parlare esclusivamente di nuovi media. I metodi tradizionali di divulgazione, come il giornalismo scientifico o la pubblicazione di articoli accademici, sono ancora ampiamente utilizzati, così come rimane centrale la figura del divulgatore scientifico. Infatti, alcuni studi indicano che molti scienziati, soprattutto in contesti come quello tedesco, continuano a preferire i canali tradizionali poiché li considerano più familiari e di più semplice adozione, evitando quindi i social e altri nuovi media. D'altra parte, un numero crescente di scienziati e istituzioni scientifiche abbraccia la divulgazione pluricanale, combinando metodi tradizionali e nuovi media per coinvolgere fasce sociali e generazioni diverse nel mondo della scienza.

I vantaggi di una comunicazione che sfrutta i social sono però molteplici:

- ◆ **Democratizzazione dell'accesso all'informazione scientifica:** I social media offrono a un pubblico vasto e diversificato l'opportunità di accedere a informazioni scientifiche, superando i limiti dei media tradizionali.
- ◆ **Interazione diretta tra scienziati e pubblico:** Piattaforme come Twitter, Facebook e YouTube consentono un dialogo bidirezionale tra scienziati e pubblico, incoraggiando domande, commenti e feedback.
- ◆ **I social possono essere utilizzati come mezzo per altre pratiche virtuose nel modello divulgativo PEST:** possono essere utilizzati per organizzare e promuovere progetti di citizen science, coinvolgendo i cittadini nella raccolta dati e nella ricerca scientifica.
- ◆ **Formati innovativi e coinvolgenti:** I social media offrono la possibilità di utilizzare formati multimediali innovativi e accattivanti, come video, animazioni e infografiche, per rendere la scienza più accessibile e interessante per un pubblico non esperto. (sempre tenendo un occhio sul modo e sul metodo per non risultare paternalistici)
- ◆ **Gestione diretta:** gli scienziati possono prendersi carico della comunicazione direttamente, senza per forza ricorrere ad un medium come un giornalista o un editore scientifico.

Inoltre i social, facendo entrare in contatto le persone con le istituzioni scientifiche e gli scienziati, fanno sì che questi ultimi vengano visti come più umani (dato che appunto si parla direttamente con loro e non con i loro documenti e i loro articoli) e questo aumenta la fiducia dei cittadini ricevitori di informazione, negli scienziati.

In linea con queste osservazioni, altri studi hanno dimostrato che i cittadini tendono a fidarsi degli scienziati e della scienza: secondo una ricerca del Pew Research Centre negli Stati Uniti, il 21% degli intervistati dichiara di avere molta fiducia negli scienziati e nella loro capacità di agire nell'interesse pubblico, mentre il 55% ha una discreta fiducia. Inoltre, il 44% degli intervistati ripone molta fiducia nei leader scientifici.

Tuttavia, quando questioni scientifiche vengono politicizzate o strumentalizzate socialmente, i cittadini possono sviluppare posizioni polarizzate, che talvolta si oppongono anche a pareri scientifici fondati. Questo tipo di notizie false o contaminate di solito divampano molto facilmente sui social, e questo è uno dei fattori per cui, dalla stessa ricerca del Pew Research Centre, è emerso che al contrario degli scienziati, solo l'8% degli intervistati dichiara di avere molta fiducia nei media e nel loro operato per il bene pubblico e solo il 13% crede che chi si occupa di divulgazione sui nuovi media sia degno di piena fiducia.

Questo, tuttavia, rappresenta solo la prima di una serie di complicazioni che emergono quando i social media vengono utilizzati come strumento di divulgazione scientifica. Da qui derivano numerosi altri problemi, tra cui:

❖ **Camere d'eco:** Le camere d'eco sono un fenomeno che si verifica nei social media e in altri ambienti online, dove gli utenti sono esposti prevalentemente a informazioni e opinioni che confermano le loro convinzioni preesistenti. Ciò avviene per vari motivi quali gli algoritmi (Le piattaforme utilizzano algoritmi che personalizzano i contenuti in base alle interazioni e preferenze degli utenti, limitando l'esposizione a opinioni diverse), reti omogenee (gli utenti tendono a connettersi con persone che condividono le stesse idee, rafforzando convinzioni preesistenti) e bias di conferma (gli utenti cercano informazioni che confermano le proprie opinioni, ignorando quelle contrastanti, il che ostacola il confronto con prospettive differenti). Questo fenomeno aumenta la polarizzazione degli ascoltatori su certi temi rendendo quindi una divulgazione scientifica pulita meno efficace, anche in un'ottica PEST.

❖ **Auto-promozione degli scienziati:** Proprio perché le persone si fidano degli scienziati ma poco dei social media, questo è un tema a cui porre una particolare attenzione. L'auto-promozione degli scienziati è un problema perché rischia di compromettere la qualità della divulgazione scientifica. La pressione per ottenere visibilità e impatto, insieme all'uso massiccio dei social media, spinge molti scienziati a promuovere sé stessi piuttosto che concentrarsi su una corretta comunicazione dei risultati. Questo fenomeno può minare la fiducia del pubblico, favorendo la diffusione di informazioni semplificate o sensazionalistiche, e ridurre il ruolo del giornalismo scientifico, che è fondamentale per verificare e contestualizzare i contenuti.

❖ **Mancanza di professionalità:** Molti scienziati non ricevono una formazione adeguata sulla comunicazione, portando a messaggi inefficaci o fuorvianti. Questo mina la credibilità della scienza e alimenta la disinformazione, portando il pubblico a essere ingannati da scienziati auto-proclamati (data la facilità di accesso da parte di chiunque ai social media) e quindi non degni di fiducia come i "veri scienziati".

❖ **Mancanza di filtri editoriali:** Oggi sui social tutti possono scrivere di tutti, indebolendo il ruolo del moderno giornalista scientifico, non più in grado da solo o comunque in accordo con lo scienziato, di controllare tutte le news che escono. Questa assenza di filtri ha facilitato la diffusione di notizie false, amplificata dalla natura virale dei social media. Studi hanno dimostrato che le fake news si diffondono più rapidamente delle notizie vere, creando un ambiente informativo confuso che mina la fiducia del pubblico nella scienza.

Da questi aspetti ne deriva una prima conclusione, magari banale ma molto importante: quelli dei nuovi media come mezzo divulgativi non è un discorso semplice. Quello che possiamo dedurre, è che i nuovi media e in particolare i social sono uno strumento molto utile e con un potenziale molto alto, ma affinché funzionino bene si deve porre attenzione su molti aspetti ed è necessaria una grande sinergia professionale e una stretta connessione tra scienziati e i "nuovi giornalisti scientifici", figura chiave nella gestione comunicativa professionale con il target desiderato.

*Neil Degrasse Tyson,  
divulgatore scientifico e  
presentatore di Cosmos mentre  
fa divulgazione su TikTok*



# Linee guida per una buona divulgazione

Dopo aver individuato un paradigma divulgativo attuale ed efficace, chiarito l'eticità dietro metodi comunicativi efficaci ma persuasivi e approfondito il ruolo dei nuovi media contemporanei si passa ora a connettere tutte le informazioni e le fonti raccolte per delineare alcune linee guida generali per una comunicazione scientifica efficace al giorno d'oggi. Queste linee guida considerano la varietà di media e touchpoint disponibili e offrono indicazioni generali su come gestire materiali divulgativi destinati a un pubblico specifico.

Nell'ottica di affiancare ed eventualmente integrare tecniche divulgative nell'ambito didattico, avere un'insieme di linee guida che cerca di delineare le caratteristiche di una buona divulgazione aiuterà poi anche a muoversi nel mondo didattico, nel momento in cui si dovesse capire che l'uso dell'"immagine", dello storytelling, e di altre strategie comunicative può funzionare anche per insegnare a degli studenti.

## Fare buon uso dello storytelling

La scienza non è solo un insieme di dati e teorie, ma un viaggio fatto di scoperte, sfide e momenti "Eureka". Raccontare le proprie esperienze personali, gli ostacoli affrontati e le emozioni vissute durante il percorso di ricerca, attraverso una narrazione coinvolgente, rende la scienza più umana e affascinante. È necessario quindi abbattere l'immagine dello scienziato freddo e asettico, a favore di un approccio narrativo e comunicativo più caldo, accogliente e inclusivo, approccio che secondo alcuni studi, aumenta l'efficacia della divulgazione e la fiducia nelle istituzioni scientifiche. Coinvolgere l'ascoltatore nel processo di ricerca e scoperta lo avvicina non solo alla scienza, ma anche allo scienziato stesso, creando un legame che permette a chi ascolta di sentirsi alla pari con chi divulga, dandogli la possibilità di diventare, come già visto, parte attiva nel processo. Lo storytelling, inoltre, consente di tradurre concetti complessi in parole semplici e accessibili, facilitando una comprensione più profonda per il pubblico: l'uso di un linguaggio studiato, di metafore e analogie vicine all'esperienza comune, rende i concetti scientifici più comprensibili e memorabili. Infine, è importante spiegare al pubblico perché ciò di cui si sta parlando è rilevante per loro, stimolando la loro curiosità e facendoli sentire partecipi del tema trattato, con l'obiettivo di generare interesse e passione.

## Sfruttare diversi touchpoint

È fondamentale sfruttare in modo strategico i diversi touchpoint a disposizione, riconoscendo per ciascuno il pubblico di riferimento e scegliendo quello che meglio si allinea agli obiettivi e al target desiderato. La capacità di gestire efficacemente i vari strumenti divulgativi consente di ampliare la portata del messaggio, facendo scelte consapevoli e utilizzando un linguaggio appropriato. Tuttavia, è essenziale ricordare che la comunicazione su ogni touchpoint richiede una pianificazione accurata e una realizzazione di qualità: utilizzare i touchpoint in maniera adeguata è cruciale, motivo per cui è sempre utile collaborare con una figura di riferimento esperta, capace di supportare e revisionare la qualità della comunicazione e dei contenuti diffusi.

## Coinvolgere l'ascoltatore e i suoi sensi

Come abbiamo visto, coinvolgere attivamente l'ascoltatore nella ricerca scientifica è un elemento fondamentale nei modelli comunicativi odierni. Per questo, è essenziale studiare strategie che spingano il singolo individuo a partecipare in modo attivo e consapevole. Un approccio efficace consiste nello sfruttare le risorse tecnologiche attuali per creare esperienze interattive, che non solo facilitano la comprensione, ma incoraggiano anche il contributo dell'utente. Non è necessario utilizzare per forza tecnologie all'avanguardia, ma anche solo trovare soluzioni comunicative capaci di stimolare il ragionamento e offrire un'esperienza più immersiva rispetto ai classici articoli accademici: l'obiettivo è immergere l'utente in un contesto vivo, dinamico, umano e completo, non solo esporlo a concetti astratti e paper scientifici. L'uso di metodi innovativi che coinvolgono i sensi dell'ascoltatore consente di instaurare un legame più profondo e memorabile tra quest'ultimo, lo scienziato e la ricerca stessa. Quando l'ascoltatore è in grado di comprendere a fondo e di partecipare attivamente al processo, diventa più facile per lui mettersi sullo stesso piano dello scienziato, contribuendo così in modo significativo al dialogo bidirezionale scientifico.

## Comunicare passione e rendere curiosi

La divulgazione scientifica ha come obiettivo non solo quello di trasmettere informazioni, ma anche di suscitare interesse, curiosità e, nei migliori casi, vere e proprie passioni per il tema trattato. È importante ricordare che il ruolo della divulgazione è quello di migliorare la qualità della vita delle persone, aiutandole nelle loro scelte e accrescendo l'importanza della scienza nella società. Se, lungo questo percorso di scoperta e connessione con il mondo scientifico, qualcuno si appassiona al punto da diventare promotore della divulgazione stessa e dei temi scientifici, si crea un circolo di stimoli e reazioni positive. Per generare passione, è fondamentale coinvolgere il pubblico, e questo può essere fatto attraverso diversi metodi. Anche semplici espedienti narrativi, come l'uso di metafore e analogie, possono essere molto efficaci: essi permettono di scomporre concetti complessi e renderli comprensibili, paragonandoli ad aspetti familiari della vita quotidiana dell'ascoltatore. Questo approccio ha il potenziale di mettere in evidenza le connessioni, le opportunità e le conseguenze che la ricerca scientifica può avere sulla vita di ciascuno, suscitando un maggiore interesse.

Coinvolgere il pubblico significa anche relazionare le scoperte scientifiche agli aspetti concreti della loro quotidianità, fornendo non solo informazioni ma anche suggerimenti su come reagire ad esse. È importante invitare all'azione e sottolineare gli effetti che le loro scelte possono avere.

Infine, lasciare domande aperte può stimolare ulteriormente la curiosità e favorire un contatto autentico e duraturo con i temi della ricerca.

## Essere strategici

La divulgazione scientifica deve essere affrontata con la stessa cura e professionalità di qualsiasi altra disciplina, utilizzando tecniche specifiche che supportino il processo comunicativo in tutti i suoi aspetti. È considerabile una buona pratica quella di coinvolgere una figura esperta, come il giornalista scientifico moderno, che mette a frutto le sue competenze per gestire in modo efficace le comunicazioni, senza però distogliere in primis gli scienziati, con cui è necessario un dialogo profondo e continuo.

È quindi necessario sviluppare una strategia mirata a una determinata nicchia di interesse, definendo obiettivi chiari e adottando uno storytelling adeguato al touchpoint e al target di riferimento. Come discusso in precedenza, l'uso di più touchpoint può essere vantaggioso per la divulgazione scientifica, pur mantenendo un canale principale adatto alla specifica nicchia. Scegliere un touchpoint di riferimento significa semplicemente dare priorità al canale più adatto per le comunicazioni frequenti, ma l'integrazione di altri canali può comunque essere utile. Ad esempio, la divulgazione durante la fase di ricerca, anziché dopo, può ampliare la rete di conoscenze e ridurre i tempi di revisione tra pari o di pubblicazione degli articoli, proprio grazie l'immediatezza di strumenti come diversi social media per comunicare in tempo reale con un'utenza eterogenea.

Trattare la divulgazione scientifica seguendo delle linee guida strutturate, come si farebbe per un brand, con una strategia ben definita e una pianificazione dei contenuti, è un approccio efficace. Tuttavia, è fondamentale mettere l'ascoltatore al centro di questo processo, considerandolo non solo come un ricettore passivo, ma come un soggetto attivo in grado di partecipare, contribuire e dare feedback: questi sono preziosi per affinare nel tempo le strategie comunicative e perfezionare il tono divulgativo, rendendolo sempre più adatto ed efficace per la nicchia e il pubblico di riferimento.



*Una conferenza di Geopop, un collettivo di scienziati divulgatori molto famoso in Italia, all'IAB forum*

# Uno spunto per la didattica

L'idea di trarre ispirazione dalla divulgazione per applicarla alla didattica nasce da un'osservazione personale: nella divulgazione si utilizzano linguaggi e metodi semplici e inclusivi, in grado di appassionare. Vengono utilizzati "l'immagine" e lo storytelling come focus nell'introdurre un concetto, valorizzandolo e rendendolo più comprensibile e significativo per il pubblico di riferimento. Ho voluto esplorare come questi strumenti e come l'uso dell'"immagine" e di buon esempi guidati dallo storytelling possano facilitare l'apprendimento di concetti complessi, come quelli insegnati negli ultimi anni del liceo scientifico, che includono la "nuova fisica" (principalmente meccanica quantistica e relatività generale).

Questo paragrafo ha quindi l'obiettivo di valutare attraverso le interviste al prof. Roberto Balaudo, che collabora alla tesi e del prof. Matteo Luca Ruggiero, un esperto del settore nonché professore di divulgazione scientifica presso l'Università di Torino, la compatibilità di queste linee guida con la didattica scientifica. Si intende qui evidenziare le connessioni tra didattica e divulgazione, così da poter considerare queste linee guida nel momento progettuale, mettendo in risalto le opinioni, i commenti e le criticità emersi dalle interviste e ponendo le basi per il paragrafo successivo, che invece approfondirà modelli, criticità e contesti specifici della didattica scientifica.

"Sicuramente alle volte la divulgazione può essere d'ispirazione alla didattica [...] qualche tecnica no? per veicolare dei concetti [...] o qualche esempio ben fatto sicuramente si può prendere, assolutamente."

*Prof. Roberto Balaudo,  
collaboratore del progetto*

Dalle interviste emergono diversi collegamenti tra didattica e divulgazione, oltre a numerosi spunti che adattano strumenti divulgativi all'insegnamento, con le opportune cautele. Viene inoltre sottolineato come il ruolo del docente e quello dello scienziato divulgatore possano essere simili sotto alcuni aspetti, rendendo così alcune tecniche divulgative efficaci anche in ambito didattico, se applicate con attenzione.

Partiamo dal fatto che attingere alla divulgazione come "materia prima" (ad esempio, attraverso documentari o articoli) e riproporre eventi e concetti alla classe può rappresentare un buon metodo per arricchire il materiale didattico. Questi contenuti sono infatti pensati per essere comprensibili a un pubblico non esperto e si prestano, attraverso esempi, immagini e suggestioni, a integrare la lezione del docente, offrendo una prima comprensione chiara e accessibile di nuovi concetti.

"Devo dire che spesso ho trovato molte ispirazioni dalla divulgazione, comprando libri divulgativi, perché i libri divulgativi devono raccontare queste cose senza formule. [...] Poi ti dirò, magari alle volte funziona magari poi qualche anno lo cambio perché mi rendo conto che funziona con me ma non con i ragazzi [...] i ragazzi cambiano e cambiano anche gli approcci, però è importante, questo sì [...]"

*Prof. Roberto Balaudo,  
collaboratore del progetto*

Come suggerisce il prof. Balaudo, prendere spunto o riutilizzare materiale divulgativo in classe può essere efficace solo se si presta attenzione al feedback degli studenti: ogni classe e ogni studente è unico e ha esigenze differenti. I feedback diventano quindi uno strumento fondamentale per adattare e valutare il materiale, proprio come avviene spesso nella divulgazione.

Inoltre, viene proposto un punto di vista che mette in parallelo il ruolo del docente e quello del divulgatore scientifico (sia esso lo scienziato stesso o un intermediario tra scienziato e pubblico). Si evidenzia infatti come entrambi si rivolgano a un "pubblico di riferimento": studenti per il professore e cittadini per il divulgatore. Questo parallelo suggerisce che le tecniche comunicative del divulgatore per adattarsi al suo pubblico, possano essere altrettanto efficaci se applicate in classe dal docente, purché con le dovute cautele. Prima di tutto, è fondamentale che l'insegnante ami il proprio lavoro e abbia un genuino interesse per la propria classe; senza questa passione, è difficile che possa dedicarsi pienamente al miglioramento dell'apprendimento. Inoltre, così come avviene per i materiali utilizzati, è essenziale ascoltare e considerare il feedback degli studenti, sia sui metodi comunicativi adottati sia sul linguaggio usato.

Rivolgersi ai propri studenti come al proprio "pubblico di riferimento" consente di avvicinarsi ai moderni modelli di apprendimento, che richiedono una didattica più personalizzata rispetto a quella tradizionale.

Un ulteriore aspetto di questo parallelismo è l'attenzione al linguaggio. In ambito scientifico, soprattutto quando si trattano teorie complesse che richiederebbero una matematica spesso inaccessibile per una classe secondaria, è fondamentale calibrare il linguaggio come si farebbe di fronte a un pubblico, proprio come avviene nella divulgazione. Si tratta di adottare un linguaggio adeguato all'età, senza però rinunciare a termini e strutture essenziali del linguaggio scientifico, indispensabili per una comprensione accurata e completa di alcuni concetti. Saper modulare il proprio linguaggio, distinguendo ciò che è essenziale mantenere da ciò che è utile semplificare per rendere un concetto complesso comprensibile, è una responsabilità del docente, e per farlo, può prendere spunto dall'approccio utilizzato nella divulgazione, dove il linguaggio viene attentamente adattato al pubblico di riferimento, pur restando corretto e preciso.

"Si parla di linguaggio adatto all'età. Quando si cerca di spiegare una qualunque teoria bisogna porsi nelle condizioni di utilizzare un linguaggio adatto all'età"

*Prof. Matteo Luca Ruggiero,  
professore di divulgazione  
scientifica all'Università di  
Torino*

Prendere spunto dalla divulgazione può anche favorire lo sviluppo e l'adozione di tecniche comunicative mirate a coinvolgere il pubblico, stimolare l'attenzione e rendere i concetti più interessanti e stimolanti, facendo leva sull'emotività o sulle teorie della persuasione e della buona comunicazione come avviene oggi nella divulgazione.

"Potrebbe essere proprio il punto di partenza per interessare l'allievo a quello che si sta facendo. In qualche modo divertirlo, catturarlo [...] anche magari sul piano emotivo."

*Prof. Roberto Balardo,  
collaboratore del progetto*

Bisogna però contestualizzare adeguatamente questi metodi, affinché possano integrare, e non sostituire, la didattica, intesa in questo caso come l'approfondimento concettuale e il rigore terminologico tipici dell'insegnamento, elementi spesso meno presenti nella divulgazione più intrattenitiva. A differenza della divulgazione, che non prevede una verifica immediata della comprensione, a scuola è necessario assicurarsi che gli studenti padroneggino le nozioni tramite verifiche scritte e interrogazioni orali, per questo, l'aspetto di intrattenimento e le scorciatoie comunicative da sole non sono sufficienti a formare adeguatamente gli studenti.

Questo metodo di trasmettere nozioni agli studenti attraverso una comunicazione mirata e studiata risulta particolarmente efficace nella fase iniziale di apprendimento di un nuovo concetto. È ideale per introdurre l'argomento, creando una base di comprensione, per poi procedere con un approfondimento più rigoroso attraverso teoria, pratica ed esercizi di vario tipo.

Viene sottolineato anche come usare tecniche della comunicazione divulgativa possa essere una piccola parte di un lavoro di coinvolgimento dello studente più ampio, a 360°. Questo approccio può rendere lo studente interessato e meno passivo, nonché capace di creare collegamenti duraturi nella memoria e nel migliore dei casi, anche utili nella vita di tutti i giorni o comunque utili per soddisfare il bisogno estetico di descrivere il mondo (bisogno che nel caso della fisica è centrale se non proprio la fiamma che tiene vivo l'interesse per la materia).

"Più che l'aspetto emozionale, io punterei l'enfasi sul coinvolgimento, cioè far capire perché un determinato risultato scientifico, è importante per la vita quotidiana"

*Prof. Matteo Luca Ruggiero,  
professore di divulgazione  
scientifica all'Università di  
Torino*

Sempre sotto la suggestione del prof. Matteo Luca Ruggiero, completo il discorso riflettendo sul valore che la rappresentazione tramite "immagini" (inteso in senso ampio quindi anche video, illustrazioni, grafici e via dicendo) ha nella divulgazione e le sue potenzialità nel momento in cui queste si applicano alla didattica. Ragionare per immagini e per esempi è un forte strumento per chi fa divulgazione in quanto permette di veicolare concetti in modo semplice e comprensibile: più queste "immagini" sono studiate per essere accessibili, più la comunicazione ad un pubblico eterogeneo si rivela efficace.

Sulla stessa linea d'onda, l'utilizzo delle immagini in didattica può essere un forte strumento per dare allo studente una comprensione iniziale semplice ma completa, che riesce se studiata bene, a bypassare le lacune matematiche e nozionistiche dello studente, dando comunque un'idea chiara della nozione.

"In questo caso è molto più facile parlare per immagini o raccontare per immagini, piuttosto che partire da una descrizione teorica, che comunque non sarebbe completa perché manca il linguaggio matematico"

*Prof. Matteo Luca Ruggiero,  
professore di divulgazione  
scientifica all'Università di  
Torino*

In conclusione, ho avuto il privilegio di confrontarmi con il professor Matteo Luca Ruggiero sulle linee guida stilate durante la fase di ricerca, le quali sono state da lui approvate anche per un'eventuale applicazione didattica, pur considerando attentamente le osservazioni e le criticità emerse. È stato inoltre sottolineato l'importanza di raccontare il contesto umano dietro la scienza e le scoperte: non si tratta di presentare lo scienziato come qualcuno che si sveglia una mattina e inventa una nuova formula da pubblicare, ma piuttosto di mostrare l'umanità e il percorso dietro la ricerca. Questo approccio, in linea con i più recenti modelli divulgativi, può rendere una nozione o una scoperta più coinvolgente e più vicina alla realtà dello studente.

# La didattica scientifica

## Professore - studente

Differenze tra didattica e divulgazione  
Criticità della didattica  
Il panorama italiano

## Modelli didattici innovativi

Inquiry - based learning (IBL)  
Apprendimento contestualizzato  
Gli organizzatori avanzati  
Gamification  
Inclusività e disturbi dell'apprendimento  
AI, social media e TIC

# Professore - studente

Dopo aver esaminato alcune buone pratiche e linee guida per una divulgazione scientifica efficace, la mia analisi prosegue con un focus sulle sfide, lo stato dell'arte e le soluzioni innovative nella comunicazione tra docente e studente. L'obiettivo è ottenere una visione completa di questo aspetto della comunicazione scientifica, individuando le opportunità e le criticità, insieme alle loro cause.

# Differenze tra didattica e divulgazione

Come primo passo per fare chiarezza, ritengo utile fornire una definizione del termine "didattica scientifica" per poi contestualizzarlo all'interno dell'ambito specifico che ci interessa, cioè la didattica scientifica nelle scuole superiori. La didattica scientifica si propone di trasmettere conoscenze scientifiche, sviluppare competenze di indagine e promuovere una comprensione critica della scienza come processo di costruzione della conoscenza. Essa mira a formare individui in grado di comprendere il mondo naturale, valutare le informazioni scientifiche e prendere decisioni informate su questioni scientifiche.

Se contestualizziamo questa definizione nell'ambito di un corso di scienze alle scuole superiori, possiamo dire che, mentre condivide gli obiettivi generali della definizione, essa si adatta al contesto specifico degli studenti, focalizzandosi sulla loro formazione come cittadini consapevoli e responsabili. L'accento si sposta dalla mera acquisizione di nozioni a una partecipazione attiva nel processo di apprendimento, incoraggiando l'esplorazione, la formulazione di ipotesi e la risoluzione di problemi, collegando la scienza alla realtà quotidiana e promuovendo l'utilizzo del pensiero scientifico nella vita di tutti i giorni.

Possiamo ora evidenziare, nella pagina seguente, le principali differenze strutturali tra didattica e divulgazione

## Percorso e interesse

Nella didattica, rivolta a studenti, esistono obiettivi formativi ben definiti, che mirano a far raggiungere agli studenti un certo livello di conoscenza e consapevolezza. Il processo didattico segue infatti un programma strutturato che accompagna lo studente lungo il suo percorso di apprendimento, pianificando le nozioni da trasmettere e il modo più efficace per farle acquisire. Ciò implica che lo studente potrebbe non essere interessato all'argomento trattato, poiché ciascuno ha interessi diversi, ed è inevitabile affrontare anche temi che non risultano particolarmente attraenti, tenendo a mente che su questi argomenti gli studenti vengono comunque valutati. Pertanto, è necessario stabilire un livello minimo di approfondimento e comprensione della nozione, che si richiede venga rispettato.

La divulgazione scientifica, invece, si rivolge al pubblico generale con l'intento di informare, stimolare la curiosità e appassionare le persone alla scienza. In questo contesto, non esiste un percorso prestabilito: il cittadino può personalizzare la propria esperienza di apprendimento in base ai propri interessi, approcciando i contenuti in modo più flessibile e meno vincolato rispetto a un percorso didattico tradizionale. Questo implica che il destinatario di un'informazione divulgativa sia, presumibilmente, almeno moderatamente interessato al contenuto, dato che lo sceglie volontariamente. Inoltre, non è necessario che lo consulti in modo attento e approfondito, poiché non sarà sottoposto a una valutazione.

Di conseguenza, lo studente, possiederà conoscenze generalmente più strutturate e coerenti rispetto al cittadino medio, che invece tende ad avere un repertorio di conoscenze più eterogeneo. Tuttavia, è importante non considerare gli studenti come un gruppo omogeneo; al contrario, ciascuno di loro ha interessi, motivazioni verso la materia e background personali differenti, che meritano di essere riconosciuti e valorizzati.

## Obiettivi

L'obiettivo della didattica è la formazione di studenti in un contesto scolastico, con l'obiettivo di trasmettere conoscenze scientifiche consolidate e di sviluppare competenze specifiche. Solo in alcuni casi la didattica si concentra su temi di attualità, solitamente avviene quando questi coincidono con la natura della materia scientifica o con la parte di programma che si sta affrontando.

La divulgazione al cittadino invece mira a informare e coinvolgere un pubblico vasto e generico sui temi scientifici, spesso concentrandosi sulla novità e sull'attualità. L'obiettivo è quello di catturare l'interesse del pubblico e di renderlo consapevole dell'impatto della scienza sulla vita quotidiana.

## Linguaggio

Una buona divulgazione scientifica utilizza un linguaggio accessibile e semplificato, evitando termini tecnici complessi e privilegiando l'uso di immagini, metafore e analogie per rendere i concetti scientifici più comprensibili al grande pubblico.

La didattica invece adotta un linguaggio più rigoroso e specifico, introducendo gradualmente termini tecnici e concetti complessi in base al livello di istruzione degli studenti. In ambito didattico, si osserva spesso come l'insegnamento parta da un concetto che necessita di spiegazione, la quale viene fornita basandosi su conoscenze acquisite in precedenza (mettendo in evidenza la sequenzialità dell'apprendimento). Nel migliore dei casi, vengono utilizzati anche esempi e analogie per agevolare la comprensione, anche se l'implementazione delle immagini avviene in un secondo momento, come supporto per visualizzare e rafforzare un concetto già esposto.

Si può quindi dire che se la divulgazione ha il compito essenziale di semplificare i concetti per aumentarne l'accessibilità, la didattica ha lo scopo di esplorare i concetti, aumentando man mano il grado di approfondimento e difficoltà.

## Mezzi

La divulgazione scientifica si avvale dei mezzi di comunicazione di massa come giornali, riviste, cinema, radio, televisione e internet, ampliandosi progressivamente verso i nuovi media grazie all'uso delle tecnologie più recenti (seguendo un modello divulgativo moderno e funzionale). Questi strumenti hanno reso il contatto tra scienziati e cittadini più immediato e diretto, favorendo una comunicazione bidirezionale che consente un flusso di feedback continuo tra i due gruppi.

La didattica scientifica, invece, utilizza mezzi specifici per l'insegnamento, quali libri di testo, manuali scolastici, lezioni frontali, esperimenti in laboratorio e, in misura crescente, strumenti multimediali. Anche il docente stesso è un veicolo di conoscenza: l'interazione didattica, componente essenziale del processo di insegnamento, si basa su un dialogo costante e bidirezionale tra docente e studenti. Pur essendo il professore a trasmettere il sapere, gli studenti sono chiamati a porre domande e a interagire, avvalendosi di metodi sempre più avanzati e interattivi.

## Interessi

La figura dello scienziato e quella del professore sono diverse sotto alcuni aspetti. Un divulgatore scientifico, ad esempio, può essere meno motivato a comunicare al pubblico, poiché la divulgazione rappresenta solo una parte del suo lavoro (dipende anche dagli interessi economici dietro e dalla vicinanza alle università). A ciò si aggiungono possibili ostacoli legati a percezioni personali riguardo alla divulgazione stessa o al pubblico che ascolta. È probabile che lo scienziato ami il suo mestiere perché è principalmente appassionato di ricerca o della formazione di nuovi ricercatori, mentre la divulgazione può essere vista come un'attività marginale o secondaria, anche se sta prendendo sempre più importanza.

Il professore, invece, è interamente dedicato all'insegnamento, e il suo ruolo è centrale nella crescita degli studenti. Essendo pagato per insegnare, il suo successo dipende da fattori come l'ambiente di lavoro, le risorse a disposizione e la motivazione degli studenti stessi, dimostrando mediamente più sinergia con gli "ascoltatori" nel suo contesto.

Detto questo, è importante evitare generalizzazioni: non tutti gli scienziati o i professori sono uguali. Le differenze dipendono dalle condizioni lavorative e dal percorso individuale di ciascuno, ci sono classi perfettamente in sintonia, come ci sono cittadini pienamente interessati e coinvolti. Esistono scienziati profondamente coinvolti nella divulgazione e professori che svolgono anche attività di ricerca.

In definitiva, si tratta di uno spettro di situazioni e non di una divisione netta tra due categorie.

# Criticità della didattica

Desidero ora analizzare le principali criticità della didattica scientifica nelle scuole superiori nel contesto europeo attuale, per poi esaminare i modelli educativi esistenti e comprendere come queste problematiche possano essere mitigate.

Non è un segreto che la didattica, in particolare nelle scuole secondarie di secondo grado, stia attraversando una crisi internazionale che preoccupa scienziati ed insegnanti. Uno dei problemi principali risiede nel fatto che molti studenti mostrano scarsa motivazione verso le materie scientifiche, percependole come difficili, noiose o lontane dalla loro esperienza quotidiana. Sempre più spesso gli studenti richiedono corsi che riflettano i loro interessi e che propongano una didattica personalizzata, centrata sul singolo.

Intervistando il prof. Balardo, figura centrale del mio progetto di tesi, ho scoperto che la scarsa motivazione degli studenti si articola anche in una limitata pazienza da parte loro e nella scarsa disponibilità a dedicare tempo alla risoluzione di un problema. Tale atteggiamento sembra riflettere le modalità con cui oggi consumiamo informazioni: in modo rapido e abbassando sempre più la nostra soglia di attenzione. Da un lato, se non riesco a risolvere un problema entro i primi 30 secondi, tendo a perdere interesse; dall'altro, però, un apprendimento efficace nasce proprio dalla capacità di risolvere problemi attraverso un processo di ragionamento prolungato e personale. Questo inibisce e rende più complesso l'adottare di metodi didattici come il problem solving di gruppo e le esperienze pratiche in campo.

Questo disinteresse può essere attribuito a vari fattori che da decenni influenzano l'approccio alla didattica scientifica. Tra le criticità più rilevanti, emerge la mancanza di connessione tra le conoscenze acquisite e la vita degli studenti. Le materie scientifiche vengono spesso trasmesse come contenuti astratti da memorizzare, piuttosto che come strumenti utili e rilevanti per comprendere il mondo che li circonda. Ciò porta a un apprendimento meno significativo e meno coinvolgente per gli studenti, che faticano a vedere l'utilità e la connessione di ciò che imparano nella loro quotidianità. La maggior parte delle volte non viene stimolata nemmeno la riflessione critica pura sull'argomento che si sta affrontando, anche se è un aspetto che nella realtà scolastica si sta combattendo sempre di più.

A questo si collega il problema della mancanza di esperienze pratiche: nelle scuole troppo spesso si studiano ancora le materie scientifiche sul libro di testo, invitando quindi gli studenti a ricordare e memorizzare piuttosto che a capire. Non si tratta solo di scelte dovute ai limiti strutturali delle scuole (come la mancanza di laboratori, di personale tecnico, limiti di orario scolastico) ma molto più spesso si tratta di limiti nella formazione degli insegnanti che non hanno essi stessi potuto sperimentare in prima persona quel processo di costruzione di conoscenza più pratico, che si riversa nella poca abitudine degli studenti ad accogliere queste modalità e nelle criticità derivanti.

Inoltre, i docenti devono affrontare limitazioni esterne, come la mancanza di tempo e risorse, oltre alle pressioni per rispettare rigidamente un programma didattico che fatica ad aggiornarsi e a tenere il passo con le nuove scoperte e i progressi scientifici.

Essere restii alle nuove modalità pratiche di insegnamento, anche se a causa di fattori esterni, non è sufficiente a giustificare il perpetrare di lezioni frontali, le quali si portano annessa tutta una serie di criticità. Prima tra tutte, la lezione frontale standardizzata prevede che tutti gli studenti siano trattati come uno solo e inibisce l'adottare di una didattica personalizzata, prevista dai moderni modelli d'insegnamento. Questa mancanza di attenzione verso il singolo studente, assieme alla tendenza dei ragazzi oggi di imparare meno attraverso processi di astrazione, frena lo sviluppo di competenze, spesso più rilevanti delle sole conoscenze trasmesse frontalmente, specialmente in ambito scientifico.

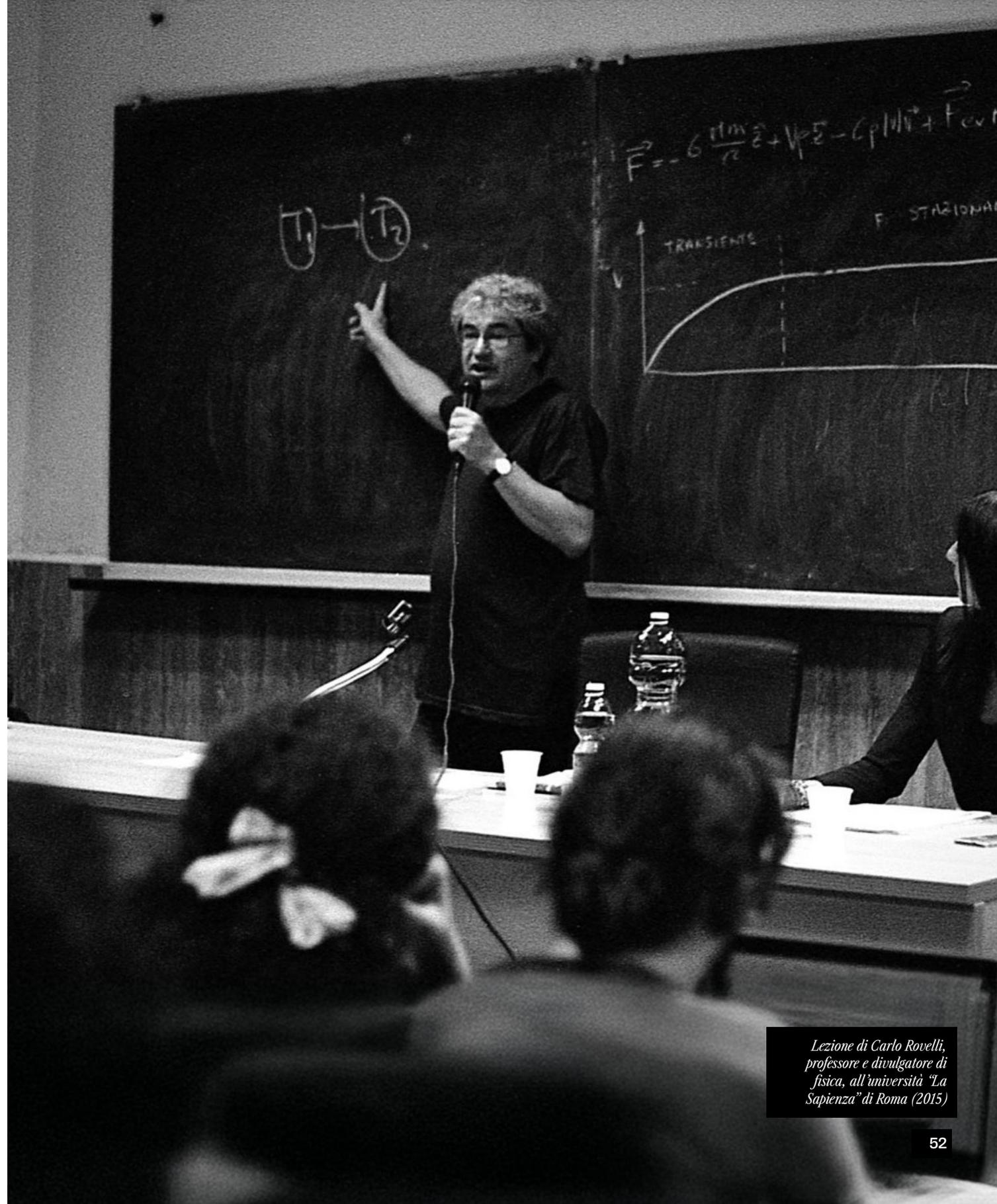
# Il panorama Italiano

Il panorama italiano riflette abbastanza le criticità generali della didattica scientifica a livello europeo. È però importante fare alcune considerazioni specifiche per comprendere pienamente il contesto in cui si intende intervenire.

A differenza di altri paesi europei, in Italia la figura del professore delle scuole superiori è considerata cruciale per una buona didattica, specialmente nelle materie scientifiche. Questa centralità nasce da fattori culturali, storici e strutturali: la tradizione pedagogica italiana attribuisce al docente il ruolo di guida e mentore, un punto di riferimento imprescindibile per gli studenti. Inoltre, la mancanza di risorse adeguate, come laboratori ben attrezzati, spinge il professore a compensare con la sua competenza, creatività e capacità di motivare gli studenti.

La formazione degli insegnanti in Italia tende a privilegiare l'aspetto teorico rispetto a quello pratico, rafforzando ulteriormente l'immagine del docente come depositario del sapere scientifico. Questo rende il professore il fulcro dell'esperienza educativa, e la sua preparazione, il suo atteggiamento e la passione per la materia possono influenzare profondamente la qualità della didattica: un professore capace di instaurare un buon rapporto con gli studenti, può stimolare una classe più curiosa, attenta ed efficace.

Constatato che l'insegnante è una figura centrale, soprattutto nel contesto italiano, è importante sottolineare che il suo metodo e programma sono spesso influenzati dalle risorse disponibili nella "noosfera" (libri, riviste, programmi educativi, ecc.). La didattica italiana rimane infatti fortemente legata ai materiali tradizionali, con programmi scolastici che seguono strettamente i contenuti dei libri di testo selezionati, ed è per questo motivo che intervenire sulle risorse che affiancano l'insegnamento del docente potrebbe rappresentare un primo passo verso la risoluzione di alcune delle lacune presenti nel sistema didattico scientifico delle scuole superiori italiane. Fare ciò non solo migliorerebbe la qualità dell'insegnamento, ma potrebbe anche dare l'impulso necessario per l'adozione di nuove risorse e metodi innovativi di rappresentazione, contribuendo così a modernizzare il sistema educativo.



*Lezione di Carlo Rovelli, professore e divulgatore di fisica, all'università "La Sapienza" di Roma (2015)*

# Modelli didattici innovativi

## Inquiry - based learning (IBL)

Il metodo IBL (Inquiry-based learning) o IBSE (Inquiry-based science education) è un approccio educativo incentrato sullo studente che pone l'enfasi sul processo di costruzione attiva della conoscenza attraverso l'indagine (inquiry) e la scoperta. In questo modello, gli studenti si confrontano con un problema o una domanda stimolante e sono incoraggiati a formulare ipotesi, progettare esperimenti, raccogliere dati, analizzarli e trarre conclusioni.

Tutto ciò funziona grazie all'ausilio dell'apprendimento induttivo, un processo di ragionamento in cui si traggono conclusioni generali da osservazioni specifiche fatte dagli studenti.

I primi studi sull'inquiry e sul metodo in sé sono dovuti a Rosalind Driver e risalgono agli anni '70-'80. L'interesse verso questo metodo è cresciuto negli anni ed è ora considerato dalla maggior parte dei ricercatori in didattica come la strategia di insegnamento più efficace, soprattutto in ambito scientifico, in quanto consente agli studenti di sperimentare il metodo scientifico in prima persona e di sviluppare una comprensione più autentica dei concetti scientifici, nonché delle competenze solide.

L'insegnamento IBSE (Inquiry-Based Science Education) si fonda su alcuni principi chiave derivati dalla ricerca in didattica.

Prima di tutto, si basa sul fatto che la comprensione scientifica non si limita alla semplice acquisizione di fatti; al contrario, essa implica una capacità più profonda di elaborare, integrare e contestualizzare le conoscenze. Ogni studente costruisce e organizza le proprie conoscenze a partire da ciò che già conosce, reinterpreta e arricchendo i concetti che possiede con nuovi contenuti che ritiene validi e utili. Un altro elemento essenziale sul quale si fonda il modello è il contesto sociale: esso gioca un ruolo cruciale nella mediazione dell'apprendimento, influenzando come gli studenti interpretano e assimilano le informazioni. In altre parole, l'interazione con gli altri e il confronto di idee favoriscono un apprendimento più profondo e significativo. Infine come ultimo principio è essenziale ricordare come l'apprendimento efficace richiede che gli studenti siano consapevoli e artefici del proprio apprendimento, e non passivi e ricettivi come avviene nella didattica tradizionale.

Questo approccio incoraggia il pensiero critico, la formulazione di domande personali, la discussione tra pari e il dibattito. Durante le lezioni basate su questo metodo, l'insegnante dovrebbe evitare un atteggiamento autoritario e, invece, promuovere un ambiente che favorisca l'indagine e la ricerca autonoma da parte degli studenti. Questi, lavorando in gruppo, si pongono domande, fanno osservazioni ed esperimenti, raccolgono e interpretano dati, formulano ipotesi e giungono a conclusioni basate sulle loro scoperte.

Tuttavia, esistono resistenze e criticità da parte degli attori didattici nell'applicazione di questo metodo. Analizziamo nella pagina seguente queste difficoltà distinguendo le problematiche riscontrate da docenti e studenti.

## Docenti

Tra i principali ostacoli all'adozione di questo approccio emerge la mancanza di tempo per organizzare attività di problem-solving o pratiche in generale. Il prof. Balaudo, nelle interviste, sottolinea proprio la difficoltà nel dedicare tempo alla pianificazione di queste attività, anche a causa della poca abitudine e dei limiti di formazione dei docenti. Inoltre, adottare un approccio IBSE richiede un cambio di mentalità, spingendo i professori ad abbandonare il tradizionale ruolo di dispensatori di conoscenza per diventare facilitatori dell'apprendimento. Questo può generare insicurezza, dato che comporta una perdita di controllo diretto sul processo educativo, affidandolo maggiormente agli studenti. Per superare tali difficoltà, è fondamentale che i docenti possiedano una solida conoscenza della teoria pedagogica alla base del metodo, una competenza complessa da acquisire poiché spesso, per formazione, la loro conoscenza è superficiale.

Un'altra criticità riguarda il controllo fisico della classe: lasciando gli studenti maggiormente autonomi, è più probabile che l'ambiente di apprendimento diventi caotico e difficile da gestire per docenti abituati a lezioni frontali, con un comportamento diverso da parte degli studenti. A questi problemi si aggiungono le difficoltà legate alla disponibilità di spazi e materiali adeguati, un limite che, come già discusso, pesa particolarmente in Italia, in quanto tutte le risorse del docente hanno un grande impatto sulla didattica dato che il docente è ancora visto come figura centrale e imprescindibile.

Infine, la valutazione dell'apprendimento in un contesto IBSE risulta più complessa rispetto a un approccio tradizionale, basato su test standardizzati e interrogazioni individuali. Sono necessari metodi di valutazione che considerino il processo d'indagine, le capacità di problem-solving, il pensiero critico e le competenze collaborative degli studenti.

## Alunni

Gli studenti, abituati a un approccio didattico tradizionale in cui il docente ha un ruolo centrale nella trasmissione delle conoscenze, possono sentirsi disorientati e frustrati quando devono affrontare un problema in autonomia con una guida limitata. Anche il prof. Balaudo ha confermato, in un'intervista, questa difficoltà riscontrata dagli studenti, dovuta sia all'abitudine a un metodo passivo, sia alla carenza di capacità di astrazione necessaria per sviluppare competenze oltre alle conoscenze.

Un altro ostacolo è legato alla presunzione di conoscenze pregresse negli studenti: per poter affrontare un problema con competenza, gli studenti devono avere delle basi solide, che non sempre si possono dare per scontate. Il lavoro di gruppo, in questo contesto, può sembrare un supporto, ma spesso genera disparità di conoscenze tra i compagni, creando disuguaglianze che scoraggiano sia i più preparati sia chi ha più lacune.

Infine, come sottolineato dal prof. Balaudo, agli studenti spesso manca la pazienza, un elemento cruciale nelle esperienze pratiche, che richiedono tempo e impegno per trovare soluzioni.

Analizzate le criticità, è importante sottolineare che, nonostante tutto, questo metodo viene costantemente studiato e applicato in numerose scuole nel mondo. Ogni realtà scolastica ha trovato una propria declinazione del metodo, adattando il livello di autonomia concesso agli studenti e il modo in cui viene condotta l'"inquiry", attraverso l'uso di strumenti e approcci differenti. Questo metodo non è un approccio rigido e assoluto, ma prevede diversi livelli di autonomia per lo studente, con gradi di apertura che permettono di adattarlo sia alle esigenze della classe sia al livello di familiarità con cui viene adottato. Questi livelli di apertura sono:



**Structured inquiry:** l'insegnante propone il problema e fornisce le indicazioni per risolverlo, ma lo studente, utilizzando le proprie risorse, trova autonomamente la soluzione.



**Guided inquiry:** l'insegnante pone il problema, ma sono gli studenti a ideare autonomamente la procedura e la soluzione, avvalendosi delle loro risorse.



**Open inquiry:** questo è il livello più avanzato, in cui anche il problema è formulato dallo studente stesso. Questo step rappresenta il successo nel promuovere l'autonomia, poiché lo studente è stimolato a porsi domande rilevanti e a mobilitare le proprie competenze per risolvere i quesiti posti, con benefici per la didattica e per la vita.

Durante l'anno scolastico 2015/2016, Agnese Russo e Dominique Persano Adorno hanno condotto un esperimento con circa 40 studenti dell'ultimo anno del liceo scientifico "Benedetto Croce" di Palermo, per valutare quale grado di apertura del processo di indagine fosse più adatto all'apprendimento di concetti avanzati di fisica. Gli studenti sono stati divisi in due gruppi con differenti livelli di guida.

Il Gruppo 1, inserito in un ambiente di "Guided-Inquiry", ha ricevuto una guida limitata: gli studenti hanno affrontato l'esperimento partendo da un'unica presentazione del problema e sono stati incaricati di pianificare e svolgere autonomamente il lavoro, sulla base di pochi dati forniti dall'insegnante. Questo approccio ha evidenziato alcune difficoltà: molti studenti hanno avuto difficoltà a gestire l'autonomia richiesta, assumendo un atteggiamento passivo e demotivato.

Il Gruppo 2, invece, ha operato in un ambiente di "Structured-Inquiry", con domande e procedure dettagliate fornite dall'insegnante. Gli studenti, pur lavorando in piccoli gruppi, hanno formulato autonomamente le loro spiegazioni basandosi sui dati raccolti, con l'insegnante come facilitatore. In questo contesto, gli studenti hanno portato a termine entrambi gli esperimenti, completando calcoli rilevanti e dimostrando maggiore motivazione e interesse.

Sebbene l'esperimento sia stato condotto su un numero limitato di studenti, i risultati ottenuti sono coerenti con osservazioni precedenti. In questo caso si è dimostrato che né gli studenti né i docenti sono ancora pronti e preparati per affrontare un modello di open inquiry. Al contrario, risulta più efficace partire da modelli più strutturati e guidati, consentendo un passaggio graduale verso un maggiore grado di autonomia.

Per quanto riguarda invece le diverse modalità di fare indagine, quindi di fare "inquiry", le più utilizzate e citate sono:

## Group modelling

È un metodo di apprendimento sociale basato su una prospettiva socio-cognitiva, in cui gli studenti apprendono grazie alla metacognizione (buona consapevolezza e comprensione delle nostre capacità cognitive) e all'elaborazione delle informazioni che avviene durante le interazioni sociali. Questo approccio sviluppa abilità cognitive, metodi di apprendimento, e atteggiamenti affettivi. Favorisce inoltre la collaborazione cognitiva, supportando lo sviluppo della pratica scientifica. Questo approccio può aiutare a decentrare il ruolo del docente, che attualmente occupa una posizione centrale e autoritaria, un aspetto critico se si vuole adottare il metodo IBL.

## Costruttivismo

Il costruttivismo è un ampio quadro teorico che trova applicazione nel modello IBL. La teoria alla base del metodo IBL e l'approccio costruttivista condividono una visione comune: non considerare lo studente come un recipiente da riempire di nozioni, ma riconoscerlo come un partecipante attivo nel contesto di apprendimento. Questo approccio incoraggia l'apprendimento attivo, in cui gli studenti danno particolare importanza alla sperimentazione, collegano teoria e pratica e prendono spunto dal proprio contesto di vita per costruire spiegazioni sui fenomeni naturali. L'indagine costruttivista sostiene sia l'apprendimento autonomo, basato sulle esperienze personali uniche di ciascuno, favorendo una didattica personalizzata, sia la collaborazione, che permette di sviluppare competenze attraverso il confronto. Il costruttivismo è compatibile con vari livelli di inquiry, in particolare con il guided e l'open inquiry. Questo quadro teorico può essere sfruttato come strumento didattico anche prima di adottare il modello IBL, promuovendo una conoscenza significativa e duratura delle nozioni che faranno poi da base per l'acquisizione delle competenze tramite il modello stesso.

## Attivismo

Questo approccio didattico si focalizza sull'esperienza diretta e partecipativa degli studenti su temi reali e di rilevanza condivisa. In questo modello, l'argomento di studio ha un ruolo centrale perché riflette spesso questioni e sfide attuali di grande importanza. Per chiarezza, se il costruttivismo privilegia l'elaborazione interna di esperienze personali e di gruppo, finalizzata alla costruzione di competenze e significati, l'attivismo punta invece su attività pratiche condivise, che permettono di analizzare e oggettivare una problematica, e al tempo stesso individuare strategie per risolverla. Questo metodo si fonda sull'uso di strumenti digitali e risorse concrete, che collegano rapidamente le conoscenze dello studente al tema didattico, fornendogli strumenti immediatamente utilizzabili per affrontare il problema, sia individualmente che in gruppo.

Il modello dell'attivismo promuove l'apprendimento attivo, incoraggiando gli studenti a ricercare informazioni, analizzare dati, trarre conclusioni e comunicare i propri risultati. Questo metodo sviluppa capacità di pensiero critico, competenze comunicative, creatività, perseveranza e senso di responsabilità. Inoltre, l'attivismo alimenta un senso di scopo e motivazione, permettendo agli studenti di percepire l'impatto pratico delle loro conoscenze scientifiche. In questo modo, si evita di scoraggiarli e di alimentare un'immagine idealizzata del docente o dello scienziato, una questione affrontata nei capitoli precedenti.

## Game based learning

Anche in questo caso parliamo di un quadro teorico più ampio e complesso, supportato da numerosi studi, spesso associato al concetto di "gamification". Tuttavia, questa associazione non è del tutto precisa: mentre il game-based learning utilizza i giochi come strumenti educativi per creare esperienze di apprendimento coinvolgenti e stimolanti, la gamification non implica necessariamente l'uso di giochi veri e propri, ma piuttosto l'applicazione delle loro dinamiche e dei loro principi per influenzare il processo di apprendimento e le reazioni emotive degli studenti.

Nel game-based learning, i giochi possono assumere varie forme, come giochi da tavolo, giochi di ruolo, simulazioni al computer e realtà virtuale. Questo metodo favorisce la collaborazione, la comunicazione e le capacità di problem-solving, ma soprattutto stimola l'interesse, la motivazione e la pazienza degli studenti. Quest'ultimo aspetto, in particolare, è cruciale nel contesto italiano, dove, come sottolineato anche dal prof. Balardo, la mancanza di pazienza rappresenta una delle principali cause di difficoltà didattiche. Sebbene sia un metodo complesso da implementare nella pratica, il game-based learning è una risorsa preziosa per aumentare il coinvolgimento e ridurre le emozioni negative degli studenti rispetto ai problemi da risolvere (o da formulare, a seconda del livello di inquiry).

# Apprendimento contestualizzato

“Collegare gli argomenti affrontati con la vita dello studente è sicuramente utile, sia dal punto di vista di proporgli dei vantaggi e dei collegamenti pragmatici provenienti da quello che studia, sia come soddisfazione di un bisogno di natura estetica.”

*Prof. Roberto Balardo,  
collaboratore del progetto*

L'apprendimento contestualizzato implica collegare il materiale del corso alla vita degli studenti, il che può aumentare il loro interesse e le loro prestazioni, soprattutto per gli studenti con basse aspettative di successo. In altre parole, quando gli studenti riescono a vedere come le informazioni che stanno imparando in classe si applicano al mondo reale e alle loro esperienze personali, sono più propensi a essere coinvolti e a ottenere buoni risultati.

Chris S. Hulleman e Judith M. Harackiewicz hanno testato se spingere gli studenti a trovare collegamenti tra la scienza e la propria vita potesse migliorare interesse e rendimento scolastico. Hanno coinvolto 262 studenti di liceo, divisi in due gruppi: uno doveva scrivere saggi collegando il materiale scientifico imparato alla propria vita (gruppo di rilevanza), l'altro doveva fare semplici riassunti periodici di ciò che gli era stato insegnato (gruppo di controllo). A fine semestre, i ricercatori hanno riscontrato che il gruppo di rilevanza aveva sviluppato un maggiore interesse per la scienza e migliorato i voti (rispetto ad uno studio fatto sull'interesse per la materia ad inizio esperimento sugli stessi studenti), soprattutto tra chi inizialmente aveva basse aspettative di successo. Nel gruppo di controllo invece si è rilevata una scarsa motivazione e risultati scolastici inalterati.

Questo esperimento mette in luce il potenziale di questo approccio, che si dimostra altamente compatibile con la personalizzazione della didattica. È particolarmente rilevante notare che non sono emerse differenze significative legate al sesso o al background culturale dei partecipanti, suggerendo che questo metodo può adattarsi a tutti, pur rispettando le specificità di ciascuno. Ciò semplifica il processo di personalizzazione didattica, offrendo una metodologia efficace per la maggioranza dei casi.

La comprovata efficacia di questo metodo, assieme ai commenti dei professori intervistati, ci ricordano l'importanza di non considerare la classe come un insieme uniforme, quasi fosse un blocco omogeneo di studenti. Al contrario, è fondamentale riconoscere ogni studente come un individuo unico, un principio che sta alla base della didattica personalizzata. La didattica tradizionale, che si basa principalmente su lezioni frontali, teoriche e standardizzate per tutti, non prevede questo tipo di approccio; al contrario, tende a trattare la classe come un singolo studente “neutro,” una prospettiva limitante e controproducente.

Questo approccio suggerisce che, quanto più un esempio è semplice, tanto più risulta efficace: se l'esempio contiene elementi semplici e condivisi, indipendenti da cultura, esperienze personali e vissuto degli studenti, allora può essere compreso da tutti.

Questo approccio può essere applicato in diverse fasi dell'apprendimento. Considerando, ad esempio, il modello IBL (Inquiry-Based Learning), questa tecnica può essere usata sia nella preparazione nozionistica dello studente, elemento che fa da base solida precedendo il lavoro attivo secondo il modello, sia nella scelta da parte del professore dei problemi da affrontare, come avviene nelle varianti di “structured” o “guided” inquiry. Quando il problema o il tema di studio trattato tramite il modello IBL è in linea con gli interessi e le esperienze degli studenti, essi si sentono più motivati, pazienti e propensi a mettersi in gioco. Questo atteggiamento può favorire, col tempo, la formulazione spontanea di domande e dubbi utili per interpretare esteticamente o funzionalmente il mondo che li circonda.

# Gli organizzatori avanzati (AO)

Per facilitare l'integrazione di nuove informazioni nelle strutture cognitive preesistenti, si sono rivelate molto utili, secondo gli studi di David Ausubel, tutte quelle informazioni (presentate sotto forma di breve riassunto, schema, lista di concetti e parole chiave, mappa concettuale, domande guida, ecc.) che egli nel 1998 ha definito con il termine di organizzatori anticipati.

L'organizzatore anticipato è quell'informazione verbale o visiva più o meno estesa, fornita prima del materiale da studiare allo scopo di attivare eventuali conoscenze preesistenti e strutture cognitive adeguate per facilitare la comprensione e la memorizzazione del materiale da apprendere e quindi, in definitiva, realizzare un apprendimento più significativo. Si tratta di «un'introduzione» all'argomento da studiare e si caratterizza per un livello superiore di astrazione e generalità rispetto al classico materiale.

L'uso degli organizzatori anticipati faciliterebbe l'apprendimento in quattro modi:

- ◆ **Recupero delle conoscenze pregresse:** Gli organizzatori anticipati aiutano gli studenti a richiamare le conoscenze già acquisite, facilitando la comprensione del nuovo materiale.
- ◆ **Strutturazione e organizzazione delle informazioni:** Fornendo principi guida per la codifica e il recupero delle informazioni, gli organizzatori anticipati permettono di elaborare i contenuti in modo più chiaro e ordinato.
- ◆ **Transizione graduale verso nuovi contenuti:** Introdurre nuovi argomenti attraverso organizzatori anticipati riduce l'impatto brusco del materiale, migliorando l'adattamento degli studenti.
- ◆ **Integrazione concettuale e consolidamento della conoscenza:** Gli organizzatori anticipati favoriscono l'ancoraggio concettuale, inserendo le nuove idee all'interno di una struttura cognitiva già esistente.

"In questo caso è molto più facile parlare per immagini o raccontare per immagini, piuttosto che partire da una descrizione teorica, che comunque non sarebbe completa perché manca il linguaggio matematico"

*Prof. Matteo Luca Ruggiero,  
professore di divulgazione  
scientifica all'Università di  
Torino*

Numerosi studi e analisi nel corso del tempo hanno dimostrato l'efficacia degli organizzatori anticipati, tra cui quelli di Kapri (2017), Oloyede (2014), Kigo (2018), Bency e Nagarajan (2010), e Tanveer Uz Zaman, Choudhary e Qamar (2015). I risultati confermano che gli organizzatori anticipati funzionano particolarmente bene con studenti che hanno difficoltà scolastiche o sono poco motivati, persino più efficacemente che con studenti già motivati e capaci.

Inoltre, si è riscontrato che l'integrazione delle nuove tecnologie amplifica i benefici di questo approccio: il ricorso a immagini, ad esempio, si rivela particolarmente vantaggioso, in quanto le immagini risultano comprensibili per la maggior parte degli studenti. Come abbiamo visto, maggiore è la comprensibilità di un elemento didattico per diversi studenti, maggiore è la compatibilità con un approccio di didattica personalizzata.

"Più l'esempio è semplice, più lo possono capire tutti perché rientra nelle conoscenze comuni di tutti. [...] In questo ambito trova posto l'uso delle rappresentazioni e delle immagini che più sono semplici, più sono utili e sono più facilmente comprensibili della matematica."

*Prof. Matteo Luca Ruggiero,  
professore di divulgazione  
scientifica all'Università di  
Torino*

Gli organizzatori anticipati vengono utilizzati per dare struttura al pensiero degli studenti, fungendo da ponte concettuale tra le conoscenze già acquisite e i nuovi contenuti che stanno per apprendere, permettendo un flusso continuo e lineare di nozioni passate e future.

"Lo studente impara nozioni in modo più funzionale e meno dispersivo se si ha una concatenazione di concetti connessi"

*Prof. Matteo Luca Ruggiero,  
professore di divulgazione  
scientifica all'Università di  
Torino*

Questo approccio può costituire una solida base per l'integrazione con altri modelli didattici, come quello dell'indagine (IBL/IBSE), in cui, attraverso la sperimentazione pratica, la formulazione di domande e la risoluzione di problemi, i concetti introdotti possono essere assimilati in modo più profondo dagli studenti. In questo contesto, gli organizzatori anticipati possono assumere varie forme, come spiegazioni concettuali, problemi da risolvere e spunti di riflessione che verranno successivamente sviluppati durante il percorso IBL.

Questa modalità di presentazione degli argomenti si sposa bene anche con l'approccio dell'apprendimento contestualizzato: se gli organizzatori anticipati sono connessi il più possibile alla vita e alle esperienze dello studente singolo e possono quindi acquisire significato, risultano molto più efficaci. Inoltre collegarsi a conoscenze pregresse è proprio la base dell'idea dell'apprendimento contestualizzato, sottolineando quindi una forte connessione tra i 2 metodi.

Presentare un concetto in modo semplice, utilizzando immagini e altre scorciatoie grafiche, prima di approfondirlo, è un approccio che si allinea strettamente con i principi della divulgazione scientifica. Questo sottolinea come le tecniche e i metodi della divulgazione possano essere adattati e integrati, in forme specifiche, nell'ambito della didattica.

# Gamification

La gamification è un approccio innovativo all'apprendimento che consiste nell'applicare elementi tipici del gioco in contesti non ludici. Questo significa utilizzare dinamiche come punti, classifiche, sfide, premi e feedback immediato per aumentare la motivazione, l'impegno e il coinvolgimento degli studenti. L'obiettivo principale della gamification è rendere l'apprendimento più stimolante e piacevole, sfruttando la naturale propensione umana al gioco. Invece di cambiare il contenuto o l'attività di apprendimento in sé, la gamification introduce elementi di gioco per creare un ambiente di apprendimento più coinvolgente.

Gli ambiti tra cui si può inserire questo modello sono tantissimi e la didattica è uno di essi, anche se va fatto con le giuste accortezze e considerazioni.

Prima di tutto, è importante notare che i processi di gamification richiedono generalmente molto tempo per la progettazione e preparazione, oltre a una notevole praticità d'uso e formazione da parte degli insegnanti. Questi ultimi, infatti, sono il fulcro dell'esperienza: svolgono il ruolo di coordinatori che, da un lato, lasciano autonomia agli studenti, ma dall'altro devono evitare determinati problemi.

Tra questi, la possibile distrazione dall'apprendimento, quando l'attenzione degli studenti si sposta dall'acquisizione di conoscenze al desiderio di ottenere punti, e la difficoltà nella valutazione, poiché misurare creatività e pensiero critico nelle attività gamificate può risultare complesso.

Inoltre, a livello pratico, le esperienze didattiche gamificate efficaci e coinvolgenti sono ancora poche e presentano costi e difficoltà di implementazione, spesso legati alla rigidità del sistema scolastico attuale, soprattutto in Italia.

Non è sempre necessario adottare soluzioni elaborate: invece di utilizzare piattaforme complesse, si possono introdurre elementi di gioco in attività e lezioni già esistenti. Per esempio, si possono usare quiz a risposta multipla come "Kahoot!" (molto popolare in Italia) per ripassare i concetti chiave, assegnare punti per la partecipazione in classe o per il completamento dei compiti, creare sfide a squadre per stimolare la collaborazione e utilizzare badge digitali per riconoscere i progressi degli studenti. Questo approccio richiede uno sforzo minimo da parte del docente e consente di introdurre gradualmente gli studenti alla gamification.

Per rendere la strategia di gamification più efficace, si possono anche avviare piccoli "progetti pilota": giochi o attività di basso profilo mirati a specifici argomenti o passaggi dell'apprendimento, progettati con la partecipazione degli studenti, che possono fornire feedback sia durante la progettazione sia durante l'uso. In questo modo, si promuove una didattica personalizzata e un approccio alla gamification più adatto a ciascuna classe.

Il concetto di gamification è ampio e può essere declinato in vari modi, rendendolo compatibile completamente o parzialmente con modelli come l'IBL (Inquiry-Based Learning) e l'apprendimento contestualizzato. Quest'ultimo ad esempio si basa sull'idea di presentare concetti che siano rilevanti per la vita dello studente, rendendo l'apprendimento significativo e aiutando quindi su un fronte di criticità che hanno a che fare con il quesito "Cosa fare per migliorare la didattica?". In questa prospettiva, la gamification risponde a un'altra domanda: "Come fare meglio la didattica?", poiché agisce non sul contenuto, ma sul modo in cui il contenuto viene presentato e veicolato, adattandosi quindi a qualsiasi esempio o nozione presentata dal professore. Per lo stesso concetto, la gamification può essere anche compatibile con una presentazione più innovativa, coinvolgente ed efficace degli organizzatori anticipati, utilizzando elementi di gioco.

Nel contesto dell'IBL, tuttavia, la situazione è più complessa. Il modello in questione infatti implica non solo il "cosa" (i contenuti da apprendere), ma anche il "come agire" nell'apprendimento, e questa differenza può creare delle criticità in contrasto al "come agire" previsto dal concetto (per quanto ampio) della gamification: essa infatti richiede una progettazione attenta da parte dell'insegnante dell'esperienza gamificata e se viene inserita nel vivo del processo IBL, rischia di limitare l'autonomia degli studenti (elemento essenziale per una buona riuscita del modello), portando a un approccio più "guided" o "structured". Difatti, soprattutto in esempi più completi e invasivi di gamification, si impone un "percorso di gioco" definito, con variabili pianificate che non si allineano perfettamente alla flessibilità e autonomia promossa dall'IBL. Inoltre, la valutazione nelle attività gamificate tende a non considerare appieno la creatività, l'ingegno e il pensiero critico dello studente, che sono aspetti centrali nel modello IBL.

Tuttavia, non tutto della gamification va scartato in merito alla compatibilità con l'IBL. È stato infatti dimostrato che i modelli IBL più chiusi, soprattutto in Italia, sono spesso più efficaci, facilitando quindi l'integrazione della gamification in questi contesti.

Inoltre, per evitare di fossilizzare l'IBL in un paradigma troppo strutturato, è possibile adottare la gamification in modo parziale e in momenti specifici all'interno del percorso modello, rispondendo così alle esigenze di flessibilità e stimolando l'interazione e la riflessione critica degli studenti in determinati momenti dell'attività didattica. Questo può essere fatto in diversi modi:



**Stimolare curiosità e motivazione:** la gamification può risvegliare la curiosità degli studenti, incoraggiandoli a formulare domande di ricerca autonomamente. Si può introdurre un tema di indagine o la teoria necessaria per affrontarlo in modo coinvolgente, stimolando gli studenti a formulare ipotesi e a intraprendere la fase di ricerca con maggiore interesse.



**Strutturazione e organizzazione delle informazioni:** le piattaforme di gamification possono creare ambienti collaborativi in cui gli studenti condividono idee, si confrontano e costruiscono conoscenze insieme. Esse possono incoraggiare discussioni e cooperazione, promuovendo anche una sana competizione. Con la condivisione dei risultati durante e alla fine del progetto, la collaborazione diventa più efficace, consentendo agli studenti di presentare i propri risultati e di affezionarsi al percorso intrapreso, valorizzando i loro progressi.



**Transizione graduale verso nuovi contenuti:** la gamification può fornire agli studenti feedback immediato e personalizzato, aiutandoli a riconoscere le proprie difficoltà e a sviluppare strategie metacognitive di apprendimento. Giochi con feedback in tempo reale, attività di autovalutazione e strumenti di monitoraggio dei progressi possono supportare il percorso autonomo di apprendimento.

Un'integrazione efficace della gamification nell'IBL richiede un bilanciamento tra struttura e libertà, dove il docente guida gli studenti senza limitare la loro autonomia.

Le esperienze di gamification dovrebbero essere in linea con gli obiettivi di apprendimento, incoraggiando creatività, curiosità, collaborazione e autovalutazione.



*Attività di gamification  
appartenente al progetto  
"Collage" della Waag  
Futurelaab (2012)*

# Inclusività e disturbi dell'apprendimento

Nell'ottica di personalizzare la didattica bisogna comprendere che non tutti gli studenti sono uguali e di conseguenza alcuni fanno più fatica di altri o presentano proprio disturbi dell'apprendimento dichiarati. Tuttavia, le difficoltà non si limitano a questi aspetti: anche provenire da un altro paese, con una cultura diversa, può rappresentare un'esperienza destabilizzante per uno studente che si confronta per la prima volta con il sistema educativo italiano. È quindi essenziale considerare queste problematiche e adottare strategie per creare una didattica quanto più inclusiva possibile.

Le materie scientifiche in particolare presentano specifiche criticità per gli studenti con Disturbi Specifici dell'Apprendimento (DSA): acquisire e mantenere le conoscenze, così come dimostrare competenze, risulta particolarmente difficile per questi studenti, poiché le difficoltà nell'apprendimento verbale, combinate con una ridotta abilità di lettura, ostacolano l'apprendimento dei termini necessari per comprendere concetti scientifici non familiari. Ci sono quindi diversi modelli di insegnamento, linee guida generali e diversi supporti fisici per mitigare queste criticità e portare quindi avanti una didattica inclusiva.

L'approccio IBL (Inquiry-Based Learning), gli organizzatori anticipati e pratiche di gamification, nascono con l'obiettivo di rendere l'apprendimento più accessibile, rispondendo a varie sfide didattiche come il coinvolgimento degli studenti, la complessità dei concetti e la mancanza di interesse, risultano di conseguenza abbastanza compatibili con la maggior parte dei disturbi specifici dell'apprendimento (DSA), prendendo le dovute accortezze.

L'apprendimento basato sull'indagine (IBL) si rivela particolarmente vantaggioso per gli studenti con DSA, poiché si fonda su esplorazione e apprendimento pratico, riducendo la necessità di affidarsi esclusivamente alla lettura e alla scrittura, che spesso rappresentano una difficoltà per questi studenti.

L'IBL, attraverso l'esperienza diretta e il coinvolgimento attivo, rende i concetti scientifici più concreti e significativi, migliorando comprensione, memoria e motivazione e aiutando gli studenti con DSA a mantenere attenzione e interesse. Inoltre, questo metodo favorisce lo sviluppo del ragionamento induttivo, una strategia didattica efficace per gli studenti con DSA, che traggono beneficio anche dalle attività di gruppo previste.

Per un'applicazione efficace del metodo con questi studenti, è essenziale:

- ◆ Adattare le attività alle loro esigenze specifiche, collaborando con l'eventuale insegnante di sostegno.
- ◆ Rendere chiari, realistici e calibrati sulle capacità individuali gli obiettivi di insegnamento, offrendo agli studenti DSA un senso di realizzazione nel compierli e consolidando meglio i concetti appresi.
- ◆ Utilizzare strumenti come organizzatori grafici, mnemotecniche e strategie di comprensione della lettura nonostante l'IBL preveda un uso limitato dei libri di testo (che restano comunque una base solida nel panorama didattico attuale).
- ◆ Avvalersi di tecniche di scaffolding, scomponendo le attività complesse in passaggi più semplici, e modellando processi di pensiero induttivo, facilitando la comprensione e l'apprendimento.

Per una didattica personalizzata e inclusiva, è fondamentale riconoscere che ogni Disturbo Specifico dell'Apprendimento (DSA) è unico e richiede un'attenta analisi delle esigenze specifiche di ciascuno studente.

Tuttavia, esistono alcune linee guida generali che possono sempre essere utili per facilitare l'apprendimento e promuovere l'inclusione degli studenti con DSA:

- ✦ Utilizzare esempi chiari e semplici, strutturati in passaggi logicamente concatenati, per aiutare tutti a comprenderli facilmente, soprattutto quando si affrontano concetti complessi.
- ✦ Integrare la stimolazione sensoriale: l'impiego di stimoli tattili, profumi, suoni e immagini può favorire l'impegno degli studenti e aiutarli a sviluppare una maggiore comprensione del mondo.
- ✦ Sfruttare materiali visivi, che sono tra i supporti più semplici da creare e utilizzare: questi strumenti, come presentazioni, schemi, diagrammi o supporti mnemonici, sono funzionali a patto che siano studiati per risultare il più possibile funzionali e utili al processo di apprendimento.
- ✦ Fornire un feedback chiaro, specifico e tempestivo, che aiuti gli studenti con DSA a monitorare i loro progressi. Il feedback dovrebbe valorizzare i punti di forza dello studente attraverso rinforzi positivi e indicare le aree in cui è possibile migliorare.
- ✦ Favorire un ambiente di classe accogliente e inclusivo, che incoraggi tutti gli studenti a partecipare attivamente e a sentirsi a proprio agio.

Per quanto riguarda i supporti pratici, strumenti come schemi, immagini e supporti mnemonici, già menzionati, possono essere di grande aiuto. È importante formare gli studenti a creare questi schemi e materiali in autonomia, in modo che possano avere tutte le risorse necessarie in ogni momento e in modo da poter entrare eventualmente in linea con l'autonomia prevista dal modello IBL. Questo approccio di creazione autonoma e di cura del proprio materiale, valorizza il processo di apprendimento tramite lo schema e facilita l'organizzazione dei concetti.

La tecnologia assistiva, come software di sintesi vocale, screen reader e programmi di videoscrittura con correttore ortografico, può supportare gli studenti DSA nel superare difficoltà specifiche. Ad esempio, un software di sintesi vocale può leggere i testi ad alta voce, rendendo la lettura più accessibile agli studenti con dislessia. Infine, i materiali manipolativi, come blocchi da costruzione, puzzle e modelli, offrono agli studenti DSA un modo concreto e pratico di apprendere. La manipolazione di oggetti fisici li aiuta a visualizzare concetti astratti e a sviluppare una migliore comprensione spaziale.

In conclusione, le criticità derivanti dalla provenienza di studenti da paesi diversi o dall'appartenenza a culture differenti riguardano principalmente la scelta del modello pedagogico più adeguato, che il docente deve impegnarsi a applicare e mantenere. Da un punto di vista pratico, per promuovere l'inclusività, è fondamentale avvicinarsi alla realtà individuale di ciascuno studente, cercando di comprendere le sue esigenze specifiche. È importante prestare attenzione alle lingue utilizzate nel materiale didattico e nei compiti assegnati, nonché creare in classe un ambiente collaborativo, arricchito da attività di gruppo, in cui ciascuno si senta riconosciuto, rispettato e integrato con gli altri.

# AI, social media e TIC

Se finora sono stati affrontati i temi del “cosa” e del “come” nella didattica, questo paragrafo si concentra su “quali strumenti” possono essere utilizzati per migliorare l’insegnamento, adattandolo a diversi modelli, metodi e requisiti di inclusività. Le nuove tecnologie, in particolare, offrono un grande potenziale come strumenti di supporto per studenti e insegnanti, a condizione che vengano adottate con consapevolezza e attenzione alle esigenze specifiche.

Possiamo riassumere questi strumenti come TIC (Tecnologie dell’Informazione e della Comunicazione), che comprendono dispositivi e risorse tecnologiche impiegate per la comunicazione, l’elaborazione e la gestione delle informazioni. Esempi di TIC includono computer, software, reti internet, telefoni cellulari e altri dispositivi digitali.

Un caso interessante è l’utilizzo dell’intelligenza artificiale (IA), che, allo stato attuale, può offrire numerose applicazioni nel contesto educativo, a beneficio sia degli studenti sia dei docenti, come ad esempio:



**Creazione di schemi e mappe concettuali:** l’IA può analizzare testi complessi, estrapolare concetti chiave, relazioni e gerarchie, generando automaticamente schemi, mappe concettuali e diagrammi di flusso. Questo aiuta gli studenti a visualizzare le informazioni in modo strutturato e a comprenderne meglio le connessioni, mentre per i docenti, questi strumenti possono semplificare la preparazione di materiali didattici, come gli organizzatori anticipati o schemi grafici. Inoltre, possono rappresentare un valido supporto per studenti con DSA, consentendo loro di accedere autonomamente a risorse utili.



**Chiarimento di concetti da prospettive diverse:** l’IA può adattare le spiegazioni di un concetto al livello di comprensione dello studente, utilizzando esempi concreti, analogie e approcci personalizzati. Ciò consente di esplorare un argomento da molteplici angolazioni, facilitando l’apprendimento e il superamento di eventuali difficoltà, mentre per i docenti, l’IA può diventare anche qui una potenziale fonte d’ispirazione, suggerendo esempi semplici e contestualizzati che migliorano l’accessibilità e l’efficacia delle lezioni.



**Supporto nei compiti a casa:** L’IA può generare problemi pratici e personalizzati, offrire spiegazioni mirate e rispondere in tempo reale alle domande degli studenti tramite chatbot. Inoltre, può analizzare i compiti svolti, fornendo feedback dettagliati che aiutano a migliorare abilità come la scrittura, la comprensione e la risoluzione dei problemi.

Per quanto riguarda i social media, il loro utilizzo nella didattica richiede un’analisi più articolata. Sebbene siano stati già esaminati in relazione alla divulgazione scientifica, il loro impiego in ambito educativo presenta differenze significative e sfide che rendono complessa l’integrazione delle loro funzioni principali.

Tuttavia, i social possono comunque rappresentare strumenti utili da altre prospettive, specialmente considerando che fanno parte integrante della quotidianità della generazione Z. Grazie al loro potenziale di intrattenimento e condivisione, possono essere sfruttati per arricchire la didattica e favorire la partecipazione degli studenti. Alcuni possibili approcci vengono descritti nella pagina seguente

## Creazione di account "di classe"

Questi account potrebbero essere gestiti collettivamente dagli studenti, suddividendo i compiti tra ad esempio gestione, filmaggio, montaggio, recitazione e volendo voice-over. Attraverso la pubblicazione di esperimenti scientifici o materiali didattici autoprodotti, si valorizzerebbe il contenuto creato dagli studenti, stimolando la connessione con la comunità scientifica online e con altre classi. Questo approccio favorisce coesione, collaborazione, interesse e inclusività, rendendo la didattica più dinamica e partecipativa.

## Uso delle piattaforme da parte dei docenti

I professori potrebbero condividere o ripubblicare video didattici, sia pubblici che privati, per catturare l'attenzione degli studenti con contenuti visivi semplici e accattivanti. In questo modo, gli studenti potrebbero avere del materiale didattico fruibile in modo diverso e percepito come più vicino a loro, con anche la possibilità di scoprire account di divulgatori scientifici, che potrebbero diventare figure di riferimento e stimolare ulteriormente la curiosità verso il mondo della scienza.

## Creazione di aule studio virtuali

Discord può essere utilizzato per creare spazi di studio virtuali dove gli studenti possono collaborare, svolgere i compiti insieme e supportarsi reciprocamente. Queste aule studio potrebbero anche essere integrate nel metodo IBL (Inquiry-Based Learning), permettendo agli studenti di continuare riflessioni iniziate in classe e condurre osservazioni e deduzioni in un ambiente collaborativo.

## Gruppi di condivisione

I docenti potrebbero creare gruppi dedicati per condividere materiali aggiuntivi, brevi approfondimenti o segnalazioni di account scientifici interessanti. Questo tipo di interazione digitale favorisce un maggiore coinvolgimento degli studenti, arricchendo il loro bagaglio di conoscenze e incentivandoli a esplorare argomenti di loro interesse anche al di fuori dell'aula.

L'implementazione dei social media in un ambiente didattico presenta però al contempo alcune criticità che richiedono attenzione su diversi fronti. Innanzitutto, è fondamentale che gli insegnanti siano profondamente coinvolti nell'uso di queste TIC e consapevoli dei relativi vantaggi e limiti, essendo molto chiari nel comunicare gli obiettivi educativi legati all'utilizzo dei social media.

Un aspetto cruciale riguarda la protezione della privacy degli studenti, che richiede un alto livello di attenzione e accortezze specifiche per ciascun social e per l'uso che se ne intende fare: è essenziale infatti garantire che nessuno studente venga penalizzato dall'uso di queste piattaforme, informandoli sui dati sensibili che condividono in rete, i quali potrebbero essere visibili non solo agli insegnanti e ai compagni di classe, ma anche al pubblico esterno.

I social media, inoltre, non nascono come strumenti didattici, ma come piattaforme commerciali e di conseguenza, bisogna prestare attenzione a come questi veicolano pubblicità, interessi economici e contenuti progettati per catturare l'attenzione.

Per contrastare queste dinamiche, gli educatori dovrebbero concentrarsi sulla tutela dell'attenzione degli studenti, selezionando con cura le piattaforme da utilizzare e regolando il tempo da dedicare ad esse.

È infine importante evitare la sovrapposizione tra interessi didattici e personali, che potrebbe portare gli studenti a distrarsi, dedicando più attenzione ai meccanismi dei social che all'attività didattica in corso. Per prevenire ciò, si possono adottare alcune strategie:



Favorire un dialogo aperto con gli studenti sull'uso dei social media, informandoli sul perché, sul come e sul quando verranno utilizzati



Essere trasparenti sugli obiettivi educativi legati all'utilizzo di queste piattaforme.



Definire insieme agli studenti aspettative chiare sull'uso dei social media nell'ambito scolastico.

# Comunicare la fisica complessa

## Introduzione

Perchè parlarne?  
Il ruolo della matematica e dei grafici  
Il panorama Italiano

## La fisica nella divulgazione - casi studio

Come valutare i casi studio  
Documentari e talks  
Web e social  
Libri e riviste  
Altre esperienze

## La fisica nella didattica - analisi dei supporti

Le criticità dei libri - il caso della 5<sup>B</sup>  
Tre casi studio  
Una critica costruttiva: la fruizione dei libri

## Come comunicare la fisica complessa?

# Introduzione

In questo capitolo verrà trattato il tema della fisica, con un focus particolare sulla cosiddetta fisica "moderna" o "complessa". In questo ambito rientrano argomenti quali la relatività generale e ristretta di Einstein, oltre ai principi fondamentali della fisica e della meccanica quantistica, temi che il professor Balaudo insegna agli studenti dell'ultimo anno del liceo scientifico nel corso di fisica.

Questa branca della fisica è stata inserita in modo significativo nei programmi scolastici di molti licei con la riforma Gelmini del 2010. Si tratta, dunque, di una materia relativamente recente, che porta con sé una serie di criticità sia in termini di approfondimento didattico, sia di comprensione intrinseca della disciplina. Considerando queste criticità e il mio personale interesse per la materia, nato proprio durante il corso di fisica degli ultimi anni di liceo con il professor Balaudo, ho deciso di impegnarmi nel tentativo di supportarlo in questo ambito didattico.

Si tratta di un ambito indubbiamente affascinante e stimolante da esplorare, che rappresenta i nuovi orizzonti della fisica e le più recenti e significative scoperte dell'umanità nel tentativo di comprendere la natura e spiegare l'estetica del mondo che ci circonda.

Emerge quindi un quesito centrale, ancora poco esplorato, che rappresenta il fulcro di questa tesi: come affrontare la rappresentazione e la presentazione di fenomeni che, diversamente da molti altri studiati nei corsi di fisica, non sono direttamente osservabili né fotografabili, e di cui nessuno può avere esperienza diretta? Tali fenomeni richiedono interpretazioni visive e strategie di esposizione verbale che, pur essendo pratiche e funzionali, non riflettono mai pienamente la realtà dei fenomeni stessi. Ciò apre la strada a una riflessione metodologica: qual è il modo migliore per progettare e utilizzare rappresentazioni visive ed espositive nel contesto didattico? Quali strategie risultano più efficaci sia nella loro creazione, sia nel loro utilizzo e nella loro fruizione, per facilitare l'apprendimento?

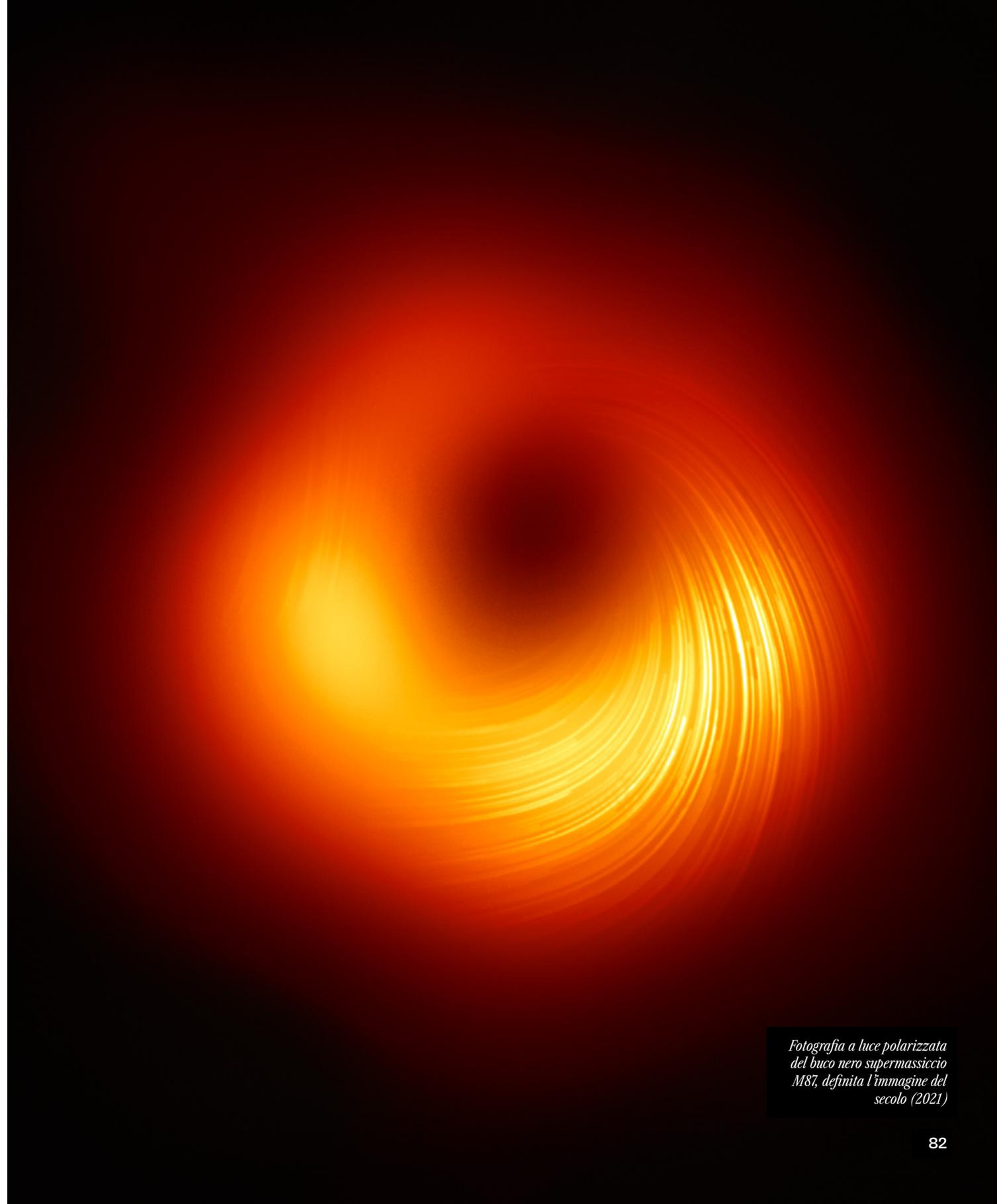
## Perché parlarne?

A parte la mia passione personale verso la materia, la fisica è una disciplina che soddisfa un'esigenza antica quanto l'umanità stessa: comprendere e descrivere il mondo che ci circonda. Questa esplorazione nasce dalla nostra innata curiosità di scoprire come funziona l'universo ed è la base su cui si fondano molte altre discipline. Attraverso queste conoscenze, ogni giorno miglioriamo sia le nostre vite individuali, sia il patrimonio collettivo di conoscenze e competenze dell'umanità, avanzando nella scienza e nello sviluppo di nuove tecnologie. Gli aspetti più complessi della fisica, come la relatività e la meccanica quantistica, vengono talvolta percepiti come astratti o privi di applicazioni pratiche, quando in realtà non è così, ed è per questo che è fondamentale sottolineare alcuni punti chiave per valorizzarne l'importanza. In primo luogo, l'avanzamento tecnologico moderno non è sempre guidato esclusivamente da necessità pratiche o immediate: se consideriamo, ad esempio, il modello a piramide dei bisogni di Maslow, aggiornato nel 1968, possiamo osservare come, nelle società avanzate, gran parte dei bisogni primari siano generalmente soddisfatti. Questo favorisce una maggiore attenzione verso bisogni superiori, come quelli cognitivi ed estetici, che stimolano la passione e la curiosità di molti scienziati, costituendo quindi motivazioni valide per giustificare l'interesse e l'impegno rivolti a questi argomenti.

Bisogna anche smentire l'idealizzazione puramente teorica di questi argomenti, difatti questa branca della fisica può diventare il punto di partenza per sviluppi pratici di grande impatto. Per esempio, il GPS, indispensabile nella vita quotidiana, non funzionerebbe senza tenere conto delle correzioni derivanti dalla teoria della relatività, evitando errori di diversi chilometri o allo stesso modo, internet, che si basa sulle fibre ottiche, sfrutta principi legati alla meccanica quantistica. La comprensione di questi concetti favorisce riflessioni che superano gli schemi tradizionali, rivelandosi utile anche a livello interdisciplinare. Essi permettono di stabilire connessioni e offrire spiegazioni in ambiti diversi, come l'informatica, la biologia e persino la filosofia e la psicologia.

La rilevanza pratica di questi argomenti costituisce una base solida per sostenere la loro inclusione nei programmi scolastici. Con il costante aumento del tasso di crescita delle tecnologie che si basano su principi derivati da questi concetti, fornire agli studenti le basi per comprendere il loro funzionamento diventa sempre più significativo per la loro formazione. Inoltre, considerando il bisogno cognitivo e l'esigenza estetica di descrivere l'universo, già menzionati in precedenza, questi argomenti risultano particolarmente rilevanti. Offrono agli studenti l'opportunità di soddisfare queste necessità, affrontando tematiche che ampliano la loro consapevolezza e comprensione del mondo e della realtà che li circonda. Mentre concetti come i circuiti elettrici, i fluidi o il moto rettilineo ad esempio possono apparire meno immediatamente connessi alla loro esperienza personale, argomenti moderni e complessi come la relatività o la meccanica quantistica rispondono meglio alle loro curiosità cognitive ed estetiche, fornendo una comprensione più profonda del funzionamento dell'universo.

Oltre a questi aspetti, introdurre tali argomenti nei programmi scolastici può preparare gli studenti a futuri studi in fisica o in campi correlati. Sebbene ciò che viene insegnato a scuola rappresenti solo un'introduzione, familiarizzare con i fondamenti può stimolare l'interesse degli studenti e prepararli a un'esplorazione più approfondita nel contesto universitario.



*Fotografia a luce polarizzata  
del buco nero supermassiccio  
M87, definita l'immagine del  
secolo (2021)*

# Il ruolo della matematica e dei grafici

Compresi i lati positivi dell'affrontare questi argomenti a scuola, è necessario anche parlare di un criticità importante: questi concetti, pur fondamentali, si portano dietro un bagaglio di idee e nozioni complesse, sorrette da una matematica altrettanto articolata. Tale matematica è indispensabile per comprendere appieno il significato e la portata di questi argomenti, garantendo informazioni allineate con lo stato dell'arte scientifico attuale.

"Il professore può far leva sui scenari, immagini ed esempi semplici per spiegare concetti che di base si portano dietro una matematica non compatibile con una scuola secondaria."

Da questa prospettiva si può dedurre che sebbene la matematica debba essere presente, può essere proposta in forme meno complesse, accompagnata da strumenti didattici alternativi più adatti al livello e alle esigenze del target di riferimento.

Un esempio significativo di rappresentazione semplificata della matematica che merita attenzione sta nell'uso dei grafici. I grafici, grazie alle loro proprietà visuo-spaziali, sono in grado di comunicare informazioni in modo più efficace rispetto al testo, richiedendo meno elaborazione cognitiva. Essi consentono di visualizzare correlazioni matematiche rappresentando fenomeni fisici complessi su piani anche molto semplici (come quello cartesiano, il più semplice e utilizzato).

*Prof. Matteo Luca Ruggiero,  
professore di divulgazione  
scientifica all'Università di  
Torino*

Nella didattica scientifica moderna, i grafici sono ampiamente utilizzati per la loro capacità di trasformare concetti astratti in rappresentazioni visive concrete, offrendo un riscontro più intuitivo rispetto ai numeri isolati. In ambiti didattici più avanzati, come nell'insegnamento della fisica complessa, trovano una grande applicazione data la natura sfuggente e non esperienziale degli argomenti che vengono affrontati. La loro universalità e riconoscibilità li rendono un mezzo indispensabile per spiegare concetti difficili, rappresentando quindi una risorsa di grande valore. Tuttavia, è importante considerare un aspetto cruciale, come sottolineato dal prof. Roberto Balardo:

"Il linguaggio matematico grafico diventa una risorsa solo nel momento in cui uno studente connette il grafico alla matematica dietro."

*Prof. Roberto Balardo,  
collaboratore del progetto*

L'utilizzo dei grafici richiede sempre particolare attenzione, poiché per essere davvero efficaci devono essere contestualizzati e spiegati in modo appropriato.

Questo implica che, nel presentarli a uno studente, alcune condizioni fondamentali debbano essere rispettate:

- ✦ Un grafico non può comunicare efficacemente da solo quando viene utilizzato per apprendere una nuova nozione. Deve essere affiancato da una spiegazione chiara delle relazioni e dei concetti che rappresenta, illustrando ciò che si intende mostrare. Diverso è il caso in cui lo studente abbia già familiarità con le nozioni sottostanti, rendendo il grafico uno strumento immediato per identificare un problema, comprendere una situazione o elaborare una soluzione, sia teorica che pratica.
- ✦ Il grafico deve essere inserito all'interno di un contesto chiaro, spiegandone l'origine, lo scopo e i contenuti. È fondamentale rendere esplicito il motivo per cui il grafico è stato costruito e quali relazioni intende evidenziare.
- ✦ Lo studente deve essere in grado di interpretare correttamente le variabili del grafico, comprendendone il significato. Inoltre, è importante che riesca a collegare le variazioni di una variabile a concetti o eventi concreti e significativi.
- ✦ È necessario che lo studente conosca le regole e il linguaggio specifico del tipo di grafico utilizzato, acquisendo le competenze necessarie per applicare tali regole in modo autonomo.

Non bisogna però concludere che i grafici siano praticamente inutilizzabili solo perché richiedono queste condizioni. Al contrario, rappresentano strumenti di grande efficacia didattica. Un esempio emblematico è costituito dai diagrammi di Minkowski, che si basano su un grafico elementare e intuitivo, con lo spazio rappresentato sull'asse delle x e il tempo sull'asse delle y, una struttura comprensibile a qualsiasi studente. Nonostante la loro semplicità, questi diagrammi consentono di introdurre e spiegare concetti complessi, come i coni di luce o il principio di causa-effetto, senza che lo studente debba possedere una conoscenza pregressa di tali nozioni avanzate.

Dopo aver constatato che i grafici sono utili per la comprensione generale di concetti matematici complessi e, ancor più, essenziali per spiegare la fisica avanzata (soprattutto al liceo, dove è necessario distanziarsi dalla matematica pura) è fondamentale valutare quanto questi grafici possano essere immediatamente utili, ovvero quanto siano accessibili.

Poiché i grafici possono presentare delle complicazioni variabili in severità, deduciamo che l'accessibilità di un grafico dipende principalmente dal tipo di grafico e dalle sue declinazioni.

"Intervenire sui grafici per renderli più chiari con tecniche di comunicazione, potrebbe facilitare il loro messaggio e la loro connessione con la matematica.."

*Prof. Roberto Balaudo,  
collaboratore del progetto*

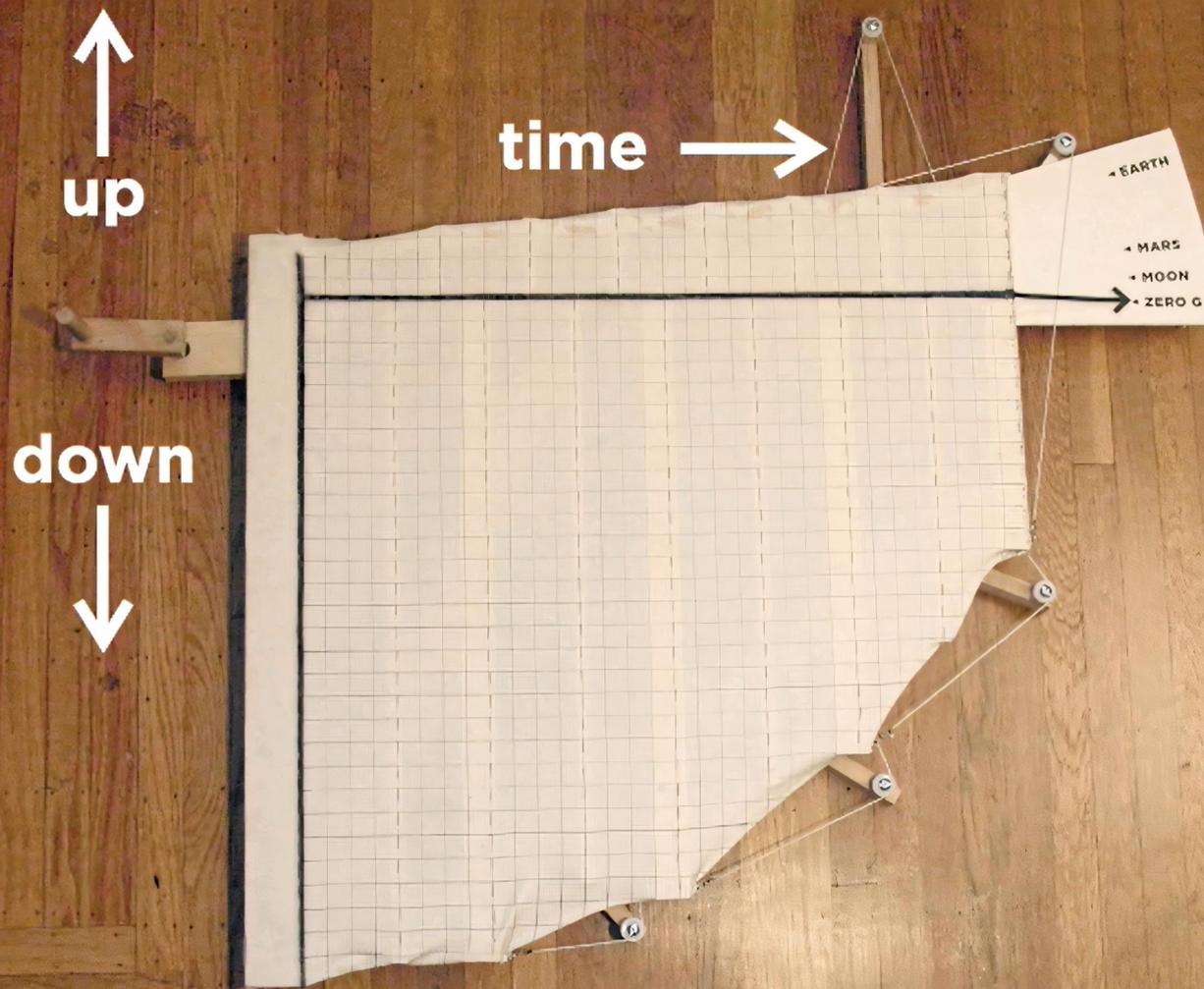
Considerato in questa prospettiva e riconosciuti i limiti del suo contributo, il grafico, inteso come è stato finora, può rappresentare un buon punto di partenza per collegare la matematica alla rappresentazione visiva di fenomeni complessi. Tuttavia, presenta delle limitazioni significative: essendo principalmente uno strumento per visualizzare relazioni matematiche, diventa inadeguato quando si tratta di rappresentare concetti complessi che non si basano sulla correlazione tra variabili.

Ad esempio, i grafici di Minkowski sono molto semplici e facilmente comprensibili, mentre quelli relativi al campo elettromagnetico sono comunque complessi e richiedono numerose conoscenze pregresse.

Un elemento che invece può aumentare l'accessibilità di qualsiasi grafico o diagramma è la loro rappresentazione grafica e visiva. Se adeguatamente progettati, i grafici possono offrire più punti di comprensione, ad esempio attraverso l'uso mirato dei colori, la rappresentazione simultanea di numerosi fenomeni o l'integrazione di informazioni aggiuntive come la velocità di completamento del grafico. In questo modo, diventano una risorsa molto più valida, poiché richiedono meno conoscenze essenziali per essere compresi. Un esempio particolarmente efficace di trattamento grafico è l'animazione. Animare un grafico può facilitare la traduzione di concetti complessi, come l'andamento di una variabile, la scelta di una determinata di esse o le conseguenze di una specifica rappresentazione. L'animazione rende i grafici più dinamici e intuitivi, permettendo allo spettatore di seguire meglio i cambiamenti e le interazioni all'interno dei dati presentati.

Questo può risultare particolarmente problematico nei contesti liceali, dove alcuni fenomeni richiedono approcci espositivi differenti per essere compresi appieno.

Per superare queste carenze, è fondamentale integrare i grafici con altri strumenti comunicativi e tecniche di divulgazione. L'utilizzo di immagini in modalità diverse, in sinergia con approcci complementari, consente di ampliare la comprensione e di rendere l'apprendimento più completo ed efficace



*Lo "Spacetime Stretcher"  
un grafico analogico  
innovativo per spiegare il  
funzionamento della gravità  
di Karl H. Coryat (aka.  
EdwardCurrent su YouTube)*

# La fisica nella divulgazione

## - Casi studio

Diventa quindi necessario analizzare come, nell'ambito della divulgazione scientifica, lo scienziato o il divulgatore si impegni a comunicare con i cittadini attraverso diversi touchpoint, tecniche e utilizzi dell'immagine e dello storytelling. Nei capitoli precedenti si è giunti alla conclusione che l'obiettivo dello scienziato non è semplicemente fornire informazioni da assorbire passivamente, ma coinvolgere attivamente il pubblico nel processo scientifico, favorendo una comprensione profonda e consapevole delle nozioni trasmesse.

Questo approccio, delineato nel capitolo dedicato alla divulgazione, si rivela compatibile con l'obiettivo dei docenti: comunicare in modo efficace con il proprio pubblico, ovvero gli studenti, rendendo le spiegazioni coinvolgenti e i concetti significativi (come illustrato nel capitolo sulla didattica). Di conseguenza, constatato che i docenti delle scuole superiori possono prendere spunto ed ispirazione dal mondo e dalle tecniche divulgative, l'analisi del trattamento dell'immagine e dello storytelling di vari casi studio appartenenti alla divulgazione, permetterà di avanzare nuove teorie su come migliorarne l'impiego nell'insegnamento.

## Come valutare i casi studio

Per valutare i casi studio è fondamentale comprendere, per ciascuno di essi, il contesto di applicazione, il metodo con cui viene proposto e, soprattutto, il target di riferimento e i suoi obiettivi all'interno del contesto. Questi elementi sono essenziali per dare senso alle eventuali critiche e ai giudizi espressi durante la fase di analisi e valutazione.

I contenuti oggetto di valutazione saranno suddivisi in quattro categorie principali:

- Documentari e talks
- Contenuti web e social media
- Libri divulgativi e riviste
- Altre esperienze

La valutazione si baserà prevalentemente sulle linee guida per una divulgazione efficace, illustrate nel capitolo dedicato alla divulgazione. Tuttavia, verrà dato maggiore rilievo agli aspetti comunicativi, mettendo in secondo piano quelli pratici e strategici: questo perché i casi studio analizzati includono spesso esempi isolati, come un singolo documentario o un video sui social media, che non consentono di valutare una strategia divulgativa complessiva. Tali contenuti, infatti, nascono e si esauriscono nell'arco della loro fruizione, con un obiettivo circoscritto che viene (o non viene) raggiunto nel tempo utile del singolo contenuto. Non facendo parte di un contesto più ampio (a meno che l'analisi non riguardi interi canali, serie di documentari o progetti simili), alcuni punti delle linee guida, come la necessità di essere presenti su più touchpoint o di adottare strategie articolate, potrebbero non essere applicabili o rilevanti.

Verrà data priorità a criteri che, in misura maggiore o minore, possono essere applicati a tutti i casi studio, come:

Accessibilità  
Storytelling  
Utilizzo delle immagini

Per ogni caso studio, sarà assegnato un punteggio da 1 a 10 per ciascuno di questi criteri.

Questi elementi saranno fondamentali nella costruzione del progetto e offriranno spunti interessanti, sia positivi da valorizzare, sia negativi da evitare. Altri aspetti delle linee guida, come la capacità di comunicare passione e coinvolgere i sensi dello spettatore, sono anch'essi cruciali: fungeranno infatti da parametri qualitativi per valutare l'efficacia dello storytelling, delle immagini e dell'accessibilità del contenuto divulgativo. Questi elementi saranno comunque tutti discussi in dettaglio per ogni caso studio, insieme ad altri fattori chiave, come la capacità del contenuto di risultare vicino al pubblico e permettere un'identificazione con esso, l'importanza di raccontare il background della scienza e degli scienziati e la narrazione degli scienziati come persone, con emozioni e umanità. Infine, per ogni caso studio, oltre al voto, saranno descritti sia gli aspetti positivi, considerati come potenziali elementi da integrare nel progetto, sia quelli negativi, da evitare.

# Documentari e talks

Buchi neri, ai limiti della conoscenza \ Documentario, Netflix \ 2020  
The other end of a black hole - with James Beacham \ video del canale YouTube  
"The Royal Institution" \ 2023  
L'illusione del tempo \ Documentario, National Geographic, Brian Greene \ 2011  
Einstein's big idea \ Documentario, NOVA documentary \ 2005

## Buchi neri, ai limiti della conoscenza

Documentario  
Netflix  
2020

Accessibilità: **6/10**  
Storytelling: **7/10**  
Immagini: **8/10**

### Cose da tenere

Creare un contesto empatico e coinvolgente attraverso la narrazione

Presentare lo scienziato come umano in un contesto emotivo e non asettico e freddo

Buon connubio tra virtuosismo estetico che genera stupore e rappresentazioni più semplici e funzionali

Questo documentario esplora vari aspetti legati ai buchi neri, concentrandosi in particolare sulla storia della prima vera "fotografia" di un buco nero e sul paradosso della perdita di informazione associato a questi oggetti cosmici. Diretto da Peter Galison, il film vede la partecipazione di veri scienziati che hanno contribuito agli studi presentati, tra cui il celebre Stephen Hawking. La narrazione tocca anche temi personali e profondi, come la morte di Hawking, avvenuta proprio durante il periodo in cui erano in corso le ricerche discusse nel documentario.

Il documentario si pone l'obiettivo di raccontare i processi che hanno portato alla prima immagine di un buco nero e di illustrare i progressi teorici relativi al paradosso della perdita di informazione. Tuttavia, il focus principale non è educativo o formativo, ma narrativo: si presenta come una storia avvincente, quasi cinematografica, che utilizza la scienza per trasmettere emozioni e coinvolgere lo spettatore attraverso uno storytelling ricco e teatrale. Il problema centrale viene introdotto con grande enfasi all'inizio, creando una tensione che si risolve progressivamente, proprio come in un film. In questo contesto, gli scienziati non sono solo figure astratte, ma vengono profondamente umanizzati e posti al centro del racconto. Li vediamo ragionare, affrontare sfide intellettuali e collaborare per risolvere problematiche complesse, mostrando la passione, la fatica e le emozioni che caratterizzano il loro lavoro. Questa umanizzazione raggiunge il culmine con il toccante racconto della morte di Stephen Hawking, in cui i colleghi condividono riflessioni personali e si aprono emotivamente con il pubblico. Questo momento crea un forte legame empatico tra lo spettatore e i protagonisti, rendendo le questioni scientifiche ancora più coinvolgenti.

Lo storytelling, insieme all'uso delle immagini e delle sceneggiature tipiche del documentario, richiama appunto l'esperienza di un film classico. Questo approccio rende il contenuto più accessibile e facilmente fruibile da un ampio pubblico, grazie anche alla struttura narrativa lineare, composta da scene logicamente collegate tra loro, che facilita il seguire il filo degli eventi. Tuttavia, permangono alcuni elementi tipici del documentario tradizionale, spesso percepito come "noioso". Ad esempio, ci sono riprese in cui gli scienziati appaiono su uno sfondo nero, parlano in modo statico e adottano un tono asettico. Anche le musiche seguono questo andamento: in alcuni momenti contribuiscono a un'immersione coinvolgente, valorizzando i silenzi e fungendo da cornice per animazioni o scene di tensione; in altri, invece, risultano piatte e poco efficaci. Quando suoni, argomenti, tono di voce e inquadrature non si amalgamano correttamente, il documentario può risultare pesante, inconcludente e a tratti ripetitivo.

Al contrario, l'aspetto cinematografico si manifesta attraverso dialoghi e riprese semplici, che pur non aggiungendo molto agli obiettivi del documentario, servono a creare un contesto empatico e immediato, capace di connettersi emotivamente con lo spettatore.

Il documentario è accompagnato da una voce narrante che presenta gli obiettivi e i temi in modo epico, costruendo una narrazione che culmina simbolicamente nel dato chiave dei 12 Joule (minuto 1:15:10), perseguito dagli scienziati durante l'intera trama, come se fosse un thriller dove si cerca l'assassino.

L'obiettivo principale del documentario, tuttavia, come visto prima, non è spiegare concetti scientifici, bensì raccontare una storia emotiva di ricerca, sacrificio e passione. Per questo motivo, la narrazione non si focalizza su esempi didattici o esplicativi, poiché spesso "non c'è nulla da spiegare": la trama si mantiene a un livello più semplice ed emozionale, evitando di approfondire dettagli tecnici. Quando però è necessario fornire un contesto o una spiegazione, vengono introdotti esempi semplici e chiari, come quello al minuto 5:24, che riescono a rendere più accessibili alcuni passaggi fondamentali senza appesantire il flusso narrativo.

L'apparato visivo è senza dubbio uno dei punti di forza del documentario. Abbiamo detto che ricorda un film, e anche le immagini mantengono una qualità cinematografica evidente. L'uso diversificato delle immagini contribuisce a creare un'esperienza coinvolgente, almeno dal punto di vista visivo. Si passa da semplici grafiche esplicative, come visualizzazioni delle distanze, a rappresentazioni artistiche ed evocative, fino a grafici e simulazioni più tecniche, che risultano ben contestualizzate e stimolano la curiosità. L'estetica dei contenuti e il virtuosismo espositivo tipico del cinema vengono valorizzati, suscitando stupore e coinvolgimento. Il risultato è un equilibrio efficace tra utilità e bellezza visiva, anche se a volte alcuni grafici sembrano inseriti più per il loro valore estetico che per una reale funzione esplicativa, mancando di una spiegazione approfondita. Inoltre, sono presenti piccole animazioni che aiutano a comprendere meglio alcuni concetti scientifici scoperti o osservati, aggiungendo ulteriore chiarezza e dinamismo alla narrazione.

### Cose da evitare

Evitare i toni noiosi, ripetitivi e neutri classici del documentario che il target associa a noioso.

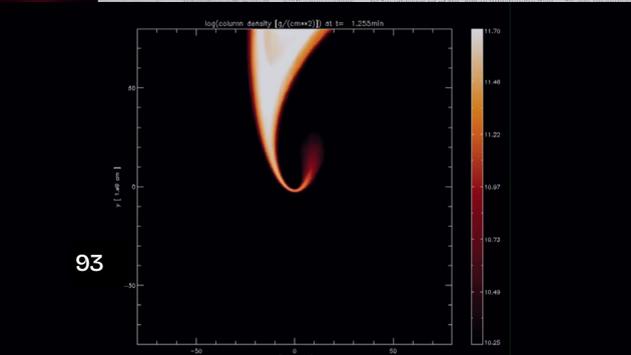
SAGITTARIUS A\*

SOLAR SYSTEM TO SAGITTARIUS A\*  
25 600 LIGHT YEARS

SOLAR SYSTEM



Screenshot vari del documentario "Buchi neri, ai limiti della conoscenza"



## The other end of a black hole - with James Beacham

Video del canale  
YouTube  
"The Royal Institution"  
2023

Accessibilità: **6/10**  
Storytelling: **8/10**  
Immagini: **5/10**

### Cose da tenere

L'enfasi nel fare storytelling e l'emotività nelle spiegazioni, usare una narrazione umana e non pesante, imbarcare chi ascolta in un viaggio

Scelta di semplici riflessioni ma di grande impatto perché connesse alla vita di tutti

Utilizzo di insight significativi per il target

Creare empatia con chi ascolta, comprendere e giustificare il suo disagio

La conferenza con James Beacham, filmata e pubblicata sul canale YouTube The Royal Institution, affronta l'esistenza dei buchi neri, dipingendo un ipotetico scenario su cosa potrebbe accadere se vi cadiamo dentro. Il talk, della durata di un'ora, sviluppa gradualmente i concetti necessari per comprendere il messaggio finale, che si collega a tematiche sociali come la pandemia, il cambiamento climatico e il rapporto con il nostro pianeta, con l'obiettivo di trasmettere un messaggio significativo alle future generazioni.

Lo storytelling è la chiave del successo di questo talk: Beacham è presente, entusiasta e racconta tutto come se fosse una storia fantasy, con furore e umanità, riservandosi tutta l'attenzione del gruppo. A volte inciampa, a volte sbaglia e si corregge, facendo proprio vedere che è umano come tutti gli ascoltatori, comunicando calore e vicinanza. Durante tutta la conferenza viene enfatizzato il suo amore per la materia, per la teoria, ma anche la connessione pratica con l'ambito e i risvolti pratici di quello che lui sta dicendo, che piano piano ci si accorge riguardare tutti gli esseri umani.

Ogni concetto spiegato viene accompagnato da esempi e viene esposto senza matematica, o per lo meno con formule davvero essenziali non necessarie al vero ricevimento del messaggio. James racconta una storia con l'obiettivo di arrivare ad un punto che però non arriva mai: ci si avvicina ad una visione delle cose rivoluzionaria ma non ci viene data prova concreta e risolutiva dei fatti e questo stimola moltissimo la curiosità e il coinvolgimento degli spettatori.

Beacham fa molti esempi comprensibili e utili alla sua teoria, anche se raramente connette i concetti con la vita delle persone di tutti i giorni, rendendo il talk profondamente intrattenente per chi già mastica concetti di fisica e chi ha la passione e la conoscenza necessaria a farsi sorprendere da quello che dice.

Tende a non giustificare una scoperta a fondo e non racconta con interesse il background delle teorie che scopre, solo a volte si dilunga in piccoli momenti dedicati al dietro le quinte o a insight inerenti che possono essere interessanti. In alcuni momenti, come alla rivelazione del minuto 25:00, l'intervento risulta particolarmente impattante: nonostante la complessità dell'argomento, resa accessibile grazie a una chiara introduzione che non dà nulla per scontato, le sue parole colpiscono profondamente. È impressionante perché ci spinge a riflettere su una questione che riguarda tutti noi: "viviamo dentro un buco nero?" Questa domanda, se posta con le giuste premesse e una spiegazione chiara su cosa sia un buco nero e come funzioni, è in grado di scuotere chiunque, soprattutto per la risposta teorica che ne deriva.

Lui riesce a coinvolgere il pubblico ammettendo l'apparente absurdità della rivelazione, inserendo persino una breve scenetta in cui finge di aver sbagliato i calcoli. Questo momento di autocritica ironica crea empatia e permette agli spettatori di condividere il suo disorientamento. Inoltre, racconta come, per lui, i buchi neri siano sempre stati quelle enormi entità oscure che risucchiano le stelle, proprio come li vediamo nei film, facendo un riferimento diretto alla percezione comune che rafforza la connessione con il pubblico.

Tutto sommato, lo storytelling della conferenza si mantiene efficace e ricco di similitudini che permettono al pubblico di immedesimarsi (anche se, come già detto, non sempre si collega direttamente alla realtà quotidiana degli ascoltatori). Un esempio significativo è quando invita il pubblico a immaginarsi "a bordo di una navicella diretta verso un buco nero", spiegando in modo semplice e comprensibile cosa accadrebbe in una simile situazione, rendendo la narrazione coinvolgente e consentendo agli ascoltatori di sentirsi parte di quel viaggio immaginario. Nel raccontare ciò, al minuto 48:20, descrive uno scenario divertente e "realistico" nei toni (pur essendo ambientato nello spazio, a anni luce dalla Terra) estremamente funzionale nel catturare l'attenzione del pubblico e nel coinvolgerlo emotivamente.

L'uso delle immagini è funzionale al discorso, con piccole animazioni, immagini e video che seguono e supportano visivamente l'esposizione di James, offrendo un complemento utile soprattutto per chi ha meno familiarità con l'argomento.

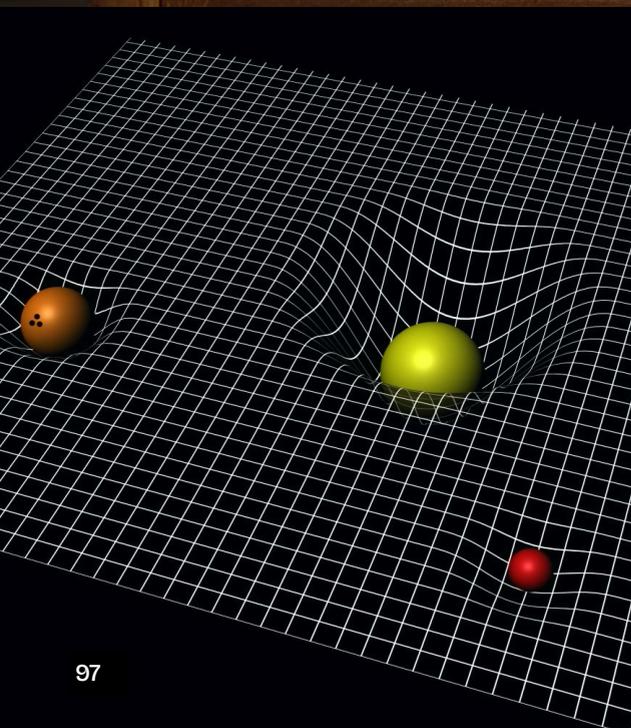
Le animazioni, apparentemente realizzate dallo stesso James, riflettono però i suoi limiti nel campo della grafica: dal punto di vista estetico ed espressivo risultano carenti. Come esercizio di visualizzazione potrebbero dunque essere notevolmente migliorate, tuttavia, è interessante il modo in cui utilizza video già esistenti, come quello della caduta in un buco nero mostrato verso la fine, che integrati con il suo storytelling, creano un insieme di grande impatto e molto efficace nel coinvolgere il pubblico.

### Cose da evitare

Evitare di creare connessioni troppo generaliste, concentrarsi anche sulla quotidianità significativa per il target

Evitare di creare visual carenti o poco espressivi.

[https://www.youtube.com/watch?v=A8bBhkhZtd8&ab\\_channel=TheRoyalInstitution](https://www.youtube.com/watch?v=A8bBhkhZtd8&ab_channel=TheRoyalInstitution)



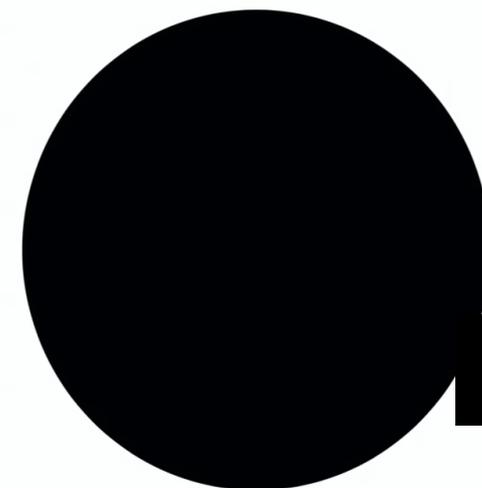
SUPPLEMENTARY MATERIAL

A. SIZE OF THE PBH

The Schwarzschild radius of a black hole is given by

$$r_{\text{BH}} = \frac{2GM_{\text{BH}}}{c^2} \simeq 4.5\text{cm} \left( \frac{M_{\text{BH}}}{5M_{\oplus}} \right). \quad (15)$$

In Figure 1 we provide an exact scale image of a  $5M_{\oplus}$  PBH. The associated DM halo however extends to the stripping radius  $r_{t,\odot} \sim 8\text{AU}$ , this would imply a DM halo which extends roughly the distance from Earth to Saturn (both in real life and relative to the image).



Screenshot vari del video  
"The other end of a black hole  
- with James Beacham"

## L'illusione del tempo

Documentario  
National Geographic  
Brian Greene  
2011

Accessibilità: **7/10**  
Storytelling: **8/10**  
Immagini: **7/10**

### Cose da tenere

Connessione tra un concetto astratto e le sue implicazioni reali che possono generare esempi significativi e memorabili

Usare l'estetica per generare stupore

Coinvolgere più sensi per passare più efficacemente un concetto

Usare insight e curiosità per introdurre e arricchire l'argomento protagonista

Immedesimarsi nel pubblico e nelle sue esigenze e difficoltà

È un documentario prodotto da National Geographic nel 2011, con protagonista Brian Greene, celebre fisico e autore del libro che dà il nome all'intera serie di documentari dedicati allo spazio e alle teorie di Einstein.

Il documentario si concentra principalmente sul concetto di tempo, esplorandone il flusso, la direzione e la nostra percezione di esso. Per approfondire le riflessioni sui temi trattati, vengono introdotti i principi fondamentali della relatività ristretta e accennati alcuni aspetti della relatività generale, presentati in modo sintetico e accessibile anche a un pubblico non esperto.

L'accessibilità è uno dei principali punti di forza di questo documentario: il linguaggio semplice, il livello di approfondimento degli argomenti e l'uso di rappresentazioni ed esempi chiari lo rendono comprensibile a un vasto pubblico. Esso non si concentra tanto sul "perché" intrinseco delle teorie di Einstein, quanto piuttosto sugli effetti concreti di queste teorie. Attraverso esempi chiari e ben strutturati, accompagnati da una visualizzazione costante e accattivante, vengono illustrate le sorprendenti conseguenze pratiche e vicine allo spettatore, di accettare una realtà che si discosta dalla nostra intuizione quotidiana. Questo approccio valorizza l'esperienza dello spettatore, rendendo il contenuto stimolante e memorabile.

Riguardo al livello di approfondimento e al trattamento dei concetti, emergono diverse considerazioni. Il livello di approfondimento della teoria è decisamente basso: vengono illustrate molte conseguenze delle teorie trattate, ma senza entrare nei dettagli. Tuttavia, l'argomento complesso del tempo è introdotto in modo accessibile, partendo da riflessioni interessanti e curiosità, come la spiegazione di come misuriamo il tempo e di quale sia il metodo più preciso al mondo per farlo. Anche se questa digressione è laterale rispetto all'obiettivo principale di definire cos'è il tempo, costituisce una graduale introduzione che stimola la curiosità dello spettatore, catturando la sua attenzione con piccoli insight.

Seguendo questa logica, gli argomenti sono ben concatenati, creando un percorso logico chiaro e utile per una comprensione di base. Tuttavia, è evidente la mancanza di una spiegazione completa: molti concetti fondamentali, come la definizione della velocità della luce come costante universale, sono del tutto assenti, rendendo la trattazione nozionisticamente superficiale. Questo approccio, sebbene faciliti l'accessibilità e risulti compatibile con contesti educativi di base, lascia buchi significativi nella comprensione teorica. Tale superficialità porta talvolta a imprecisioni o errori concettuali, come al minuto 44:53, quando viene affermato che lo spazio dopo il Big Bang si è espanso "all'esterno", una descrizione erranea. Questo errore potrebbe essere giustificato dall'intenzione di semplificare le nozioni per il pubblico generale, ma evidenzia una certa fragilità nel bilanciare semplificazione e accuratezza scientifica.

Durante il documentario, gli scienziati intervistati vengono presentati in modo parzialmente umanizzato. Da un lato, sono mostrati ben vestiti e inseriti in contesti suggestivi mentre discutono di concetti complessi, il che può creare una certa distanza rispetto allo spettatore comune. Tuttavia, si percepisce anche la loro passione e lo stupore verso i fenomeni che descrivono, rendendo il loro entusiasmo contagioso. Brian Greene, il protagonista, risulta invece molto più accessibile: è mostrato in una varietà di contesti reali e spesso protagonista degli esempi illustrati. Questo approccio rende la sua figura più umana e favorisce l'empatia dello spettatore, dando l'impressione di intraprendere insieme a lui il viaggio di scoperta.

Nonostante questi sforzi, il tema dell'umanizzazione resta affrontato in modo parziale. Gli scienziati di cui si parla, come Einstein, non vengono introdotti in maniera approfondita: spesso si fa riferimento alla loro "intuizione" senza spiegare il processo, lasciando intendere che le loro idee siano nate quasi per caso. Questo rischia di ridurre la percezione delle loro figure a quella di

geni isolati, privandoli del contesto umano e intellettuale che li ha portati a sviluppare le loro teorie.

Al contrario, il documentario dedica maggiore attenzione al contesto culturale e pratico in cui sono nate le teorie scientifiche. Per esempio, la situazione precedente all'introduzione della relatività è ben illustrata attraverso esempi chiari, come quello dei treni al minuto 4:40, che evidenziano i problemi pratici e le contraddizioni prima che la teoria facesse chiarezza.

Gli esempi presentati nel documentario sono estremamente semplici, chiari e rilevanti per il pubblico. Si collegano a situazioni quotidiane e facilmente riconoscibili, come un viaggio in auto, un bicchiere che si rompe, o l'idea di intraprendere un viaggio. Questi esempi sono inoltre incredibilmente ben visualizzati: le rappresentazioni visive sono così curate ed efficaci che l'accessibilità dei concetti trasmessi risulta amplificata. Un aspetto interessante è l'uso di più sensi per rafforzare l'impatto degli esempi, come al minuto 11:08, dove il rallentamento del tempo viene enfatizzato anche dal cambiamento nella voce di Brian Greene, coinvolgendo l'udito.

Il tono di voce del documentario è semplice, accessibile e relativamente neutro, con variazioni che includono momenti di entusiasmo, serietà e qualche battuta leggera. Vengono usati modi di dire legati al tempo per creare ulteriore connessione con il pubblico, e sono frequenti osservazioni quasi suggestive che catturano l'attenzione dello spettatore. Inoltre, il narratore si immedesima nelle difficoltà del pubblico nel comprendere certi concetti, utilizzando frasi come "Perché mai dovrebbe essere così? Non ha senso...," rendendo il discorso più empatico e coinvolgente.

Infine, il documentario lascia spazio a domande aperte, un elemento che stimola ulteriormente la curiosità dello spettatore, completando un approccio comunicativo che mira non solo a spiegare, ma anche a ispirare.

Le immagini giocano un ruolo centrale nel documentario, raggiungendo un livello di qualità e raffinatezza davvero elevato. Il reparto video, fotografia e animazioni con effetti speciali sembra aver beneficiato di un budget pressoché illimitato: ogni esempio presentato è accompagnato da sequenze cinematografiche reali e da grafiche esplicative che chiariscono i concetti in modo preciso. In alcuni casi, il documentario spinge sull'iperrealismo per rappresentare al meglio il cuore di una spiegazione, come nell'esempio del bicchiere in slow motion che si ferma nel tempo. L'aspetto estetico è estremamente curato e viene utilizzato per generare curiosità e stupore.

Le immagini e le animazioni, oltre a essere sofisticate, assumono a tratti un carattere quasi evocativo, non sempre strettamente funzionale alla comprensione, ma pensato per lasciare lo spettatore a bocca aperta. Questo approccio visivo aiuta a rendere i fenomeni descritti non solo comprensibili, ma anche tangibili e affascinanti. Lo spettatore è spinto a confrontare ciò che vede con la propria esperienza della realtà, accendendo un senso di meraviglia e la voglia di approfondire.

Tuttavia, a volte questa ricerca della perfezione visiva risulta eccessiva. L'uso di visual troppo sofisticati può talvolta oscurare l'efficacia comunicativa di una rappresentazione più semplice e diretta, rischiando di sovraccaricare il pubblico e diminuire l'immediatezza dei contenuti.

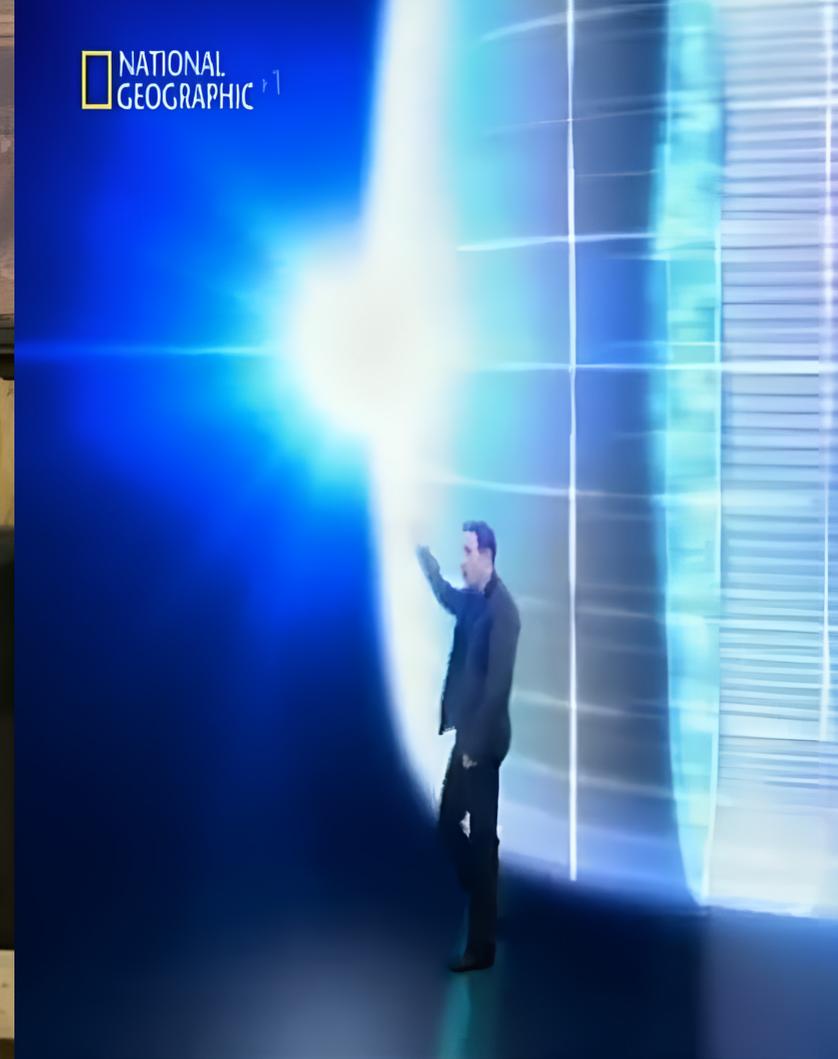
### Cose da evitare

Evitare di dare spiegazioni incomplete e talvolta errate, cercare sempre di spiegare il perché di un fenomeno e non solo le conseguenze

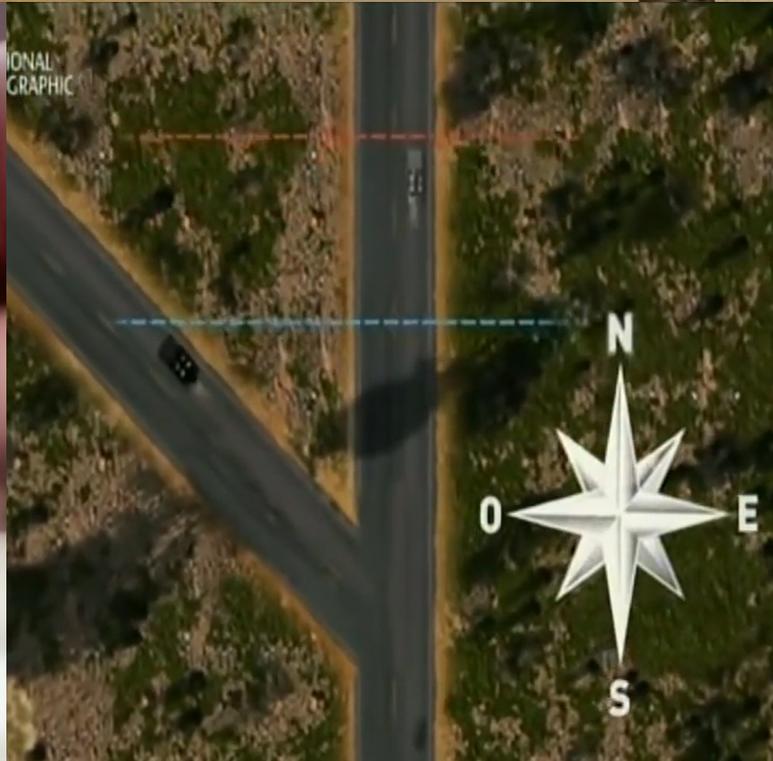
Evitare visual troppo sofisticati che compromettono l'efficacia comunicativa

Evitare di presentare gli scienziati immacolati e astatici

[https://www.youtube.com/watch?v=QZKZAe\\_uKbU&ab\\_channel=Documentarizziamoci](https://www.youtube.com/watch?v=QZKZAe_uKbU&ab_channel=Documentarizziamoci)



NATIONAL GEOGRAPHIC



Screenshot vari del documentario "L'illusione del tempo"

## Einstein's big idea

Documentario  
NOVA documentary  
2005

Accessibilità: **7/10**  
Storytelling: **8/10**  
Immagini: **8/10**

### Cose da tenere

Raccontare e risaltare il lato umano degli scienziati

Promuovere emotività e riconoscibilità negli scienziati e nel narratore stesso

Sfruttare il tono della voce per creare momenti salienti e scherzosi

Documentario cinematografico prodotto da NOVA, incentrato sulla vita di Einstein e di altri fisici e, in particolare, su una delle sue più grandi scoperte: la relazione tra massa ed energia, sintetizzata nella celebre equazione  $E=mc^2$ . Il documentario è suddiviso in più sezioni, ognuna dedicata a una parte dell'equazione, e racconta sia la vita che il contesto storico e scientifico dei grandi studiosi che hanno posto le basi teoriche necessarie affinché Einstein potesse giungere a questa rivoluzionaria intuizione.

Se per gli altri casi studio il background poteva essere una scelta opzionale, in questo caso è l'elemento centrale. Questo documentario è, infatti, un vero e proprio film, concepito per raccontare i grandi scienziati come si farebbe con i protagonisti di un film d'azione o drammatico.

La narrazione segue una concatenazione logica degli argomenti, sebbene non si tratti di una semplice spiegazione di un concetto, ma di una storia che si sviluppa. L'intero racconto è costruito come un percorso di scoperta che attraversa tutta la formula di Einstein, partendo dall'energia e raccontando chi l'ha scoperta, per passare alla massa, alla luce e persino al concetto di numero al quadrato.

Viene messo in risalto il contesto umano e reale degli scienziati, con dettagli che non vengono nascosti, come ad esempio l'uso di droghe da parte di alcuni di loro. Questi aspetti sono strettamente legati al periodo storico in cui vivevano e in cui si sono svolte le vicende, e da essi emergono anche le difficoltà sociali e pratiche che gli scienziati affrontavano nel far valere le proprie idee e nel diventare figure di rilievo nel mondo della scienza.

Einstein è il primo che viene presentato come un uomo semplice, che si gode la vita e affronta le difficoltà e le opportunità, le realizzazioni e i fallimenti. Il film mette fortemente in evidenza il suo lato umano, proponendo un ritratto intimo, a tratti addirittura amoroso e appassionato di musica, smantellando fin da subito l'immagine stereotipata del "vecchio e barbuto" scienziato. Non solo Einstein, ma anche altri scienziati come Faraday ed Emilie du Châtelet vengono mostrati nella loro dimensione umana.

Perfino il narratore, una voce esterna alla storia, riconosce Einstein come un uomo, e non è solo l'attore a conferirgli questa caratteristica. Anche il narratore stesso è presentato come umano, poiché alla fine sono i fisici contemporanei che raccontano le storie dei grandi scienziati del passato. Questi fisici, pur essendo occasionalmente ripresi in scena, sono mostrati in modo "immacolato", a differenza dei loro illustri predecessori.

Questo storytelling, fortemente umano, prende vita attraverso scene "slice of life" calde ed emotive che ritraggono i grandi scienziati, spesso descritti nei libri come figure perfette, intuitive, asettiche e fredde. Viene messo in evidenza il loro lato umano: Einstein, ad esempio, è dipinto talvolta come un uomo spavaldo, presuntuoso e romantico, appassionato e tormentato da domande esistenziali, ben lontano dall'immagine tradizionale di un genio introverso, che trascorre le sue giornate immerso in riflessioni complesse nel suo studio. Questa visione promuove una forte riconoscibilità dei personaggi e instilla fiducia verso la scienza, mostrando che essa è il frutto genuino dell'uomo, non strumentalizzata per scopi personali. Vengono esplorati emozioni, ambizioni, fallimenti, preghiere e drammi struggenti.

C'è un notevole coinvolgimento, principalmente visivo ma anche uditivo, con il tono della voce del narratore che sottolinea momenti di suspense, eureka e tensione, stimolando reazioni emotive nel pubblico. Tuttavia a volte, essendo il tono di base neutro, combinato con musiche ripetitive e l'assenza di battute da parte dei personaggi per un lungo periodo, oltre alla mancanza di spiegazioni scientifiche dettagliate, il documentario può risultare noioso e pesante da digerire dopo un po'. La presentazione dei concetti è superficiale e, seppur arricchita da alcune visualizzazioni, manca spesso di esempi che possano davvero aiutare a comprendere i contenuti, in quanto l'intento del documentario non è spiegare concetti in profondità.

Infine, il documentario mostra le conseguenze degli studi di Einstein fino ai giorni nostri, esplorando il loro impatto sulla nostra vita quotidiana e sulle nuove frontiere della fisica, creando uno storytelling significativo per il pubblico riguardo alla fisica.

Il reparto visivo è il punto di forza del documentario: essendo un film, le recitazioni e le scene sono progettate con la stessa attenzione tipica di un film, risultando molto immersive e coinvolgenti, proprio come ci si aspetterebbe da qualsiasi pellicola di qualità.

I VFX, utilizzati per rappresentare scoperte scientifiche specifiche, momenti evocativi o come supporto a degli esempi, sono ben realizzati e riescono efficacemente a chiarire i concetti o gli esempi che accompagnano, come nel caso dei campi magnetici al minuto 17:25. Essi nascono interagendo con l'ambiente fotografico della scena, non si pongono come elementi esterni o grafiche che si pongono sopra al film, è tutto molto ben integrato.

Durante il documentario vengono trattati anche temi di attualità, presentati in un contesto che riflette l'epoca storica. Ad esempio, al minuto 1:05:45, viene detto "il suo unico difetto è essere nata donna" riferendosi a Emilie du Châtelet, sottolineando che, per l'epoca, questa affermazione era intesa come un complimento, ma oggi si inserisce in discussioni sociali rilevanti come il sessismo e la disparità di genere.

### Cose da evitare

Evitare una presentazione dei concetti superficiale e sabotante per la comprensione totale dell'opera

Evitare il tono che annoia, statico e neutro

<https://www.youtube.com/watch?v=6cHV8UGtkVw>



La luce viaggia dal mio viso  
allo specchio e vedo il mio viso.



# Web e social

Quantum girl \ Divulgatrice sui social, Virginia Benzi \ 2022 - oggi  
Quantum Country \ Sito web, Andy Matuschak e Michael Nielsen \ 2019  
Amedeo Balbi \ Divulgatore e professore di astronomia e astrofisica \ 2020 - oggi  
Scienza per tutti \ Sito web, INFN \ 2017  
How gravity actually works \ Video del canale YouTube "Veritasium" \ 2021  
Animation VS Physics \ Video del canale YouTube "Alan Becker" \ 2023  
Kurzgesagt in a nutshell \ Progetto di divulgazione multicanale \ 2013 - oggi

## Quantum girl

Divulgatrice sui social  
Virginia Benzi  
2022 - oggi

Accessibilità: **8/10**  
Storytelling: **7/10**  
Immagini: **7/10**

### Cose da tenere

Parlare la stessa lingua dei propri utenti, esporsi non solo come umana ma come una di loro, mettersi sullo stesso piano alleggerendo la divulgazione.

Trasmettere passione ed entusiasmo spiegando all'utente perché quello che stai dicendo è significativo per la sua vita

Riconoscere i limiti della scienza e sfruttarli per generare curiosità nel superarli

Virginia Benzi, nota come Quantum Girl, è una fisica specializzata in fisica delle interazioni e appassionata di cosmologia e meccanica quantistica. Attraverso i social media, tra cui TikTok, Instagram e YouTube, si dedica alla divulgazione scientifica delle discipline che più la appassionano. Il suo approccio è informale e dinamico, pensato per raggiungere un pubblico ampio e diversificato. (L'analisi che segue si concentra in particolare sui contenuti pubblicati su TikTok e Instagram.) I suoi contenuti spaziano da spiegazioni scientifiche relativamente complesse a semplici trucchi basati su principi di fisica e matematica, utili sia per lo studio che per la vita quotidiana.

Nei suoi video, Virginia si presenta in prima persona e parla in modo molto sciolto e informale, dimostrando umanità e facendo percepire lei e la scienza come vicini a chi guarda. In ogni video, cerca di inserire un elemento accattivante, un risultato della sua spiegazione che la emoziona, cercando di trasmetterti la sua passione e il suo entusiasmo. Ti racconta perché una determinata scoperta sia così straordinaria, cercando di suscitare la sua stessa sorpresa e presentando la scienza e le scoperte come emozionanti, umane e vicine a chi sta guardando. Oltre alla gestione dei singoli contenuti, riesce a trasmettere un senso di vicinanza e di identificazione con l'utente. Questo lo fa anche attraverso video che non si limitano alla scienza, ma toccano anche temi sociali, in cui parla di sé, racconta le sue esperienze, le sue difficoltà e i suoi successi, e crea meme che riguardano la sua persona e il suo lavoro.

Ogni sua affermazione, soprattutto quando tratta scoperte recenti o temi di attualità, è supportata da schermate, citazioni di fonti e riferimenti a articoli scientifici ufficiali, conferendo credibilità e facendola percepire come un'esperta aggiornata, affidabile e attivamente coinvolta nel suo campo. Questo le consente di guadagnare autorevolezza, soprattutto quando affronta temi contemporanei, talvolta controversi o soggetti a scetticismo, diventando anche un punto di riferimento per chi cerca informazioni scientifiche verificate.

I canali si rivolgono ad un pubblico abbastanza eterogeneo (anche grazie al fatto che tratta argomenti di attualità) che però si presuppone già un minimo curioso o con almeno una conoscenza di base della fisica, soprattutto quando si trattano temi complessi come la relatività (ad esempio nel video del 27/11) o altre teorie avanzate. Pur cercando di rendere accessibili questi concetti, il ritmo veloce e la complessità degli argomenti rischiano di mettere in difficoltà chi non ha familiarità con tali tematiche, facendo perdere il filo del discorso. Rivolgendosi a un target molto ampio, con interessi e fasce di età diversificati, a volte fatica a sviluppare contenuti completi ed efficaci. Ad esempio, quando parla di meccanica quantistica e di funzioni d'onda, cercando di rivolgersi a un pubblico più esperto, tende a condensare troppi concetti in poco tempo, il che può risultare in un insieme confuso e difficile da seguire.

Ogni suo intervento è accompagnato da immagini statiche o in movimento che supportano il discorso, mantenendo un ritmo rapido e dinamico, in linea con la fruizione veloce tipica di TikTok. L'utilizzo delle immagini, insieme a un linguaggio semplice, accessibile e ricco di esempi, rende il contenuto comprensibile e interessante per un pubblico vasto.

Dal punto di vista visivo e comunicativo, l'esposizione appare abbastanza semplice. L'editing è piuttosto basilico, con immagini che non sempre chiariscono il concetto trattato. In alcuni casi, le immagini sembrano quasi casuali, create con l'intelligenza artificiale per spezzare la narrazione e mantenere l'attenzione, ma senza realmente supportare il contenuto. In generale, la componente visiva e video non sempre aiuta, anche se in alcuni casi (specialmente quando si trattano argomenti più semplici) risulta più funzionale e contribuisce a rendere il messaggio più chiaro.

Fa spesso uso di esempi semplici e classici, sempre accompagnati da rapide immagini e brevi clip video, talvolta arricchiti da citazioni di film e scene tratte da questi ultimi. Le sue intro sono pensate per incuriosire, con parole che stimolano l'interesse, per poi proseguire con spiegazioni chiare e dirette. A volte lascia domande aperte, mantenendo un approccio trasparente sui limiti della scienza, così da suscitare ulteriormente la curiosità dello spettatore. L'uso delle immagini riesce sicuramente a catturare l'attenzione, e lo storytelling che propone è semplice e lineare, senza perdere il filo del discorso. Tuttavia, il coinvolgimento rimane limitato dalla natura rapida e frenetica dei contenuti, nonostante il tono di voce di Virginia cerchi comunque di coinvolgere e di mantenere alta l'attenzione. Sebbene riesca a stimolare la curiosità e a farci porre domande, riesce anche a farci percepire il discorso come leggero, quasi come se fosse una conversazione tra amici, mettendo l'ascoltatore sullo stesso piano. Spesso ci sorprende con osservazioni e scoperte incredibili, spiegate in modo conciso, che ci fanno esprimere un sorriso di sorpresa e ci inducono a voler approfondire ulteriormente. Usa spesso claim e copertine di video accattivanti che incuriosiscono, come nel video del 11 maggio, dove inizia parlando delle particelle con una domanda intrigante: "Sai cosa succederebbe se infilassi la testa in un acceleratore di particelle?". Allo stesso tempo usa anche altri metodi per creare interesse, sfruttando soprattutto meme e insight destinati alle nuove generazioni, ponendosi in modo sciolto e informale.

### Cose da evitare

Evitare un ritmo troppo veloce di esposizione che fa perdere il filo

Evitare un contenuto troppo condensato e confuso

Evitare una componente visiva caotica

<https://www.tiktok.com/@virginiabenzi>

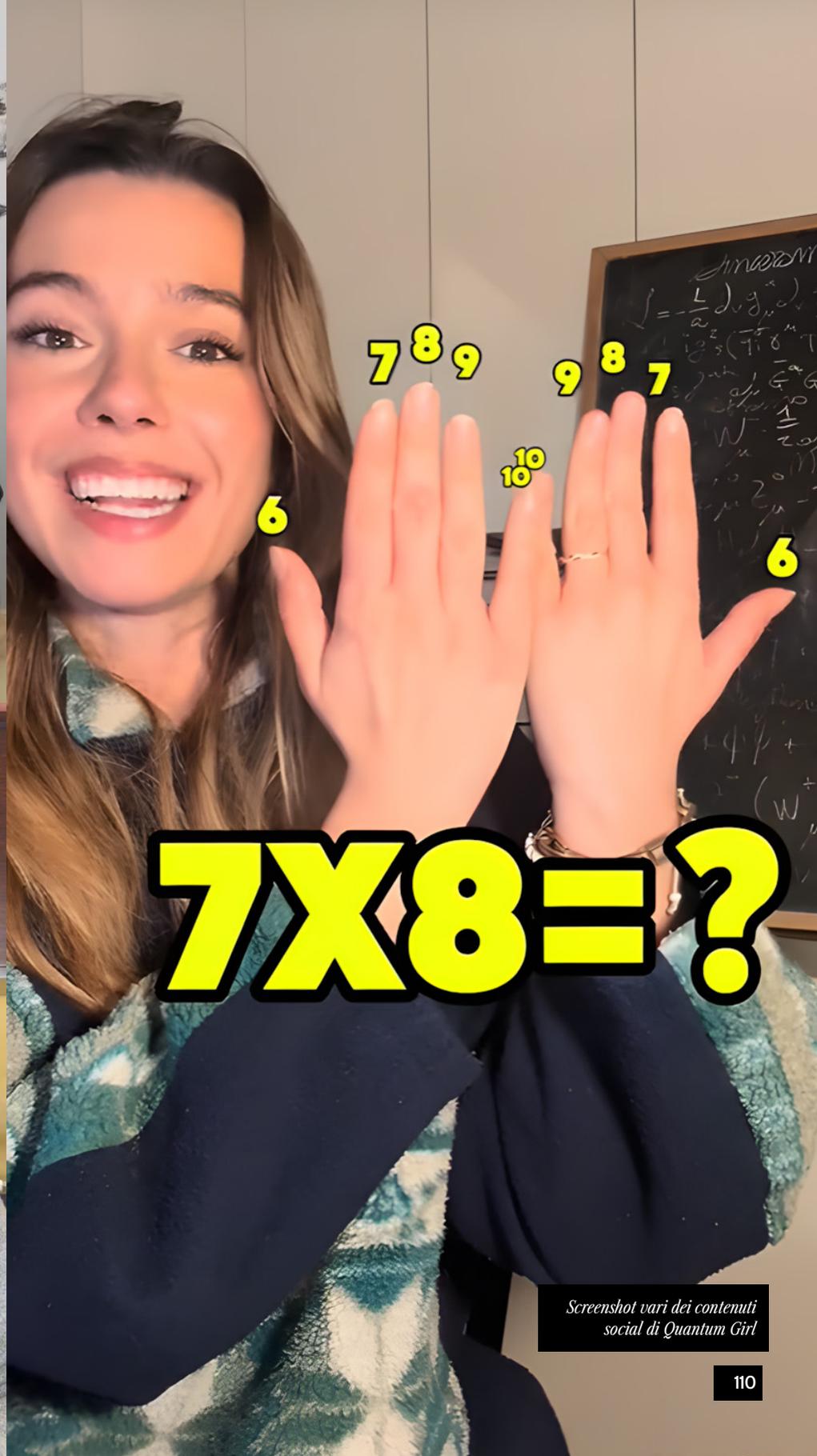
Questa sono io a 16 anni



Non mi piaceva studiare



EMERGANO DA UNA TEORIA PIU' PROFONDA E CHE HA COLLEGAMENTI NOTEVOLI



Screenshot vari dei contenuti social di Quantum Girl

Sito web  
Andy Matuschak e  
Michael Nielsen  
2019

Accessibilità: **5/10**  
Storytelling: **6/10**  
Immagini: **2/10**

### Cose da tenere

Usare il test come strumento per prolungare il progetto e le nozioni acquisite a lungo termine

Promuovere sincerità e trasparenza sui contenuti che si stanno per affrontare

Integrare il materiale con risorse esterne utili, veicolate su touchpoint significativi per l'utenza

Esposizione lineare, ordinata e consequenzialmente logica

Sfruttare esempi significativi e insight dell'utenza

È un progetto su un sito web ideato da Andy Matuschak e Michael Nielsen con l'obiettivo di insegnare in modo approfondito e rigoroso le basi della computazione quantistica. Si presenta come una piattaforma web alla quale è possibile registrarsi per accedere a lezioni gratuite, programmate con intervalli settimanali o mensili, personalizzati in base alle esigenze dell'utente.

Il progetto si definisce come un "nuovo tipo di libro" e si basa su una teoria cognitiva progettata per supportare la memoria a lungo termine: il test di ripetizione dilazionata. Questo metodo consiste nel proporre, dopo ogni sezione di spiegazione, tre brevi domande con il formato "Ti ricordi la risposta?". Dopo aver risposto, il sistema ti mostra la soluzione corretta e ti chiede di indicare se l'avevi ricordata o meno. In base alle tue risposte, la piattaforma si adatta: le domande che non hai memorizzato vengono riproposte più frequentemente, insieme ai relativi capitoli, mentre per le risposte corrette segue uno schema di ripetizione gradualmente dilatato nel tempo. Il sistema si prefigge di favorire la memorizzazione a lungo termine con il minimo sforzo: gli utenti devono semplicemente rispettare le scadenze per i test, che vengono ricordate tramite e-mail. L'approccio del progetto è descritto come un modo per rendere la memoria "una scelta consapevole". L'intento è sicuramente virtuoso, e il metodo proposto risulta promettente: non è comune trovare strumenti educativi che combinino spiegazioni di alto livello con un focus così mirato sulla memorizzazione duratura e sull'apprendimento significativo.

Il sito si distingue per la totale trasparenza riguardo al funzionamento del metodo di apprendimento, ai temi trattati, al livello di difficoltà e alle conoscenze pregresse necessarie. Questo approccio trasparente rappresenta uno dei punti di forza del progetto. L'utente è costantemente informato su ciò che sta per leggere, sul motivo per cui deve rispondere alle domande e sul processo complessivo, il che contribuisce ad aumentare il coinvolgimento e a motivarlo a partecipare attivamente. Questo livello di chiarezza aiuta a prevenire intoppi dovuti a incomprensioni e rende l'esperienza più fluida e soddisfacente. In alcuni momenti, il sito anticipa persino le reazioni dell'utente rispetto all'apprendimento, spiegando cosa aspettarsi.

È importante delineare chiaramente gli obiettivi di questo sito web, in modo che le critiche possano essere valutate nel contesto e acquistare senso in relazione alle sue finalità. Il sito si propone di formare persone già profondamente curiose, un requisito dichiarato esplicitamente dagli autori. L'obiettivo è fornire una conoscenza approfondita, simile a quella che si potrebbe ottenere seguendo un corso strutturato, attraverso la lettura di articoli e capitoli del sito. Pur non pretendendo di sostituire un insegnante in carne e ossa, il progetto si presenta in modo estremamente serio e ambizioso, invitando a prenderlo altrettanto seriamente. La prima critica, da contestualizzare rispetto agli obiettivi, riguarda l'accessibilità. Non è un percorso adatto a tutti: è necessario possedere una solida base di matematica. Senza queste conoscenze preliminari, come dichiarato dagli stessi autori, non sarà possibile trarre alcun beneficio dal sito. Tuttavia, a suo favore, il progetto offre risorse esterne, come video su YouTube e lezioni consigliate, per colmare eventuali lacune. Nonostante ciò, rimane un percorso adatto solo a un ristretto gruppo di persone altamente motivate, con molto tempo libero e un forte desiderio di apprendere. Il sito si pone anche in modo critico verso forme di divulgazione più moderne e semplificate, spesso caratterizzate da contenuti visivamente accattivanti ma concettualmente superficiali: i suoi obiettivi come già detto sono molto diversi.

Il progetto offre un background storico sugli scienziati protagonisti delle lezioni, descrivendo con cura il loro lavoro in modo utile alla comprensione. Si approfondiscono anche gli aspetti emotivi, evidenziando le motivazioni, le sfide affrontate e le ragioni che spingevano questi scienziati a porsi determinate domande. Il tutto è arricchito da citazioni degli stessi scienziati, spesso accompagnate da un tocco di ironia che alleggerisce l'esposizione. Il tono generale del progetto è serio negli intenti, ma comunque accessibile e comprensibile: mantiene infatti un approccio informale e a tratti scherzoso per rendere più agevole l'esperienza del lettore. Questo equilibrio tra rigore nell'esposizione e leggerezza narrativa crea un connubio efficace, risultando in una presentazione ordinata e chiara. Per facilitare la comprensione, vengono forniti esempi narrativi che connettono i concetti trattati alla vita quotidiana del lettore, rendendoli più immediati e memorabili. Alcuni esempi includono riferimenti creativi come i Pokémon o la Coca-Cola immaginati come invenzioni aliene, o l'uso di videogiochi per spiegare la complessità e il funzionamento dei bit. Un ulteriore punto di forza è l'organizzazione dei contenuti: tutto è presentato in modo lineare e ordinato, seguendo una sequenza logica di conseguenze. Questo stile espositivo è altamente compatibile con le esigenze della didattica e inoltre, il progetto si distingue per l'attenzione alla personalizzazione del percorso di apprendimento e per l'impegno nel superare la criticità della perdita di informazioni a lungo termine, rappresentando così un modello educativo innovativo e ben strutturato.

### Cose da evitare

Evitare di trascurare la potenzialità delle immagini

Evitare di ostacolare l'apprendimento con elementi non sufficientemente espressivi e utili

Le immagini, purtroppo, non sono gestite con la stessa cura riservata ad altri aspetti del progetto. Sembra quasi che, in risposta alla critica verso i metodi divulgativi più tradizionali e accattivanti (che spesso utilizzano immagini elaborate, video animati, ecc.), il progetto adotti una posizione eccessivamente rigorosa, trascurando le potenzialità comunicative delle immagini stesse. La scelta di utilizzare esclusivamente rappresentazioni di natura matematica finisce per non integrarsi pienamente con il linguaggio narrativo e lo storytelling, che invece cercano di rendere le lezioni più leggere e accessibili. Di fatto, le immagini non supportano il lettore nella comprensione, ma possono rappresentare un ulteriore ostacolo, soprattutto se si è perso qualcosa nel testo. Le poche immagini non matematiche presenti appaiono rudimentali, poco coinvolgenti e scarsamente comunicative, mancando di rafforzare l'approccio didattico del progetto.

In definitiva, si tratta di un progetto interessante, costruito su una visione solida e ben strutturata, ma che mostra alcune lacune in specifici aspetti, come l'uso delle immagini, che ne limitano ulteriormente l'accessibilità e l'efficacia comunicativa.

How many dimensions does the state space of a qubit have?

2

in-text 1 week 3 weeks 3 months long-term

Didn't remember Remembered

Quantum computing for the very curious

Part I: The state of a qubit  
 A medium which makes memory a choice  
 Connecting qubits to bits: the computational basis states  
 How to use (or not use!) the questions  
 How to approach this essay?  
 General states of a qubit  
 What does the quantum state mean?  
 Why is it a vector in a complex vector space?

Part II: Introducing quantum logic gates

Part III: Universal quantum computing

in-text 0  
 NEXT LEVEL

1 week 3 weeks 3 months long-term

How the quantum search algorithm works

How quantum teleportation works

Quantum mechanics distilled

A free introduction to quantum computing and quantum mechanics

By working through these essays, you will understand in detail all the basic principles of quantum computing and quantum mechanics, plus two important applications: the quantum search algorithm and quantum teleportation.

You'll need familiarity and comfort with the basics of linear algebra and complex numbers. We'll teach you the rest.

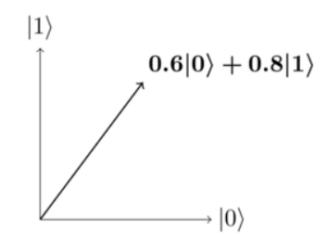
Start reading

Presented in a new mnemonic medium which makes it almost effortless to remember what you read

Quantum Country is a new kind of book. Its interface integrates powerful ideas from cognitive science to make memory a choice. This is important in a topic

General states of a qubit

The computational basis states  $|0\rangle$  and  $|1\rangle$  are just two possible states for a qubit. Many more states are possible, and those extra states endow qubits with capabilities not available to ordinary classical bits. In general, remember, a quantum state is a two-dimensional vector. Here's an example, with a graphical illustration emphasizing the vector nature of the state:



In this example, the state  $0.6|0\rangle + 0.8|1\rangle$  is just 0.6 times the  $|0\rangle$  vector, plus 0.8 times the  $|1\rangle$  vector. In the usual vector notation that means the state is:

$$0.6|0\rangle + 0.8|1\rangle = 0.6 \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} + 0.8 \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.6 \\ 0.8 \end{bmatrix}$$

Quantum computing for the very curious

Part I: The state of a qubit  
 A medium which makes memory a choice  
 Connecting qubits to bits: the computational basis states  
 How to use (or not use!) the questions  
 How to approach this essay?  
 General states of a qubit  
 What does the quantum state mean?  
 Why is it a vector in a complex vector space?

Part II: Introducing quantum logic gates

Part III: Universal quantum computing

in-text 0  
 NEXT LEVEL

1 week 3 weeks 3 months long-term

Screenshot vari del sito Quantum Country

How quantum teleportation works

Quantum mechanics distilled

## Amedeo Balbi

Divulgatore e professore di astronomia e astrofisica  
2020 - oggi

Accessibilità: **8/10**  
Storytelling: **6/10**  
Immagini: **5/10**

### Cose da tenere

Sfruttare altre discipline e sfere di interesse soprattutto se di tendenza e significative per l'utenza

Sfruttare domande esistenziali, luoghi comuni o modi dire per intavolare un discorso che già dall'inizio viene percepito come interessante e significativo

Usare esempi semplici e analogie comprensibili da tutti

Spiegare sia cause che effetti del fenomeno descritto

Amedeo Balbi è professore di astronomia e astrofisica all'Università di Roma "Tor Vergata" e gestisce un canale YouTube con oltre 300.000 iscritti. Si dedica alla divulgazione scientifica su diversi temi, tra cui astronomia, meccanica quantistica, biologia e, occasionalmente, filosofia. Il suo approccio è calmo, sincero e semplice, riuscendo a spiegare concetti complessi in modo chiaro e accessibile. In pochi minuti di video, riesce a trasmettere nozioni di livello tale da risultare utili anche per gli studenti delle scuole superiori, grazie alla sua esperienza di professore.

Amedeo è sicuramente un punto di riferimento per moltissimi studenti, anche non suoi, grazie alla chiarezza, semplicità e affidabilità dei suoi video, che lo pongono come una risorsa utile anche per chi ha difficoltà con le lezioni. Questo deriva dall'ampia accessibilità dei suoi contenuti, che si distingue per diversi aspetti, tra cui i modi in cui tratta gli argomenti.

Già dalla scelta dei temi si rivela strategico: è molto interdisciplinare nei suoi interventi, trattando temi legati alla fisica, ma non limitandosi solo ai concetti fisici classici. A volte si avventura in argomenti più ampi come il libero arbitrio, la coscienza o la vita su altri pianeti, affrontando anche domande esistenziali che risuonano con un pubblico ampio. Il suo approccio, che offre una visione fisica di queste questioni, stimola curiosità e senso di realizzazione in chi lo ascolta. Riesce a restare in contatto con le tendenze attuali e a trattare la scienza dietro film famosi, creando agganci con un pubblico variegato: questa capacità di connettersi con temi diversi spinge gli spettatori a guardare i suoi video, creando un processo di affezione, in parte grazie alla sua modalità di comunicazione, che risulta molto digeribile per quasi tutti.

Il suo approccio strategico si riflette anche nel tono e nel formato dei suoi video, che sono talmente semplici e fluidi da diventare facilmente riconoscibili, quasi come un marchio personale. Si avvale anche di piccole tecniche, come un'introduzione al suo canale ripetuta in ogni video e un formato espositivo ricorrente, che creano un senso di familiarità e affidabilità, consolidando ulteriormente la sua identità.

Riguardo alla comunicazione dello scienziato come essere umano, questo aspetto appare talvolta nei suoi video, ma non emerge in modo chiaro e netto. Infatti, nel suo stile comunicativo, è molto lineare, evitando di mostrare emozioni forti o sorpresa di fronte a nuove scoperte. Sebbene utilizzi un linguaggio semplice e comprensibile, adatto a un pubblico ampio, questo lo rende a tratti un po' robotico, privandolo di quella spontaneità che potrebbe rendere il suo approccio più personale e condivisibile.

Inoltre, nel fare background storico ed emotivo della scienza è piuttosto variabile: a volte si sofferma su una narrazione storica, come quando esplora gli esperimenti di Galileo come introduzione alla relatività, ma in altre occasioni, per esigenze di sintesi e tempo, riduce la storia a un semplice elenco di eventi, come ad esempio dichiarando che lo scienziato X ha scritto la formula Y, senza soffermarsi sul pensiero o sulle motivazioni che hanno guidato X nella sua scoperta.

Nonostante queste oscillazioni, rimane comunque molto sincero riguardo ai limiti della scienza e degli scienziati, ammettendo le attuali lacune nella disciplina e presentando questi aspetti come interrogativi aperti, che invitano gli spettatori a esplorare ulteriormente e a nutrire la propria curiosità.

Nella sua narrazione, rimane sempre molto sciolto e preparato, ponendo solide basi che fungono da guida per tutto il video. Spesso inizia smontando luoghi comuni o reinterpretando modi di dire, riuscendo così a entrare subito in sintonia con il pubblico e rendendo le premesse del discorso interessanti e significative, catturando l'attenzione degli spettatori fin dall'inizio.

Le sue spiegazioni sono complete ma sempre adeguate agli obiettivi del video e alla sua durata, partendo da premesse solide e sviluppandosi in modo logico, dilungandosi sia su cause che su effetti dei vari fenomeni di cui parla.

Nonostante ciò, tende a non enfatizzare particolarmente lo stupore che potrebbe derivare da certe scoperte scientifiche, il che, seppur una scelta stilistica, può a volte risultare limitante per un pubblico più generico che non necessariamente possiede un interesse preesistente per gli argomenti trattati, motivo per cui il suo pubblico medio sembra essere già piuttosto preparato o curioso riguardo alle tematiche. Nonostante questa limitazione, riesce comunque a usare esempi e analogie facilmente comprensibili, ricorrendo anche a oggetti quotidiani da scrivania o a modi di dire efficaci, come ad esempio "andare più indietro del Big Bang è come andare più a nord del Polo Nord", rendendo così i concetti astratti più accessibili.

Il reparto visivo, invece, risulta un po' più debole, decisamente migliorabile: in alcuni video, soprattutto quelli più datati, si possono notare animazioni esplicative molto semplici, ma dall'estetica poco curata, approssimativa e priva di un vero studio. A volte vengono fatti vedere grafici non contestualizzati che per uno spettatore che non sa cosa sta guardando, risultano privi di significato.

La praticità espositiva nonostante ciò prevale su tutto, e solo negli ultimi tempi ha cominciato a utilizzare clip tratte da altri video. Se da un lato queste aggiunte danno un effetto di collage, quasi a suggerire un risultato poco rifinito, dall'altro sono clip comunque ben scelte e, nel loro insieme, di buona qualità.

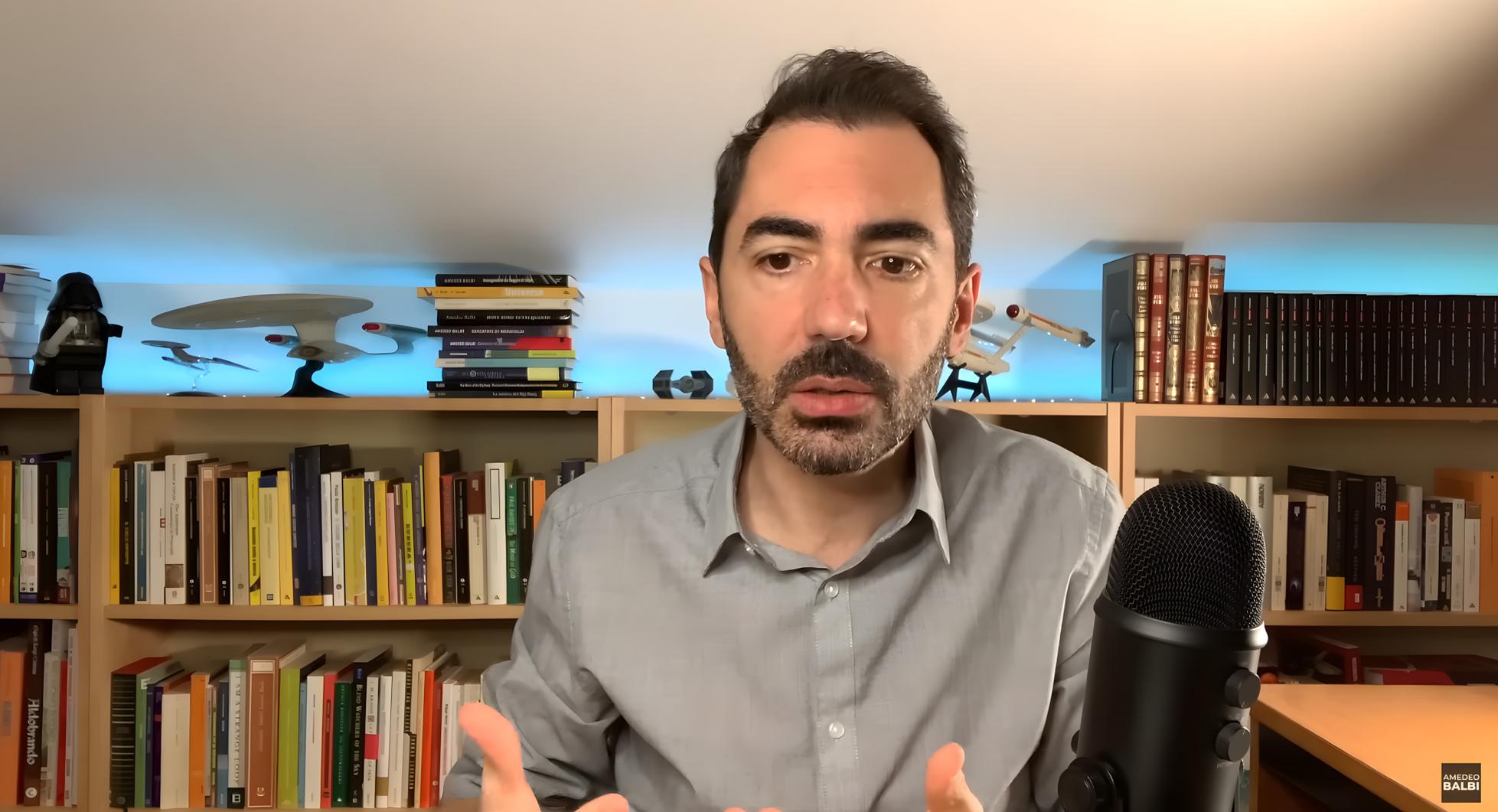
### Cose da evitare

Evitare di trascurare il background degli scienziati e il loro lato umano

Evitare di usare grafici non contestualizzati che possono confondere e mandare in overwelming l'utenza

Evitare un tono troppo lineare e robotico. Bisogna mostrare emotività, emozione e coinvolgimento

Evitare di tralasciare l'apparato visivo rendendolo cheap



AMEDEO  
BALBI



Le nostre azioni sono  
predeterminate?



*Screenshot vari dei contenuti  
del canale YouTube di  
Amedeo Balbi*

## Scienza per tutti

ScienzaPerTutti è il sito di comunicazione scientifica dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN). Nato dalla collaborazione della comunità di ricercatori dell'INFN, il progetto mira a rendere accessibili a tutti i temi della scienza, con particolare attenzione alla fisica e alla tecnologia. Sul sito sono disponibili numerose lezioni dedicate a diverse discipline scientifiche. L'analisi che segue si concentra in particolare sui capitoli dedicati alla spiegazione della relatività generale.

Sito web  
INFN  
2017

Accessibilità: **4/10**  
Storytelling: **5/10**  
Immagini: **3/10**

### Cose da tenere

Suddivisione in più step per essere chiari, continuativi e logicamente concludenti

Usare esempi il più semplici possibile e il più connessi alla nostra vita possibile

L'intento dichiarato del sito è quello di fornire risorse gratuite per imparare cose nuove, rendendo la scienza accessibile a tutti. Tuttavia, sebbene l'obiettivo sia nobile, il "per tutti" in realtà si rivolge a un pubblico limitato. Mi spiego meglio: un'iniziativa veramente "per tutti" dovrebbe comunicare in modo chiaro e coinvolgente, offrendo strumenti per comprendere, con metodi e stili espositivi adatti a tutti, ma in questo caso, il modo in cui le "lezioni" vengono presentate non è particolarmente stimolante e non tende a generare interesse e curiosità. Ciò porta a una fruizione del sito limitata a chi ha già una certa conoscenza dell'argomento e magari cerca diversi punti di vista per la didattica, a chi è informato sull'iniziativa e desidera verificarla o chi riceve suggerimenti di consultare il sito da altri. La severa selezione delle persone che rimangono davvero a interagire con il sito, dovuta ai metodi poco coinvolgenti, alla narrazione non aggiornata e alla scarsa capacità di attirare il lettore, fa sì che l'iniziativa risulti poco utile per un pubblico vasto, sebbene i contenuti siano relativamente accessibili (anche se complessi) e presentati in modo abbastanza semplice.

Detto ciò, se consideriamo il caso in cui una persona riesca a scoprire il sito e sia effettivamente interessata a formarsi, l'accessibilità dei singoli contenuti può essere valutata anche positivamente. Le spiegazioni seguono un filo logico, suddividendosi in lezioni che permettono di costruire gradualmente una conoscenza sempre più strutturata. Il livello di approfondimento è buono, con una matematica che, pur essendo presente, rimane comprensibile. C'è un buon equilibrio tra la necessità di trasmettere concetti complessi e il riconoscimento dei limiti del pubblico e dell'intento divulgativo del progetto, evitando di entrare in spiegazioni troppo difficili. Il tono leggero e talvolta scherzoso dello scrittore promuove un contatto più umano con la scienza, presentando lo scienziato non come una figura distante e fredda, ma come qualcuno entusiasta delle proprie scoperte (sebbene l'entusiasmo sia percepibile senza essere troppo invadente).

Il tono di voce del sito è formale, ma non eccessivamente rigido, mantenendo comunque una certa neutralità e un approccio didattico. Tuttavia, emergono delle criticità a livello di storytelling. Nonostante le spiegazioni siano esaustive, la complessità dei contenuti e la loro modalità di esposizione danno per scontate delle conoscenze necessarie del lettore, limitando un po' l'accessibilità. Inoltre, manca quasi completamente l'entusiasmo dell'autore (diverso dall'entusiasmo con cui vengono raccontate le scoperte di scienziati altrui), il che impedisce di suscitare lo stesso entusiasmo nel lettore. Questa mancanza di stimoli emotivi e la scarsa capacità di suscitare curiosità rappresentano un ostacolo significativo nella fruizione dei contenuti, rendendo il progetto, nonostante le buone intenzioni, piuttosto arduo e noioso da leggere, soprattutto considerando anche la limitata presenza di stimoli visivi. Inoltre, gli esempi non sono semplici, ma piuttosto lunghi, complessi e richiedono un notevole impegno di visualizzazione. Tuttavia, va notato che questi esempi restano fortemente legati alla vita quotidiana e ai significati condivisi dal lettore.

Puntano su aspetti familiari della vita di tutti i giorni per spiegare e giustificare l'importanza di temi complessi e apparentemente distanti da noi e dai nostri interessi, come nel caso della relatività generale e il suo impatto sui GPS, presentando anche insight inerenti come l'errore accumulato ogni giorno se la relatività non venisse considerata nel determinare la posizione. Per avvicinarsi ulteriormente al mondo del lettore, vengono inoltre utilizzate connessioni con il suo immaginario, facendo ad esempio riferimento a film famosi e altre esperienze condivise.

Il reparto immagini, purtroppo, merita poche lodi. Viene completamente ignorato il potenziale delle rappresentazioni visive, e quelle presenti sono molto scarse, essenziali, ma nel senso di poco stimolanti, con una cura estetica praticamente assente. Le immagini sono difficilmente comprensibili se non viene fornito un contesto completo, (anche se alcune sono addirittura animate) e il loro contributo, sebbene non nullo, è limitato. Alla fine, supportano il discorso e possono essere utili per la visualizzazione, ma risultano comunque più difficili da comprendere e utilizzare senza un adeguato sforzo mentale: ciò è dato dal fatto che la maggior parte delle immagini siano esclusivamente grafici completamente spogli, aumentando il tempo e l'impegno necessari per renderli una risorsa utile. Inoltre, sono davvero poche e non giocano un ruolo da protagoniste: in 10 lezioni sulla relatività, infatti, si contano al massimo due immagini che non sono grafici, che tentano di essere evocative, ma purtroppo non riescono a raggiungere questo obiettivo.

### Cose da evitare

Evitare di trascurare le potenzialità della visualizzazione producendo visual scarni, freddi e complessi da comprendere

Evitare l'effetto del libro lungo e noioso, al contrario, promuovere una narrazione curiosa ed emotiva

Evitare di dare per scontate troppe conoscenze abbassando l'accessibilità del contenuto

Evitare esempi lunghi e complessi che richiedono molto lavoro mentale

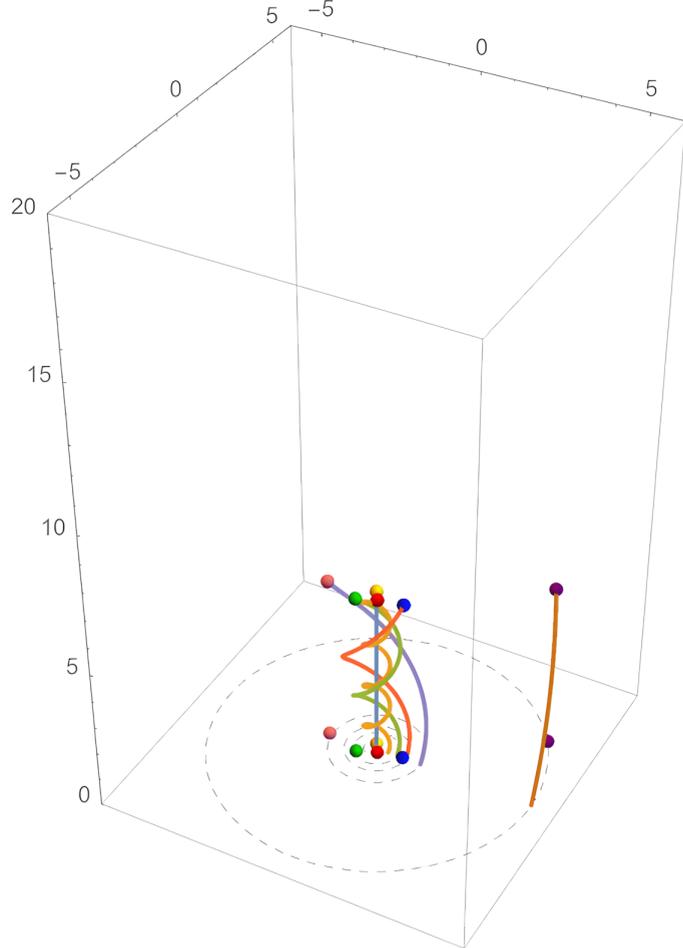


Figura 6: Le linee di universo del Sole (verticale e azzurra) e dei pianeti più vicini. Le scale dei tempi e delle distanze sono scelta in modo da rendere evidente l'effetto: se i tempi fossero misurati in secondi e le distanze in secondi luce tutte le linee di universo sarebbero indistinguibili da linee rette.

nte situazione: una cabina si trova sospesa nello spazio ad una distanza  $d$  da una massa  $M$ . Per quanto detto, sia la cabina che le masse si muovono in caduta libera verso il centro della Terra. Dal punto di vista di un osservatore esterno, le traiettorie sono paraboliche, come le linee continue in Figura 2.



...duta libera in un campo gravitazionale, all'interno di una cabina anch'essa in caduta libera, non sono quelle relative ad un osservatore esterno in quiete. Le traiettorie tratteggiate sono quelle relative ad un osservatore in caduta libera con la cabina.

...un osservatore all'interno della cabina, anch'esso accelerato, tutti gli effetti gravitazionali sono indistinguibili da quelli di un sistema di riferimento accelerato.

## 10. Onde gravitazionali

### onde gravitazionali

percorso di **Giancarlo Cella**

Terminiamo con un accenno ad una ulteriore conseguenza della teoria, le cosiddette onde gravitazionali. Partiamo da uno spazio privo di materia, e quindi piatto. La struttura dei coni luce sarà molto semplice: saranno tutti identici e allineati. Supponiamo adesso che per qualche motivo in un punto dello spazio appaia una massa. La massa indurrà immediatamente una distorsione del cono luce in quel punto. Successivamente i coni luce vicini a questo si adatteranno al cambiamento e modificheranno a loro volta la loro forma e disposizione. E così via. Dato che la propagazione della distorsione non sarà istantanea, avremo una propagazione di un segnale che possiamo ipotizzare si comporti in modo simile ad un'onda elettromagnetica, con la differenza che quello che viene propagato non è un campo elettromagnetico ma una distorsione della struttura dello spaziotempo.

Le masse non possono apparire o scomparire improvvisamente, dobbiamo considerare quindi altri tipi di sorgenti: ad esempio distribuzioni di massa che variano nel tempo le proprie caratteristiche e quindi generano una distorsione dello spaziotempo circostante capace di propagarsi come un'onda.

Per avere segnali di ampiezza apprezzabile, che abbiano qualche speranza di essere misurate da un moderno interferometro come Virgo o LIGO, occorre considerare grandi masse, concentrate in regioni di spazio il più possibile limitate (per avere grandi densità) e in moto molto rapido.

### Coalescenze binarie

Una sorgente efficiente di onde gravitazionali è la cosiddetta coalescenza binaria. Si tratta della fase finale dell'evoluzione di due corpi molto compatti e di grande massa, ad esempio una coppia di stelle di neutroni o di buchi neri, in orbita attorno al centro di massa comune. A causa del loro moto emettono onde gravitazionali e perdono energia, avvicinandosi e

### La Relatività Generale

- 1. I problemi della teoria classica della gravitazione
- 2. Il principio di equivalenza
- 3. Conseguenze del principio di equivalenza
- 4. Relatività generale
- 5. Relatività generale // Spaziotempo curvo
- 6. Relatività generale // Le equazioni di Einstein
- 7. Le verifiche classiche della Relatività Generale
- 8. Buchi neri
- 9. L'evoluzione dell'Universo
- 10. Onde gravitazionali

Screenshot vari dei contenuti del sito Scienza per tutti



I percorsi divulgativi di SxT

Le Rubriche di SxT

**100mila tonnellate**  
La massa del Sole che ogni secondo viene trasformato in energia.

**I NUMERI DELLA FISICA**  
I numeri della fisica

**Viaggiare indietro nel tempo?**

**CHIACCHIERE DI FISICA**  
Viaggiare indietro nel tempo?

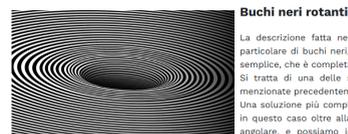
**Grosso guaio a Lottolandia**

**CHIACCHIERE DI FISICA**  
Grosso guaio a Lottolandia

**L'Universo nascosto**

**LETTURE CONSIGLIATE**  
L'Universo nascosto

Da quanto detto sembra seguire che tutta la massa di un buco nero, interna all'orizzonte, debba finire concentrata in un punto a  $r=0$ . In realtà non disponiamo ancora degli strumenti teorici necessari per descrivere la struttura del centro di un buco nero: questo richiederebbe una teoria quantistica della gravitazione, che ad oggi non è ancora stata definita.



### Buchi neri rotanti

La descrizione fatta nella sezione precedente riguarda una classe particolare di buchi neri, detti di Schwarzschild. Si tratta del tipo più semplice, che è completamente descritto dalla sua massa. Si tratta di una delle soluzioni esatte delle equazioni di Einstein menzionate precedentemente. Una soluzione più complicata descrive i cosiddetti buchi neri di Kerr: in questo caso oltre alla massa deve essere specificato il momento angolare, e possiamo interpretare questi oggetti come buchi neri rotanti.

Ci si attende che si tratti del tipo più frequente in natura. Un buco nero può infatti formarsi dal collasso di una stella di massa grande, oppure dalla fusione di coppie di buchi neri o stelle a neutroni. Sistemi di questo tipo possiedono una rotazione (momento angolare) che si ritrova nel buco nero finale. La rotazione genera una serie di fenomeni nuovi: in particolare la struttura dei coni luce attorno al buco nero può essere distorta da impedire ad un oggetto (ad esempio la solita astronave) di rimanere fermo, per quanto potenti possano essere i suoi motori.

Possiamo visualizzare la situazione immaginando che il buco nero in rotazione trascini lo spaziotempo attorno a sé: quando la velocità di trascinamento è maggiore della velocità della luce non può essere contrastata da nessun corpo. In realtà questo effetto di trascinamento è presente, sempre secondo la Relatività Generale, attorno a un corpo rotante qualsiasi, seppure in misura molto minore, ed è detto effetto Lense-Thirring.

## How gravity actually works

Video del canale YouTube "Veritasium" 2021

Accessibilità: **8/10**  
Storytelling: **8/10**  
Immagini: **8/10**

### Cose da tenere

Essere strategici negli esempi e scegliere dei contesti narrativi che facilitino la comprensione del concetto

Impersonificazione del pubblico e dei suoi dubbi e incomprensioni che vengono quindi previste, assecondate e spiegate, facendo ritrovare lo spettatore

Usare la matematica non come un ostacolo ma come una risorsa, scomponendola per renderla più accessibile e leggera

Sfruttare insight e conoscenze pregresse per appoggiarsi in determinate spiegazioni, senza risultare però incomprensibili

Introdurre una narrativa come quella del viaggio dal quale poi si sviluppano esempi contestualizzati

Questo video è tratto dal canale YouTube Veritasium, un progetto di divulgazione scientifica creato e condotto dal Dr. Derek Muller, che vanta quasi 17 milioni di iscritti. Il canale si distingue per l'obiettivo di diffondere conoscenza e verità attraverso contenuti chiari, innovativi e coinvolgenti, con un grande impegno per rendere i concetti accessibili senza risultare noiosi. Spesso coinvolge esperti e, talvolta, anche cittadini comuni. In questo video specifico, il tema centrale è la gravità e le intuizioni di Einstein, che hanno portato alla formulazione della teoria della relatività generale.

Il progetto, e di conseguenza il video, nasce con l'obiettivo di essere accessibile a un pubblico ampio, rispettando i moderni paradigmi della divulgazione scientifica per diffondere verità. Questo intento è perseguito in modo efficace grazie a una strategia ben studiata: oltre alla presenza su diversi touchpoint e alla trasparenza delle risorse, che lo rendono un punto di riferimento affidabile, Derek Muller si impegna nella selezione di temi sempre interessanti e talvolta attuali, veicolando informazioni utili e significative. Riguardo al video nello specifico, l'accessibilità è ampia: il contenuto è dedicato a spiegare come la gravità funziona realmente, approfondendo la teoria della relatività generale in modo chiaro, semplice e accattivante, senza dilungarsi in conseguenze e altri aspetti più complessi. Questo avviene anche attraverso strategie narrative e visive particolarmente efficaci, che rendono i concetti comprensibili a un pubblico vasto. Tuttavia, ci sono momenti in cui viene introdotta un po' di matematica e un approccio lievemente più didattico, che può ridurre leggermente l'accessibilità, presupponendo alcune conoscenze di base (ad esempio, come funziona una frazione e cosa accade aumentando il denominatore). Paradossalmente, però, questi elementi matematici sono utilizzati per chiarire ulteriormente i concetti esposti. Questo approccio rivela una dinamica interessante: la matematica non viene presentata nella sua complessità dimostrativa, ma scomposta in elementi più semplici e comprensibili, piccoli frammenti di equazioni o postulati vengono usati per conferire maggiore credibilità e rendere i concetti ancora più chiari e intuitivi.

Nel video emerge anche uno sforzo evidente per rappresentare lo scienziato come una figura umana e accessibile. Il fisico protagonista, che svolge il ruolo di divulgatore, è presente in scena e interagisce con il mondo che lo circonda, favorendo l'immedesimazione del pubblico nella sua dimensione umana. Inoltre, viene raccontato il contesto dietro la teoria di Einstein, con una narrazione che mette in luce i suoi pensieri, le sue domande più semplici e autentiche, oltre alle emozioni provate durante le sue scoperte (min. 0:52).

Lo storytelling del video presenta molti aspetti positivi. Fin dall'inizio si sviluppa una narrazione coinvolgente che prende la forma di un viaggio, sia letteralmente che cinematograficamente. Derek, infatti, viene mostrato all'inizio del video mentre entra in una navicella spaziale, dando avvio al racconto e da lì, la storia si costruisce attorno a situazioni create ad hoc per introdurre e spiegare concetti complessi attraverso esempi semplici e strategicamente pensati per essere comprensibili e vicini al pubblico. Un esempio notevole si trova al minuto 5:23, dove le geodetiche vengono spiegate in modo sorprendentemente intuitivo attraverso la curvatura della Terra, un fenomeno visibile e familiare per tutti, che rende il concetto immediatamente accessibile e significativo. La forza di questa strategia risiede nella cura con cui vengono costruiti gli esempi, partendo dal contesto narrativo. Un esempio sta nell'idea di trovarsi in un razzo spaziale: al minuto 3:42, Derek utilizza proprio il razzo per illustrare un sistema di riferimento chiuso.

In questa scena, spiega come, all'interno di un razzo isolato, non percepiamo l'accelerazione, anche se la gravità ci sta "spingendo" verso un pianeta, ed è l'ambientazione stessa (il razzo, quindi un involucro metallico progettato per isolarci dall'esterno) a rendere l'idea chiara e visivamente comprensibile, grazie alle immagini che accompagnano la spiegazione. Se l'esempio del razzo fosse stato introdotto solo a parole, il concetto sarebbe comunque risultato comprensibile, ma meno incisivo.

Un'altra strategia narrativa particolarmente efficace nel video è la presenza di una controparte oltre al divulgatore principale, che funge da rappresentazione del pubblico. Questa figura dà voce, in modo chiaro e diretto, ai dubbi e alle incomprensioni che l'utente medio potrebbe avere. Questo approccio avvicina notevolmente lo spettatore al contenuto, poiché le possibili difficoltà vengono riconosciute, anticipate e risolte, permettendo a chi guarda di sentirsi compreso e di acquisire conoscenze più significative. (Esempi si trovano al minuto 2:40 e al minuto 10:03).

Il tono di voce utilizzato nel video è generalmente neutro, ma arricchito da picchi di entusiasmo e variazioni tonali che, insieme agli effetti sonori, creano un coinvolgimento non solo narrativo, ma anche uditivo.

Va fatta una considerazione sull'approccio narrativo ed espositivo adottato per gli esempi: Veritasium ambisce a parlare a tutti, ma in realtà dimostra di conoscere bene un target specifico, anche se meno esplicitamente definito. Questa conoscenza permette al canale di utilizzare esempi mirati e di sfruttare insight significativi e comunicativamente potenti, comprensibili solo a quel pubblico: ad esempio, confutare una rappresentazione scientifica diffusa come il modello del telo con le sfere per spiegare la gravità presuppone che gli spettatori siano già familiari con questo concetto. Frasi come "Quello che sapete è sbagliato" implicano che chi guarda possiede già alcune nozioni di base. Questa strategia, apparentemente esclusiva, sembra comunque ben calibrata per il pubblico principale di Veritasium

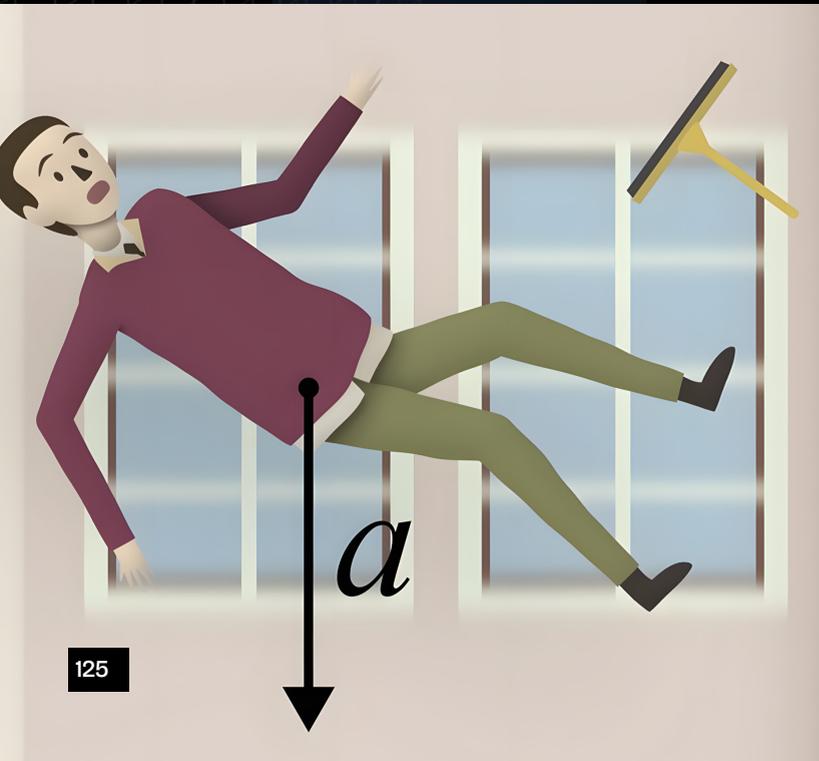
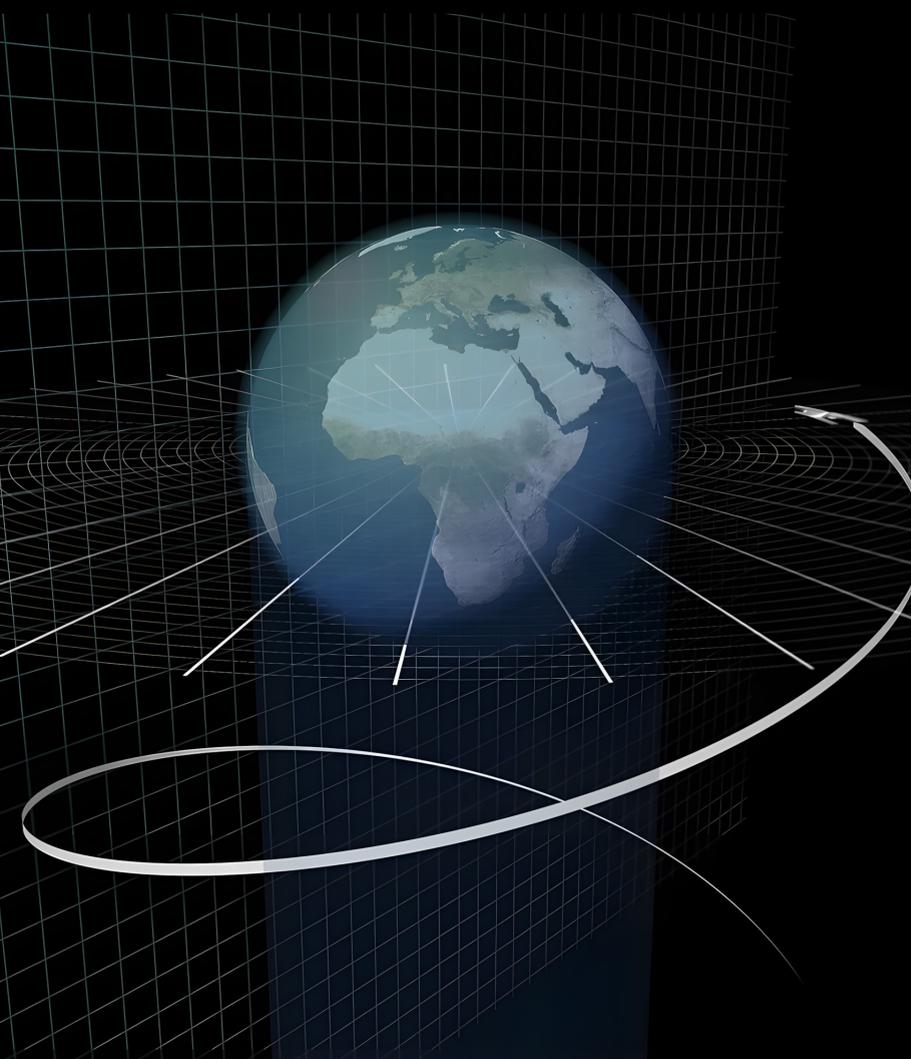
Il comparto visivo del video è solido: non particolarmente estetico o sofisticato, ma semplice, diretto e altamente funzionale. Le immagini svolgono un ruolo essenziale nel supportare il discorso, rendendo i concetti più chiari e significativi per il pubblico. Le rappresentazioni visive sono leggere e spesso simpatiche, con il divulgatore spesso al centro della scena, contribuendo a strappare un sorriso e a comunicare, come accennato, il lato umano della scienza.

Il video alterna diversi tipi di rappresentazioni visive. Da un lato, ci sono visualizzazioni realistiche, quasi fotografiche, degli esempi e dei contesti proposti, fondamentali per comprendere appieno le situazioni descritte. Dall'altro, vengono utilizzate rappresentazioni più semplici e grafiche, utili per confermare previsioni, chiarire concetti complessi o mettere in relazione due elementi.

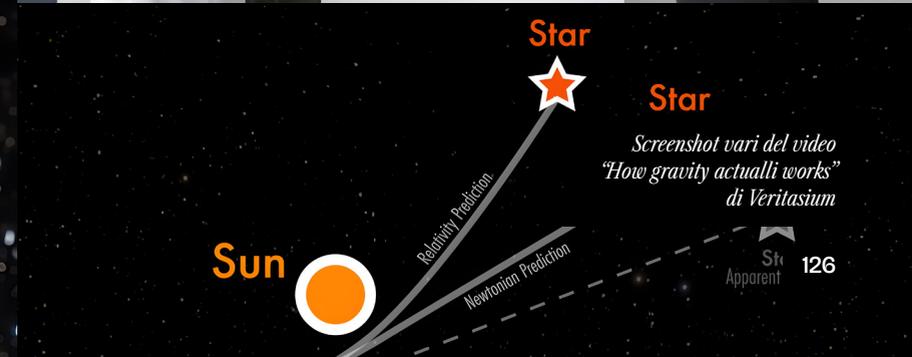
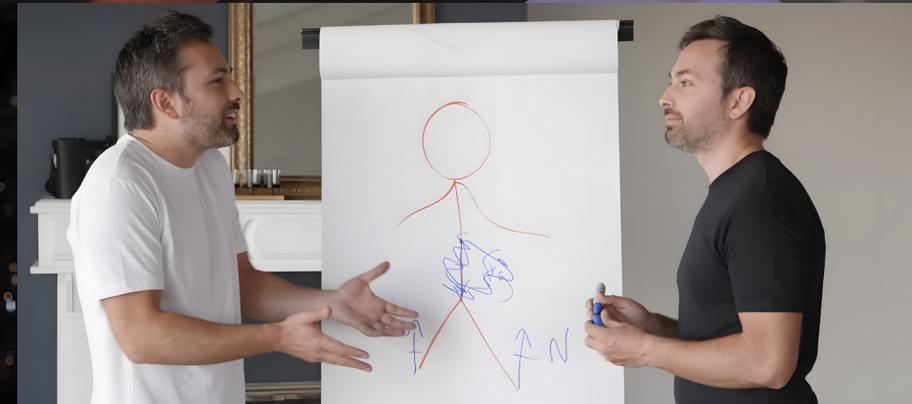
Concludendo, il video non lascia molte domande aperte e non punta particolarmente a stimolare curiosità, ma ciò non rappresenta un aspetto negativo. Questo perché il video sembra concepito per soddisfare una curiosità preesistente, confermando ulteriormente l'idea di un target ben definito e meno universale. Se il contenuto fosse davvero pensato per un pubblico generalista, potrebbe essere utile includere elementi che stimolino maggiore curiosità, magari attraverso rappresentazioni visive più estetiche e meno risolutive.

Verso la fine, viene posta una domanda agli spettatori, ma non tanto per lasciare aperti interrogativi, quanto per chiarire un aspetto marginale della spiegazione, legato al concetto di illusione.

[https://www.youtube.com/watch?v=XRr1kaXKBSU&ab\\_channel=Veritasium](https://www.youtube.com/watch?v=XRr1kaXKBSU&ab_channel=Veritasium)



125



126

## Animation VS Physics

Video del canale  
YouTube "Alan Becker"  
2023

Accessibilità: **7/10**  
Storytelling: **8/10**  
Immagini: **9/10**

### Cose da tenere

Partire dal conosciuto ed evolversi verso lo sconosciuto

Condividere ed immedesimare le emozioni e le reazioni di chi guarda

Usare un tratto grafico semplice e pulito per esprimere concetti complessi, alternato invece ad una descrizione più fedele e fotografica

Utilizzare una narrazione avvincente, con svolte di trama e suspense

Sfruttare il suono come l'immagine per dare senso e matericità ad un concetto spiegato e migliorarne il percepimento

Usare un buon studio di forme e colori per mantenersi funzionalmente astratti ma allo stesso tempo fedeli alla realtà

Animation vs Physics è un video su YouTube creato da Alan Becker, in cui il protagonista, un simpatico stick-man arancione, si ritrova apparentemente per caso nello spazio. Qui, attraverso un viaggio avventuroso, scopre progressivamente una vasta gamma di leggi e concetti fisici. Il percorso inizia con nozioni fondamentali, come il moto rettilineo, per poi affrontare temi sempre più complessi, tra cui l'elettromagnetismo, e culminare con rappresentazioni speculative e teoriche di fenomeni estremi, come la meccanica quantistica e l'interno di un buco nero.

Il progressivo scoprire i concetti fisici, uno dopo l'altro, ricorda le tappe di apprendimento scolastico, dove le nozioni si susseguono in modo logico e graduale. Gli argomenti del video sono ben concatenati, creando un filo conduttore che parte da scenari semplici e familiari (solidificando il legame con lo spettatore, soprattutto quello istruito) per poi evolversi in situazioni sempre più complesse, capaci di stimolare curiosità e coinvolgimento, fino a culminare nell'assurdo.

Durante l'intero video, si percepisce un senso di immersione totale: ciò che accade sullo schermo sembra vissuto in prima persona, come se fossimo al fianco dello stick-man. Il protagonista, pur essendo un semplice disegno senza volto né voce, riesce a riflettere in modo sorprendente le nostre emozioni: condivide confusione, stupore e curiosità, accompagnandoci nelle scoperte passo dopo passo. Non ha risposte immediate, ma le costruisce attraverso l'esperienza, rendendolo estremamente umano. Ad esempio, l'inizio del video presenta uno scenario surreale e disorientante, una sensazione che il protagonista stesso vive pienamente mentre cerca di capire dove si trova e come tornare a terra, instaurando fin da subito un forte legame empatico con lo spettatore.

L'obiettivo principale del video è intrattenere lo spettatore, non istruirlo. Nonostante la fisica venga esplorata, il video non cerca di spiegare concetti complessi, ma piuttosto si diverte a spingersi ai limiti teorici di discipline che sarebbero impossibili da spiegare completamente in un video. Questi argomenti vengono trattati con grafiche straordinariamente semplici, che, pur mantenendo un alto grado di astrazione, permettono di rendere accessibile anche l'impossibile.

Il video risulta piuttosto accessibile: sebbene una buona conoscenza della fisica permetta di apprezzarlo maggiormente in quanto si proiettano le proprie conoscenze su quanto mostrato, non è necessario avere competenze pregresse per seguirlo. Anche se formule e grafici possono sembrare incomprensibili a chi non è familiare con la materia, l'obiettivo del video non è quello di educare, ma di coinvolgere lo spettatore. Per questo motivo, resta comunque fruibile e interessante per un pubblico ampio.

In generale, il video è estremamente affascinante: sfrutta tecniche cinematografiche, crea suspense e inserisce elementi di mistero e svolte narrative (sebbene la trama sia piuttosto lineare), caratteristiche che lo rendono coinvolgente come un film. Inoltre, la chiarezza e l'eleganza con cui vengono presentati i concetti fisici attraverso le illustrazioni contribuiscono a creare un'atmosfera misteriosa e "alta", elevando la qualità complessiva del video. Tutto questo spinge lo spettatore a guardarlo fino alla fine, stimolando domande sulla realtà dei fenomeni descritti e invitandoci a chiederci: "Come sarebbe nella vita reale?" e "A cosa corrisponde questo nel mondo fisico?". Il video lascia così numerose domande aperte, alimentando la curiosità e l'interesse per la materia trattata.

Lo storytelling visivo è coinvolgente, ma non è solo la vista a essere stimolata: nonostante il video non contenga dialoghi, il suono gioca un ruolo fondamentale. Viene utilizzato sia per creare suspense e arricchire l'aspetto cinematografico, sia per conferire una dimensione di concretezza agli oggetti e alle loro interazioni con il protagonista e l'ambiente. Il suono è attentamente studiato e supporta la rappresentazione visiva, come se fosse un elemento propedeutico per trasmettere l'idea dei concetti fisici mostrati.

L'immagine è il vero protagonista del video. I concetti fisici vengono rappresentati in modo funzionale ed elegante, utilizzando due tipi di visualizzazioni. Il primo è quello principale, che accompagna lo sviluppo della storia: oggetti di scena e rappresentazioni del cosmo, dei campi di forza, dei corpi celesti e della meccanica quantistica. Questi elementi cercano di essere fedeli alla realtà, ma con una certa libertà, mantenendo un livello di semplicità molto estetica. I colori, le forme e i movimenti sono utilizzati con maestria per trasmettere i concetti in modo chiaro e visivamente piacevole. L'altro tipo di rappresentazione visiva consiste nelle annotazioni che accompagnano i fenomeni osservati: grafici, formule, schemi, vettori, e altri elementi disegnati in bianco su sfondo nero. Questi elementi sono minimalisti ma esteticamente affascinanti, conferendo un tono elegante e una semplicità ricercata nell'esposizione. La loro semplicità, però, come già specificato prima, può risultare incomprensibile a chi non ha familiarità con la materia, soprattutto quando si parla di argomenti complessi; ad esempio, a minuto 5:10, il grafico relativo al fattore di Lorentz potrebbe non avere alcun significato per chi non conosce il concetto.

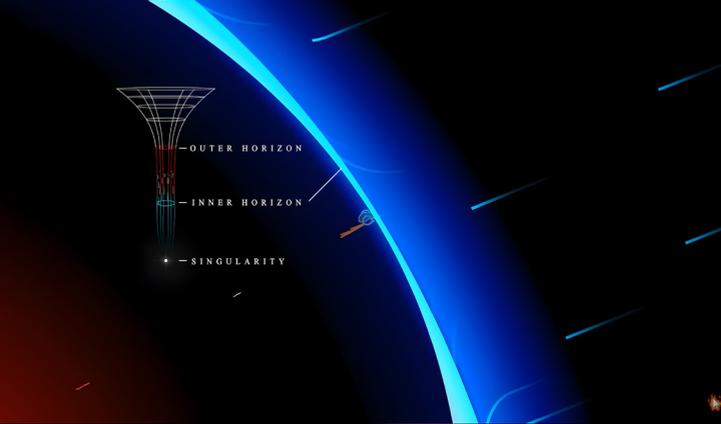
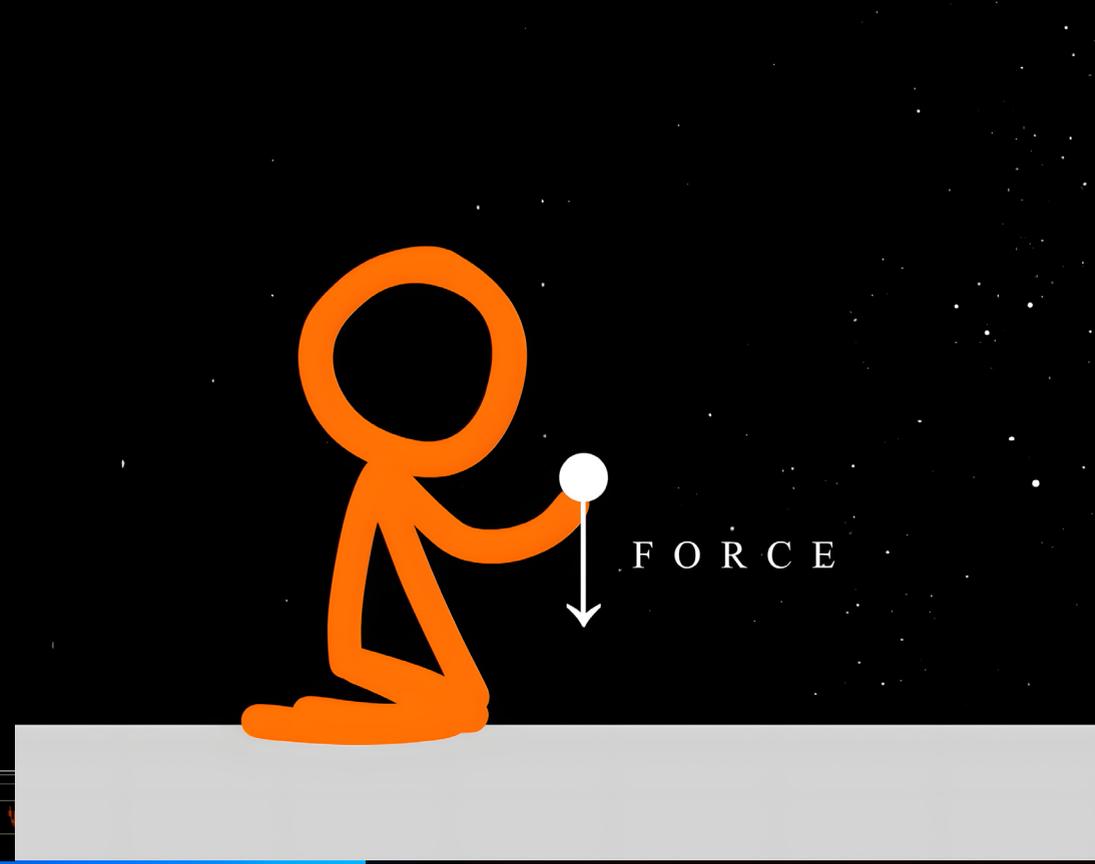
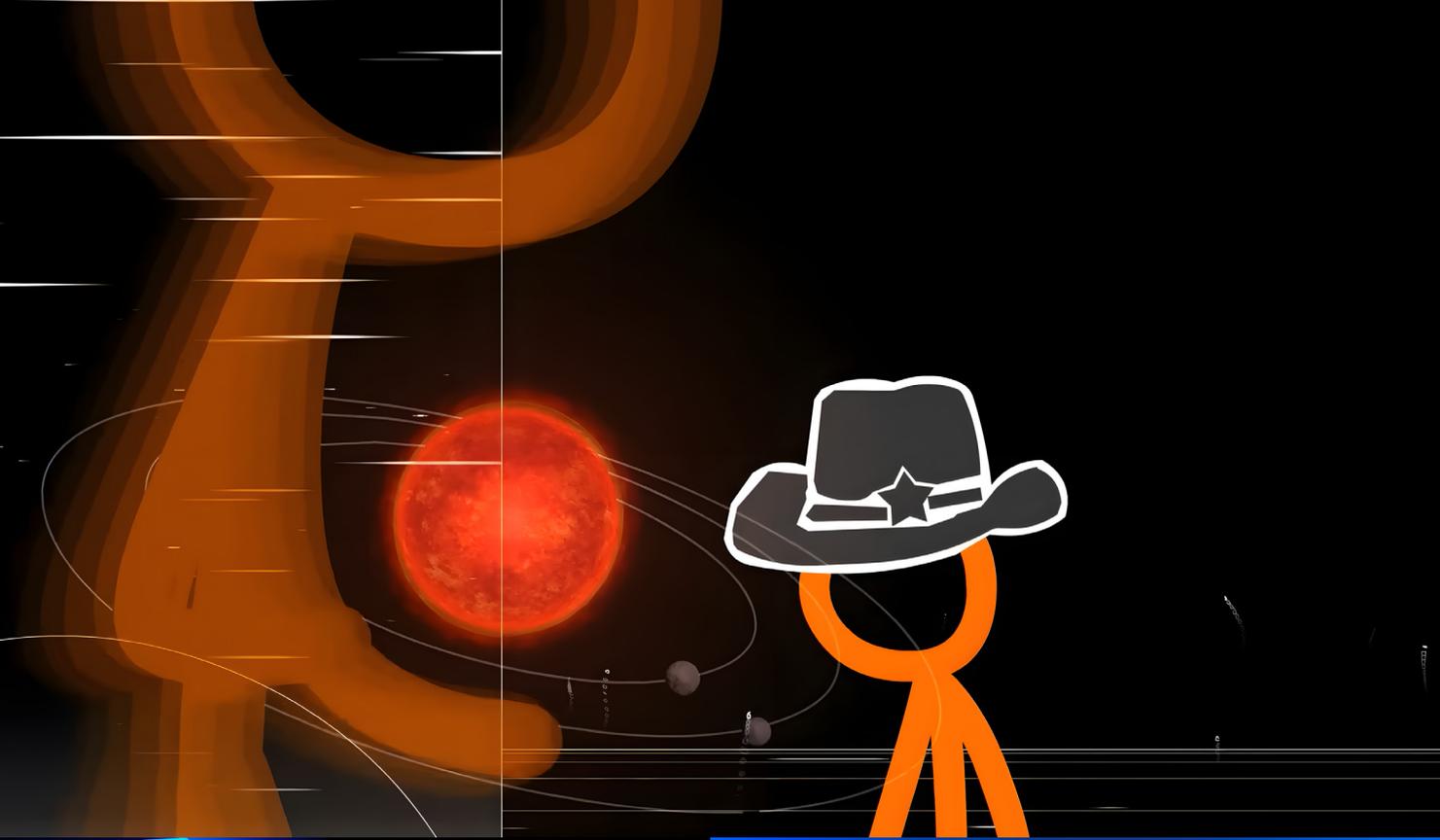
Man mano che i fenomeni diventano più complessi, i grafici diventano meno esplicativi (anche se, ricordiamo, non è questo il loro scopo). Tuttavia, l'autore fa scelte intelligenti su cosa e come mostrare, riuscendo a coniugare la facilità di comprensione con la creazione di scenari il più plausibili possibile. Inoltre, vengono utilizzate diverse prospettive per spiegare fenomeni complessi (come la relatività generale), per evidenziare gli effetti di un osservatore esterno e interno, sottolineando come noi, insieme allo stick-man, stiamo vivendo questo incredibile viaggio.

### Cose da evitare

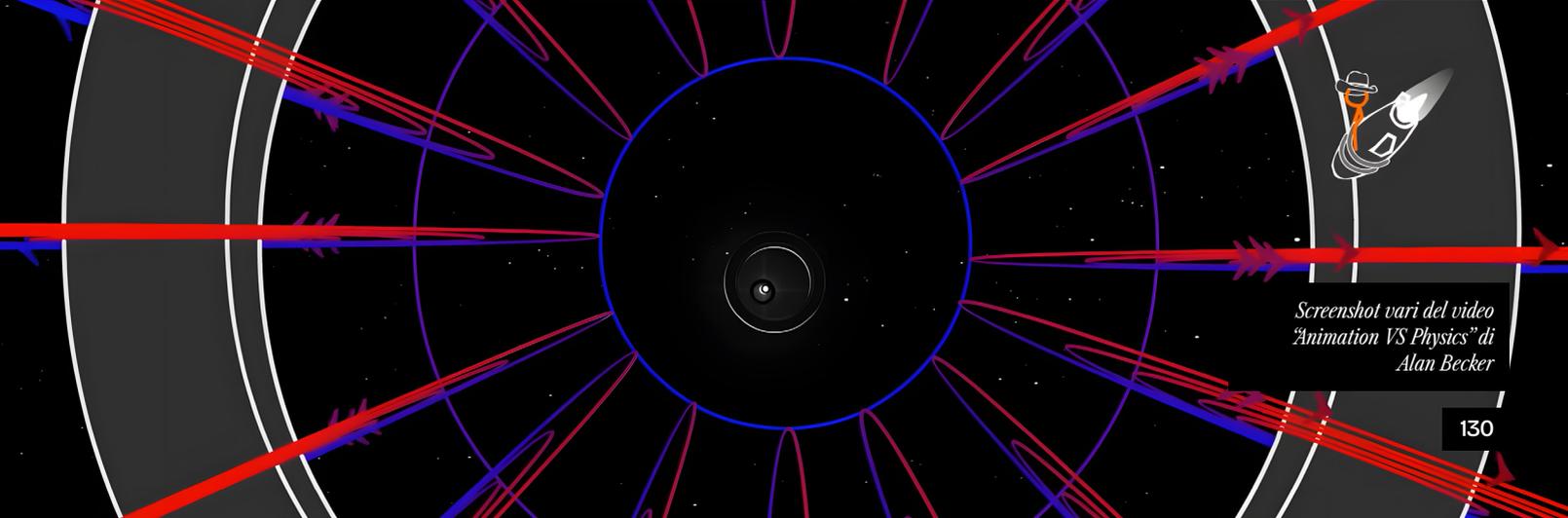
Evitare di dare per scontata l'estetica delle rappresentazioni

Evitare di dare per scontate troppe conoscenze inserendo visualizzazioni o grafici incomprensibili

<https://youtu.be/ErMSHiQRn-c8?si=fJHRlpOGnXUvCLIL>



BLACK HOLE



Screenshot vari del video  
"Animation VS Physics" di  
Alan Becker

## Kurzgesagt in a nutshell

Progetto di divulgazione multicanale 2013 - oggi

Accessibilità: **8/10**  
Storytelling: **8/10**  
Immagini: **9/10**

### Cose da tenere

Sfruttare il tono di voce e la narrazione per creare momenti memorabili

Approcciarsi a temi esistenziali e significativi per l'uomo

Creare dei visual che rappresentino un'identità definita e solida

Usare un tono di voce caldo e sicuro di sé alternato a momenti ironici

Cercare di usare strategicamente più touchpoint per veicolare informazioni in modo diversificato e stimolante

Spezzare le nozioni veicolate in capitoli più piccoli per semplificare e rendere più memorabili e meglio fruibili

Kurzgesagt è un canale YouTube nato dall'idea di un gruppo di universitari con l'obiettivo di spiegare la scienza in modo sincero, affidabile e, soprattutto, coinvolgente. Fin dal 2013, il canale si è dedicato a rendere la scienza accessibile e appassionante per un pubblico ampio e diversificato, producendo video su argomenti di ogni tipo, in diverse lingue. Il successo del canale si deve anche al contributo di un vasto team di professionisti, tra cui illustratori, animatori e copywriter, che collaborano per rendere ogni storia, concetto o discussione visivamente accattivante e culturalmente stimolante.

Kurzgesagt affronta una vasta gamma di argomenti attraverso diversi social media, raggiungendo così numerosi touchpoint e un pubblico ampio ed eterogeneo. Questa strategia si rivela vincente, poiché è in linea con gli obiettivi del progetto, tra cui rendere la scienza accessibile a tutti. Il progetto si distingue per visual accattivanti e un livello di approfondimento facilmente comprensibile, che non richiede conoscenze pregresse: l'obiettivo principale del team è infatti presentare la scienza come qualcosa di fruibile, divertente e comprensibile, puntando sull'intrattenimento per catturare l'attenzione dello spettatore. Ogni video è costruito per coinvolgere visivamente chi guarda, accompagnandolo fino al messaggio finale, che può essere di natura sociale, educativa o riflessiva. L'accessibilità del contenuto è ulteriormente enfatizzata dal modo in cui gli argomenti vengono presentati: in alcuni casi, i video si sviluppano attraverso storie, talvolta completamente inventate, che veicolano messaggi chiari e insegnamenti profondi. Queste storie spesso si intrecciano con grandi domande esistenziali, affrontando temi universali e condivisibili, capaci di creare connessioni emotive con il pubblico. Questo approccio dà maggiore significato ai contenuti, poiché riflette interrogativi comuni e coinvolge le emozioni di chi guarda. Altre volte, invece, il contenuto viene presentato in maniera più tradizionale, con una spiegazione logica e ben strutturata. Anche in questi casi, però, non manca una chiara attenzione alla narrazione, che rende il tutto coinvolgente pur senza ricorrere a un puro storytelling.

La loro strategia si basa anche su una serie di elementi distintivi che rafforzano l'identità del progetto. Uno degli aspetti più evidenti è l'uso di illustrazioni caratterizzate da uno stile unico, acceso e riconoscibile, che contribuisce a creare coesione visiva e a rendere immediatamente identificabile il brand. Altri dettagli invece, apparentemente semplici, rivelano una strategia ben pensata: ad esempio, le copertine dei video sono progettate per stimolare curiosità grazie a un uso accattivante delle immagini. I video sono spesso suddivisi in piccoli capitoli, rendendo il contenuto più digeribile e meno impegnativo da seguire: ogni sezione è introdotta da un titolo e da una grafica che si fa notare, che crea stacchi visivi e micro-pause tra un argomento e l'altro. Questo ritmo ben calibrato migliora l'esperienza di fruizione, mantenendo alta l'attenzione dello spettatore.

Puntare a raggiungere un pubblico molto ampio comporta inevitabilmente alcune conseguenze negative, tra cui le limitazioni imposte dalla necessità di adattarsi ai metodi e ai tempi di fruizione tipici del target odierno, spesso caratterizzati da velocità e superficialità. Questa semplificazione porta, ad esempio, a una scarsa esplicitazione del contesto storico o scientifico delle scoperte, e alla mancata valorizzazione della figura dello scienziato. Non viene infatti approfondito né il ruolo di chi compie le scoperte né quello di chi presenta le informazioni. La voce narrante, sebbene percepita come autorevole e competente, rimane anonima e distaccata, senza mai apparire sullo schermo. Questo approccio colloca implicitamente il narratore su un piano superiore rispetto agli spettatori, conferendogli un'aura di sapienza ma al tempo stesso creando una distanza che potrebbe limitare l'immedesimazione e il legame emotivo con il pubblico.

Parte integrante degli obiettivi del progetto è come abbiamo detto trasmettere un messaggio, e questo avviene in modo estremamente interessante. La fisica viene utilizzata come veicolo per sensibilizzare su tematiche sociali, fungendo da strumento di storytelling sociale. Attraverso la fisica, il pubblico è invitato a riflettere su questioni filosofiche, esistenziali e sociali, oltre che su argomenti di grande attualità come il cambiamento climatico, la salute mentale e l'investimento del proprio tempo. Questa punto di vista dalla fisica, non solo stimola il pensiero, ma per alcuni può risultare persino illuminante o risolutiva.

Il tono di voce si distingue per essere semplice, caldo e sicuro di sé. La voce narrante, pur senza mostrarsi fisicamente, trasmette un senso di autorevolezza e calma, come un narratore esperto e affidabile, capace di comunicare in modo profondo e ponderato. L'ironia è un altro elemento che contribuisce a ridurre le distanze con il pubblico. Viene spesso usata per alleggerire concetti complessi, creando momenti di leggerezza, come nella scena in cui i personaggi vanno dallo psicologo dopo aver appreso i concetti della relatività, ironizzando sui "traumi" provocati dalla nuova comprensione del mondo. Sebbene questi esempi e momenti siano semplici, non sempre sono direttamente connessi alla vita quotidiana dell'utente; a colmare questa distanza sono i visual, che spesso offrono insight più interessanti e significativi. Tuttavia, l'apparato di storytelling e il tono di voce non si limitano a essere semplicemente comprensibili: in alcuni momenti, riescono a raggiungere un livello di epicità e coinvolgimento alti. Questo è particolarmente evidente nelle fasi in cui vengono affrontati ragionamenti complessi o presentate domande ancora irrisolte, che aprono finestre su affascinanti misteri della fisica, catturando profondamente l'attenzione dello spettatore.

### Cose da evitare

Evitare di non connettere in nessun modo gli esempi alla vita di chi guarda

Evitare di porre il narratore su un piano superiore rispetto a chi guarda

Evitare di tralasciare insight e dettagli importanti a causa dei veloci metodi di fruizione

Il comparto immagini e animazioni raggiunge un livello straordinariamente alto, probabilmente il più elevato tra quelli analizzati. L'attenzione ai dettagli è maniacale, quasi surreale, senza mai sacrificare un briciolo di qualità. I visual si distinguono per la loro forte identità: sono brillanti, coinvolgenti, accessibili e al tempo stesso intelligenti nella loro progettazione: colori e forme vengono utilizzati con grande efficacia per illustrare concetti complessi o trasmettere idee in modo chiaro e accattivante. L'estetica e il coinvolgimento visivo sono centrali, mirati a rendere il contenuto fruibile e affascinante per il pubblico più ampio possibile, come già evidenziato.

Le visualizzazioni presenti nei video si dividono in due principali tipologie: la prima con visual protagonisti e evocativi, che dominano lo schermo con animazioni spettacolari, illustrando esempi o accompagnando le spiegazioni del narratore. Queste immagini catturano l'attenzione e rafforzano la comprensione dei concetti grazie alla loro capacità di semplificare e rappresentare idee astratte. La seconda invece con visual analitici e di supporto, meno dominanti ma altrettanto efficaci, che spesso includono grafici, schemi o rappresentazioni più matematiche. Queste offrono un ulteriore strumento di comprensione, mettendo in relazione diversi eventi o concetti in un formato che favorisce l'analisi e il ragionamento. Quando si tratta di rappresentare l'invisibile o l'inspiegabile, l'apparato visivo diventa più evocativo, mantenendo comunque un carattere sofisticato e d'impatto.

L'apparato visivo, come detto, risulta spesso più incisivo dello storytelling. Per esempio, l'affermazione "comprimere le stelle" viene tradotta visivamente come un'enorme pressa metallica che schiaccia una galassia, un'immagine fantasiosa ma altamente significativa e coinvolgente per lo spettatore, in grado assieme a molti altri esempi, di coglierne gli insight.

<https://www.youtube.com/@kurzgesagt>

**BLACK HOLE**

MADE FROM 100% AIR

NO VIOLENCE

NO SQUEEZING

Only 350,000,000 left

Order, call  
079 777-9311

VEGAN ONLY

**\$ 5 $\pi^{\sqrt{\infty}}$**   
(Tax not included)

ORDER NOW: 079 777-9311 [www.blackhole.duck/vegan](http://www.blackhole.duck/vegan)

Pushing Out

Pulling In

A Whole Universe  
**BORN**  
Inside a Black Hole



*Screenshot vari dei contenuti del canale YouTube di Kurzgesagt in a nutshell*

# Libri e riviste

- La trama del cosmo \ Brian Greene \ 2004
- Potenze di 10 \ Charles e Ray Eames \ 1986
- Fisica Quantica \ Superinteressante magazine \ 2020
- Spazio, dalla terra fino ai confini dell'universo \ History Channel \ 2016

## La trama del cosmo

Brian Greene  
2004

Accessibilità: **7/10**  
Storytelling: **7/10**  
Immagini: **6/10**

### Cose da tenere

Usare immagini che rendono le nozioni più accessibili

Umanizzare la scienza partendo dai dubbi degli scienziati espressi in modo semplice (come mai 2 cose non si toccano) e non dalle intuizioni teoriche complesse

Dare sempre contesto e tutte le info necessarie alla comprensione delle nozioni

Il libro di Brian Greene si propone di riassumere le principali interpretazioni fisiche elaborate dall'uomo nel corso dei secoli per comprendere e descrivere la realtà e i fenomeni che la caratterizzano. Il libro tratta di argomenti quale la relatività ristretta e generale, oltre che alla meccanica quantistica (tra tutto si va da pagina 1 a pagina 120 circa), capitoli sui quali mi sono focalizzato in quanto trattano argomenti che anche il prof. Balardo tratterà nelle sue lezioni.

Si tratta di un libro di divulgazione scientifica accessibile, ma non adatto a un pubblico completamente disinteressato e ignaro: nella premessa, Greene chiarisce che per apprezzare pienamente il contenuto è necessario un interesse di base per le questioni trattate, sebbene queste siano presentate con un linguaggio semplice e accattivante. Il testo è ben scritto, chiaro e in grado di appassionare i lettori già curiosi di fisica teorica, ma potrebbe non risultare particolarmente coinvolgente per chi non ha un interesse preesistente. È un'opera solida e ben realizzata, ideale per chi vuole avvicinarsi ai concetti fondamentali della fisica moderna, ma non abbastanza stimolante da emergere rispetto ad altri testi simili senza un interesse preliminare del lettore.

Il libro si distingue per la sua scorrevolezza e l'ottima organizzazione, con una progressione logica degli argomenti che guida il lettore senza mai lasciarlo spaesato. Ogni concetto teorico necessario viene esposto con chiarezza, evitando assunzioni implicite e garantendo una comprensione solida anche per chi non ha una conoscenza pregressa approfondita. In molti casi, la semplicità della struttura narrativa rappresenta un punto di forza in quanto l'autore riesce a richiamare concetti già introdotti utilizzando parole chiave mirate. Tuttavia, questo approccio può rivelarsi problematico se il lettore non ha pienamente assimilato i contenuti precedenti, generando possibili incertezze: sebbene il linguaggio sia accessibile, i concetti non vengono sempre semplificati e scomposti al minimo, restando comunque complessi per i meno esperti.

L'approccio dell'autore non si limita a spiegare concetti astratti, ma include anche il contesto scientifico e umano delle scoperte, presentando a volte le teorie come risposte a domande esistenziali piuttosto che come intuizioni isolate. Ad esempio, nelle pagine 75-76, gli studi sulla gravità sono introdotti attraverso la domanda "Perché due oggetti non si toccano?", rendendo il dubbio accessibile e suscitando curiosità nel lettore, mantenendo efficacemente alta la sua attenzione. Il libro riesce infatti ad umanizzare la scienza, come dimostrano le pagine 113-114, dove il dibattito tra Einstein e Bohr è descritto con toni informali, facendo emergere il lato caldo e umano degli scienziati. Questo approccio avvicina il lettore al mondo scientifico eliminando la concezione di subordinazione all'élite scientifica che spesso crea disagio e sconforto.

La maggior parte degli esempi presentati nel libro è semplice, coinvolgente e facilmente comprensibile, con un equilibrio ideale tra profondità e lunghezza. L'autore sfrutta suggerimenti di immaginazione visiva, come paragonare le stringhe alle corde di un violino, per rendere più tangibili concetti complessi. Inoltre, inserisce esempi più elaborati e ambientati, come quelli legati ai Simpson o a Tom e Jerry (p. 54, 59), utilizzando personaggi familiari per trasmettere nozioni complesse in modo leggero e divertente. Ci sono poi alcuni esempi più semplici, come quello dell'auto per spiegare la relatività (p. 57), risultano particolarmente illuminanti, offrendo spunti di riflessione chiari e immediati.

Lo storytelling viene a volte anche arricchito da un tono quasi epico, tanto da essere a tratti ironico, come nel caso del secchio di Newton, protagonista di una narrazione in capitoli che rende l'apprendimento leggero e piacevole. Altri esempi memorabili includono la metafora del ristorante giapponese per spiegare il principio di indeterminazione (p. 115) e il parallelismo con l'ansia di evitare una multa per chiarire l'incertezza della velocità di una particella (p. 116-117).

L'autore enfatizza l'importanza della visualizzazione mentale, supportata da immagini semplici ma efficaci. Queste non sono mai fine a sé stesse: pur non essendo protagoniste visive di grande impatto, accompagnano il testo in modo esplicativo, rendendo i concetti più accessibili senza l'uso della matematica. Un esempio emblematico è l'esperimento della doppia fenditura (p. 102), reso chiaro grazie a una rappresentazione grafica accurata e fatta a step. Anche i concetti difficilmente rappresentabili sono accompagnati da immagini e didascalie che ne facilitano la comprensione, rendendo l'apprendimento più leggero e stimolante.

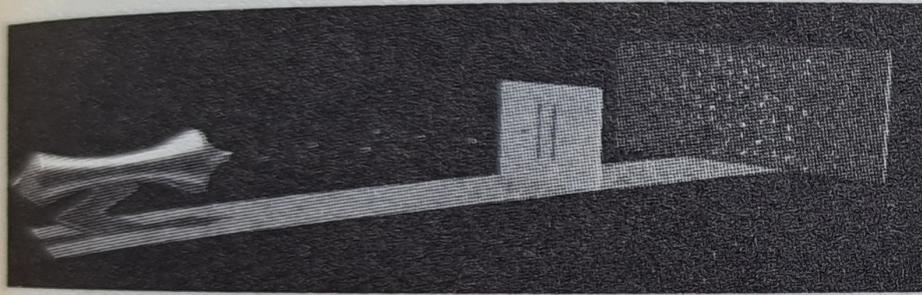
### Cose da evitare

Evitare di mantenere troppo complessi o troppo scontati gli esempi che si fanno

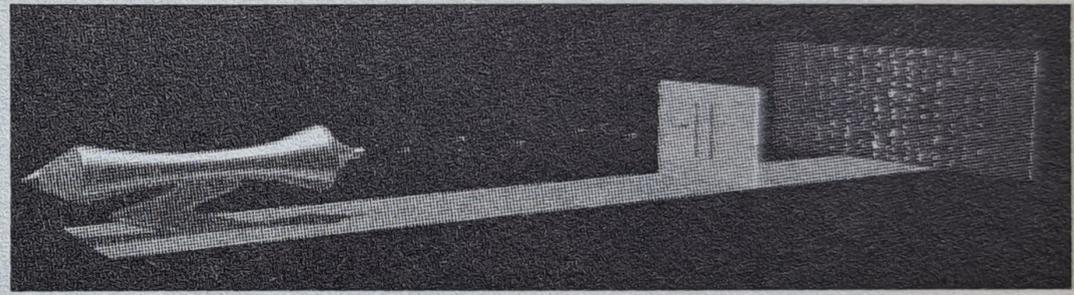
Evitare di essere "mid" ma differenziarsi dalla didattica tradizionale

*Greene, B. (2004). The fabric of the cosmos: Space, Time, and the Texture of Reality. Knopf.*

ture  
ca, e  
esto



(a)

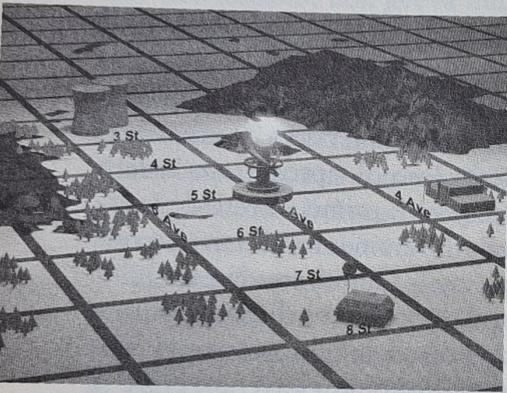


(b)

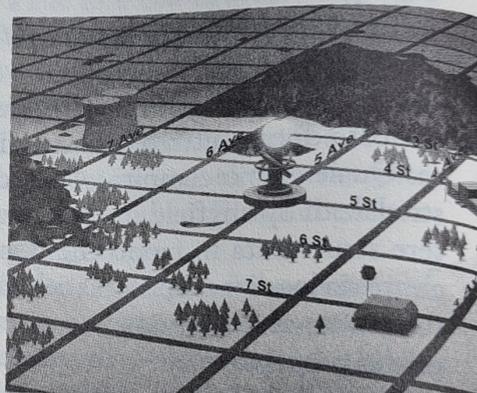
piante sono ruotate l'una rispetto all'altra. Madre e figlia hanno di-  
viso Springfield in strade e viali in due modi diversi (figura 3.2c).  
L'insegnamento che se ne trae è semplice, ma importante: Spring-  
field, ossia una regione dello spazio, può essere strutturata libera-  
mente pur rispettando certi vincoli, e non esistono strade o viali «as-  
soluti». La scelta di Marge è valida tanto quanto quella di Lisa o di  
chiunque altro.

Figura 3.2.

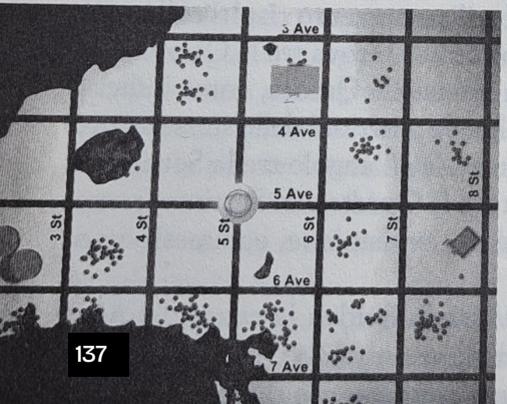
(a) La rete stradale di Marge. (b) La rete stradale di Lisa. (c) Panoramica delle reti stra-  
dali di Marge e Lisa, che differiscono per rotazione.



(a)



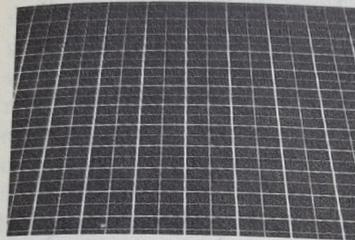
(b)



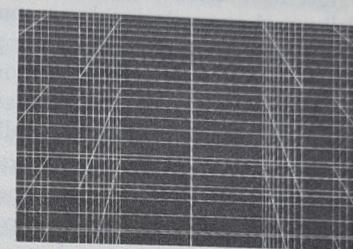
(c)

Il relativo e l'assoluto

Figura 3.9.  
Lo spazio piatto in due (a) e tre (b) dimensioni.

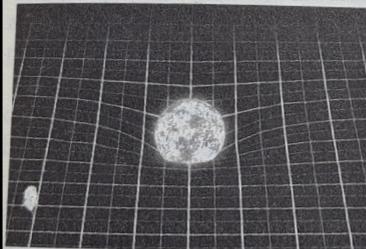


(a)

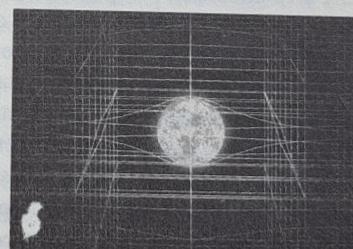


(b)

Figura 3.10.  
Il Sole distorce lo spazio in due (a) e tre (b) dimensioni.

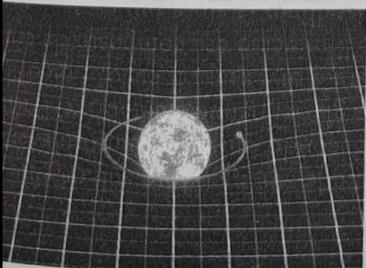


(a)

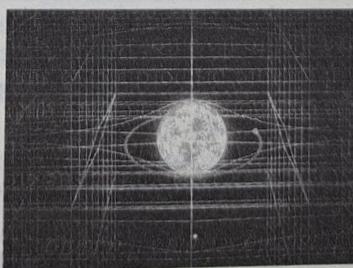


(b)

Figura 3.11.  
La Terra resta in orbita attorno al Sole perché segue le curve nello spaziotempo causate  
dalla presenza della stella; in (a) è mostrata la situazione in due dimensioni, in (b) in tre  
dimensioni.



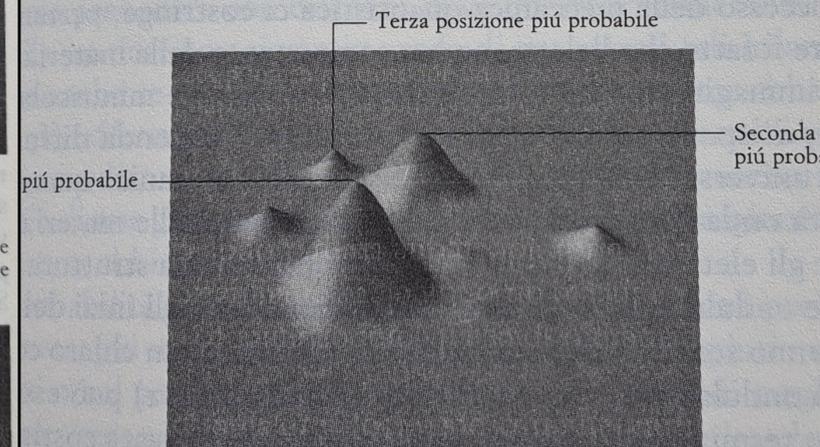
(a)



(b)

La sicurtà...  
la figura 4.5 illustra una sorta di «istantanea» di un'onda c  
tà, che viene più comunemente detta *funzione d'onda*; l  
zione probabilistica di Born dovrebbe essere chiara. È u  
fia immaginaria, non realizzabile con una macchina: ness  
isto una funzione d'onda e secondo l'interpretazione pre  
la meccanica quantistica nessuno mai potrà farlo. Per se  
sia fatta una funzione d'onda in una data situazione rico  
azioni matematiche, quali quelle elaborate da Schrödinger  
Werner Heisenberg, Paul Dirac e altri ancora, e verific  
li teorici confrontandoli con i risultati degli esperimenti.

4.5.  
di probabilità di una particella come un elettrone ci dice quant'è prob  
un punto o un altro dello spazio.



Pagine con illustrazioni varie  
del libro "La trama del cosmo"

## Potenze di 10

Charles e Ray Eames  
1968

Accessibilità: **7/10**  
Storytelling: **7/10**  
Immagini: **8/10**

### Cose da tenere

Valorizzare l'estetica e i virtuosismi visivi delle immagini rendendole protagoniste di pagina per creare coinvolgimento

Trovare metodi visivi a metà tra l'evocativo e il realistico per passare un'idea il più reale e allo stesso tempo più comprensibile possibile.

Non può essere una fotografia, bisogna far passare un'idea

Alternare le rappresentazioni con cose reali: chi guarda si chiede il come mai delle differenze e desidera collegare le 2 versioni

Utilizzare un espediente narrativo semplice per presentare cose complesse

Cercare di accedere ad aspetti della realtà inaccessibili restando però collegati alla comprensione comune

Il libro di Phyllis e Philip Morrison, basato sullo studio preliminare di Charles e Ray Eames, due celebri designer e architetti statunitensi, esplora le diverse scale dell'universo, dal macro al microcosmo, attraverso un linguaggio accessibile: le potenze di 10. Ogni potenza rappresenta una scala specifica, con il punto di partenza fissato a  $(10^0)$  (un metro), prendendo l'uomo e le sue attività quotidiane come riferimento iniziale. Il libro si conclude con un capitolo dedicato a spiegare come affrontare il "viaggio" tra le potenze di 10, fungendo da guida pratica per la lettura e la comprensione del libro.

La forza comunicativa di questo libro sta proprio nella connessione con la comprensione condivisa del lettore delle potenze di 10: un espediente narrativo semplice e comprensibile, nonché una scusa per veicolare informazioni inerenti alle scale proposte. È intrigante vedere cosa succede quando si ingrandisce e si diminuisce la scala, è una pretesa molto semplice ma che diventa interessante quando si esplorano questi 2 mondi opposti, generando molta curiosità e facendo diventare il lettore attento e curioso anche a ciò che circonda la scala rappresentata. Si avvicina il lettore a delle sfaccettature della realtà che non potrebbe mai vedere in altro modo e questo genera curiosità.

Nell'ottica di suscitare curiosità, il linguaggio del libro è volutamente semplice ma intrigante, talvolta persino poetico. Non è necessario che il lettore sia già interessato all'argomento: l'obiettivo è attrarre un pubblico specifico, probabilmente adulto, anche se il concept mira a stimolare l'interesse di un pubblico più ampio. Tuttavia, questa scelta stilistica riduce l'accessibilità complessiva: mancano gli esempi e le analogie tipiche dei testi divulgativi più tradizionali, utili per chiarire meglio i concetti. Qui il lettore viene affascinato e la sua immaginazione stimolata, ma senza che i concetti vengano spiegati in modo dettagliato. Le informazioni sono trasmesse principalmente attraverso la descrizione delle immagini e mediante pillole nozionistiche, più descrittive che esplicative, utili a suscitare suggestioni ma meno efficaci per comprendere a fondo il funzionamento dei fenomeni.

Nel libro, gli autori affrontano il tema del "viaggio" attraverso le potenze di 10, concetto che dà il nome a un intero capitolo dedicato alla rappresentazione delle diverse scale. Il lettore viene guidato come se si trovasse a bordo di una capsula esplorativa, attraversando le vastità del cosmo fino a raggiungere la dimensione dei quark. Questo espediente narrativo trasmette un forte senso di coinvolgimento e rappresenta un ottimo esempio di storytelling. Il viaggio culmina in modo spettacolare e riflessivo, chiudendo efficacemente il libro e lasciando aperte domande che stimolano ulteriormente la curiosità e l'interesse del lettore.

L'apparato visivo del libro è fortemente fotografico e svolge un ruolo da protagonista, in linea con l'intento dell'autore di stimolare la curiosità del lettore: le immagini, spettacolari e coinvolgenti, catturano l'attenzione e affascinano chi le osserva. La loro centralità è enfatizzata dall'uso di pagine a sfondo nero, che evocano l'atmosfera di un teatro buio con un fascio di luce puntato sulla scena (l'immagine stessa) valorizzandone la presenza e l'importanza, come sottolineato dagli autori.

Le immagini non hanno lo scopo di chiarire concetti complessi, poiché il libro non si propone di spiegare approfonditamente, ma piuttosto di stupire e catturare l'attenzione, generando curiosità. Questo approccio è coerente con il format generale e il tono di voce dell'opera. Oltre alle fotografie, sono presenti anche alcune illustrazioni, utilizzate con parsimonia e a scopo espositivo piuttosto che esplicativo. Richiedono solo brevi spiegazioni e introduzioni, servendo principalmente a mostrare corpi celesti, dati di laboratorio o, occasionalmente, rappresentazioni storiche.

Nel libro sono presenti immagini di grande impatto che, pur non essendo vere e proprie fotografie, cercano di rappresentare il reale attraverso un equilibrio tra fotorealismo e funzionalità. Questo compromesso visivo risulta particolarmente interessante. Ad esempio, quando si scende nelle dimensioni microscopiche, rappresentando atomi, molecole o persino quark, le immagini assumono un aspetto sempre più caotico, caratterizzato da disturbi e un effetto "fuzzy". Questo stile riflette perfettamente la natura imprevedibile, caotica e indefinita dei fenomeni osservati. Anche nel rappresentare l'infinitamente grande, gli autori adottano soluzioni creative: poiché non possiamo fotografare direttamente ammassi di galassie, la Via Lattea o il sistema solare, vengono utilizzati colori e rappresentazioni che, pur apparendo fotorealistici, sono in realtà interpretazioni basate su dati numerici e studi scientifici, con l'uso di tecniche di colorazione per rendere visibili informazioni altrimenti inaccessibili.

Un aspetto particolarmente interessante è la disposizione delle immagini: accanto alla rappresentazione artistica e coinvolgente di un fenomeno, si trova spesso una pagina con i riscontri scientifici "reali" della stessa scala. Per esempio, quando si parla di quark, a destra compare un'immagine caotica e colorata, mentre a sinistra si mostra una visualizzazione di dati scientifici, come le tracce lasciate dai quark, accompagnata da una breve spiegazione del processo di acquisizione. Questo accostamento genera grande curiosità: da un lato, la rappresentazione artistica stimola l'immaginazione; dall'altro, il riscontro reale soddisfa il bisogno di comprensione estetica del mondo concreto, offrendo un'esperienza visiva ed educativa completa.

Il tratto poetico del libro si riflette anche nella sua impaginazione, che appare instabile, quasi caotica, priva di rigide griglie strutturali. Questo approccio rompe la linearità del flusso narrativo, creando punti di attenzione visiva che interrompono il normale scorrere degli argomenti. Sebbene ciò possa rendere meno fluida la lettura, contribuisce a rendere il libro memorabile, trasformando ogni pagina in un'esperienza unica. I punti di focus, volutamente irregolari, diventano ancora visive che catturano l'attenzione del lettore e rendono certi elementi particolarmente incisivi e difficili da dimenticare, ma non si adattano per niente al coinvolgimento dello studente in ambito didattico che invece ha bisogno di un'esposizione scorrevole e ordinata, con argomenti concatenati e connessioni logiche.

### Cose da evitare

Evitare un'esposizione a punti che impedisce il flusso logico della spiegazione

Evitare un approccio troppo poetico o evocativo a discapito di chiarezza e buona esposizione

*Eames, C., & Eames, R.  
(1986). Powers of ten.*



10<sup>-10</sup> metri

LA SUPERFICIE ATOMICA

Le forze che legano gli atomi in modi specifici dando origine ai molteplici aspetti che assumono la materia agiscono sulla mobile e sfuggente superficie atomica. Tutti gli atomi possiedono una struttura modulare comune basata sul medesimo principio costitutivo: sono nubi di elettroni identici raggruppati attorno a minuscoli centri di attrazione. La superficie di ogni atomo è una configurazione di elettroni il cui moto è governato da forze elettriche. Questo moto non è assimilabile all'orbita di un pianeta attorno al Sole, ma è intrinsecamente probabilistico. Benché sia impossibile determinare posizioni successive degli elettroni finché l'atomo rimane legato stabilmente, il modello di carica risultante è stabile e sicuro. Gli elettroni in comune contribuiscono a regioni di carica negativa accresciuta e i nuclei atomici, di carica positiva, attraggono quelle regioni negative legando così la molecola.

Inoltre, è la luce emessa, assorbita o diffusa dagli elettroni che occupano gli orbitali più esterni dell'atomo a determinare ogni aspetto visibile della materia, dallo splendore della fiamma al nero dell'inchiostro.

Poiché tutti gli atomi sono aggregati di elettroni, presentano forti affinità. I cento e più elementi chimici diversi non sono quindi realmente diversi l'uno dall'altro. Questa nozione ha un secolo di vita: essa è la base della famosa tavola periodica degli elementi.



10 Elio gas inerte non forma composti	20,2 Neon gas inerte non forma composti	23,0 Sodio metallo tenero argenteo nobilita il moto colpisce con acqua formando una soluzione basica
36 Argon gas inerte non forma composti	39,9 Argon gas inerte non forma composti	39,1 Potassio metallo tenero argenteo debolmente basico formando una soluzione basica
84 Raffaello liquido rossiccio-bruno tossico forma con altri gas soluzioni instabili	83,8 Cripton gas inerte può formare un paio di composti instabili	85,5 Rubidio metallo tenero argenteo debolmente basico formando una soluzione basica

In 1 sono tabulate alcune proprietà chimiche qualitative di nove elementi, ordinati per peso atomico relativo. Le famiglie chimiche sono abbastanza chiare; si presentano ripetutamente somiglianze, che variano non in modo uniforme ma con periodicità, al crescere dei pesi atomici. Gli stessi effetti periodici sono espressi in modo diverso nel diagramma 2, non nei termini qualitativi del chimico dell'Ot-

to, ma nello stile qualitativo del fisico atomico degli anni trenta, che lavora non con acidi e provette, ma con tubi a vuoto e misurazioni elettriche. Il grafico registra la tensione minima che si richiede prima che un fascio di elettroni acquisiti l'energia necessaria per espellere elettroni addizionali dagli atomi del gas bersaglio quando lo attraversa. I massimi e minimi periodici sono chiari.

1 angstrom 0,1 nanometri

10<sup>-10</sup> metri

Le leggi quantiche della scala atomica richiedono una descrizione del moto degli elettroni più sottile e meno sequenziale di quella cui siamo abituati per i corpuscoli in movimento dell'esperienza comune. Perciò la struttura a puntini qui mostrata non rappresenta singoli elettroni, ma la nube elettronica formata dagli elettroni durante il loro moto quantico, simmetrico ma non determinabile esattamente nei suoi singoli punti. In tale nube gli elettroni superficiali sono condivisi dagli atomi legati.

10<sup>-16</sup> metri

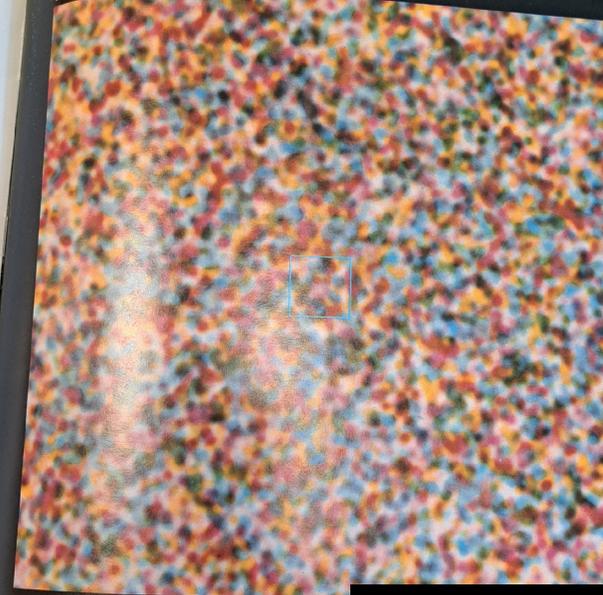
Non sappiamo ancora cosa si possa sperare di osservare a 10<sup>-17</sup> metri. Oggi fra i teorici è però diffusa la convinzione, fondata su serie argomentazioni, che i quark e le particelle a essi associate potrebbero rappresentare tutto ciò che c'è da scoprire, almeno fino a un ordine di grandezza di 10<sup>-17</sup> o 10<sup>-18</sup> metri, ammesso che ci si possa mai arrivare. In corrispondenza di questi limiti è prevedibile che esistano, secondo loro, nuove strutture, e un mondo di particelle nuove e ancor più interessante. Soltanto il tempo potrà chiarirlo.

Mi mostrò una piccola cosa, grande quanto una nocciola, nel palmo della mia mano; ed era tonda come una pallina. La guardai con l'occhio del mio intelletto e pensai: Che cosa potrebbe essere? E mi fu risposto così: E tutto ciò che è creato.

L'anacoreta Giuliana di Norwich, 1400 circa

1 fermi

10<sup>-16</sup> metri



Anche il protone ha una sua struttura irdefinita con precisione. Qui forze anche brevi. Queste forze agiscono fra quali interazioni. La struttura di punti colorati non è una fotografia, ma un'astrazione simbolica della fisica che solo oggi cominciamo a capire.

Pagine varie del libro "Potenze di 10"

10<sup>23</sup> metri

10<sup>23</sup> metri

Queste fotografie riprendono la stessa coppia di galassie, presa a poco con la stessa esposizione. La fotografia a sinistra possiede una gamma di colori più ampia che consente di riprodurre anche le stelle sparse, lontane dal nucleo centrale, evidenziando in tal modo un paese di stelle.

GALASSIE

La pedicella centrale nella fotografia a sinistra mostra una vena di luce di colore rosso, molto approssimativamente per cui denota il gas ionizzato, che si trova soprattutto nei bordi di spirale.

La forma visibile di questo sistema galattico è determinata da una spirale di stelle che ruota attorno a un nucleo centrale. Il nucleo è composto di stelle che emettono una grande quantità di raggi X, che indica la presenza di una regione di energia molto più potente di quanto si possa immaginare. A questo nucleo di stelle si unisce un alone di stelle di colore rosso, molto approssimativamente per cui denota il gas ionizzato, che si trova soprattutto nei bordi di spirale.

Ecco le galassie della nostra regione cosmica; ogni singola chiazza brillante è formata dalla somma della luce di miliardi di stelle situate insieme alla reciproca attrazione. Ciascuna galassia è uno sistema complesso di stelle in movimento.

Superinteressante  
magazine  
2020

Accessibilità: **8/10**  
Storytelling: **7/10**  
Immagini: **8/10**

### Cose da tenere

Fare scelte estetiche e funzionali alla rappresentazione migliore possibile, sfruttare colori e forme per veicolare senso e stupore

Utilizzare sia illustrazioni protagoniste ed evocative, che illustrazione minori il più semplice possibile per chiarire sfumature del discorso o visualizzare velocemente delle situazioni

Accompagnare l'utente nella narrazione immedesimandosi in lui e cogliendo le sue difficoltà

Usare tanti esempi semplici e vicini alla vita di tutti i giorni degli utenti

Cercare di rendere affascinante la figura dello scienziato

Questo articolo proviene dal magazine portoghese Super Interessante. Si tratta di una decina di pagine che introducono la meccanica quantistica in modo semplice e accessibile, descrivendo alcune delle nozioni fondamentali e rappresentando visivamente i fenomeni più celebri legati alla materia. È disponibile anche una versione digitale sul sito del magazine. Il testo è scritto da Bruno Vaiano, con grafiche curate da Carlos Eduardo Hara.

L'articolo riesce, a mio avviso, a bilanciare in modo eccellente lo storytelling con il tono di voce utilizzato, le immagini proposte e il loro trattamento. Ogni elemento sembra integrarsi perfettamente, creando un contenuto interessante, leggero, completo e comprensibile. Il risultato è un articolo coinvolgente, capace di trasmettere conoscenze con un buon livello di approfondimento. Si percepisce chiaramente l'intento di rendere queste conoscenze non solo significative per il mondo della scienza, ma anche rilevanti per la vita quotidiana del lettore.

L'obiettivo è informare il lettore curioso, guidandolo in un viaggio nel mondo della fisica quantistica. Gli elementi sono presentati in modo logico e concatenato, accompagnando il lettore in una progressiva immersione nelle stranezze della meccanica quantistica e introducendo concetti sempre più complessi e articolati. Questa struttura narrativa non solo rende i contenuti più chiari e accessibili, ma si presta anche a essere adottata come metodo espositivo in contesti didattici.

Lo storytelling dell'articolo è ricco di stratagemmi divulgativi pensati per rendere la lettura interessante e coinvolgente. In particolare, l'autore si impegna a rendere affascinante la figura dello scienziato, citandolo spesso con frasi quasi poetiche, che aggiungono un tocco di mistero e interesse. Questo approccio non solo rende la figura dello scienziato più intrigante, ma veicola informazioni direttamente attraverso le parole dello stesso scienziato. Inoltre, l'articolo offre piccoli spaccati delle scoperte e della vita degli scienziati, arricchiti da momenti di ironia che rendono il testo più leggero e piacevole. Questi momenti ironici, spesso inaspettati, strappano un sorriso al lettore, creando un senso di familiarità e connessione.

L'articolo è costellato di esempi estremamente semplici, chiari e strettamente connessi alla vita quotidiana del lettore, che aiutano a interiorizzare i concetti e a renderli significativi. Spesso, questi esempi si concentrano su fenomeni familiari spiegando cosa accade attorno a noi e perché (come il caso del lampione descritto a pagina 22 del mensile cartaceo). La frequenza e la qualità di questi esempi rendono l'articolo particolarmente accessibile, soprattutto grazie al linguaggio semplice, informale e a tratti scherzoso. Questo approccio rende i concetti leggeri e comprensibili anche per i meno esperti, garantendo una lettura scorrevole e piacevole.

Il tono narrativo accompagna il lettore come farebbe un amico, riconoscendo le difficoltà nel comprendere certi argomenti e rassicurandolo con frasi come: "Ora può solo peggiorare..." o "Se pensi di aver capito, non hai capito nulla...". Questo stile, ironico e colloquiale, rende il contenuto più accessibile e fa percepire l'autore come consapevole delle sfide affrontate dal lettore. Il risultato è un'esperienza di fruizione che, pur non essendo accademica, riesce a trasmettere informazioni in modo completo e piacevole.

Ovviamente, data la necessità di trattare molte sfaccettature della meccanica quantistica in uno spazio limitato, alcune conoscenze di base sono date per scontate. Tuttavia, l'articolo rimane abbastanza inclusivo da poter essere apprezzato da un pubblico eterogeneo.

Un elemento che facilita l'accoglienza del lettore medio sono sicuramente le immagini, uno dei punti di forza dell'articolo. Le illustrazioni, realizzate ad hoc, sono non solo incredibilmente belle, ma anche perfettamente funzionali e in linea con il contesto. All'interno dell'articolo si trovano immagini colorate, utilizzate per rappresentare l'invisibile, come particelle e fenomeni quantistici.

Queste illustrazioni, imponenti e protagoniste delle pagine, si distinguono per i colori accesi che catturano immediatamente l'attenzione e per un trattamento grafico con effetto "fuzzy", stile che a mio avviso è molto appropriato ed evoca il mondo quantistico con le sue particelle, le nuvole di probabilità prive di contorni definiti e difficili da visualizzare, trasmettendo visivamente concetti come instabilità e non-concretezza. I colori, molto ben dosati, aggiungono un valore estetico e rafforzano il significato di ciò che viene rappresentato. Accanto a queste immagini protagoniste, si trovano piccole illustrazioni che, anziché puntare su complessità o fascino visivo, si distinguono per eleganza, semplicità e una straordinaria pulizia grafica. Queste sono pensate appositamente per supportare il testo e spiegare concetti, riuscendoci in modo eccellente. Accomagnate da brevi frasi esplicative, contestualizzano il contenuto in maniera immediata, senza richiedere al lettore uno sforzo di visualizzazione complesso.

Il risultato è un equilibrio perfetto tra funzionalità ed espressività: un uso delle immagini studiato e coinvolgente, capace di catturare l'attenzione e stimolare la curiosità da una parte, e di insegnare in modo chiaro ed efficace dall'altra. Inoltre, l'autore menziona esplicitamente l'impossibilità di creare immagini completamente fedeli ai fenomeni trattati, completando così il quadro e chiarendo il motivo alla base di alcune scelte stilistiche. Questo contribuisce ulteriormente a rendere il progetto visivo coerente e consapevole.

### Cose da evitare

Evitare di dare troppe conoscenze per scontate

pensavam que a luz era uma onda, e isso você já está cansa de saber. Mas o que onduia, afinal? Do mesmo jeito que a onda de água é uma oscilação no campo da piscina, a luz é uma oscilação em um campo eletromagnético. Isso significa que, se a luz é feita de partículas, conforme concluiu Einstein, então esse próprio campo, de alguma forma, pode ser descrito em termos de partículas. Esse se tornou o principal objetivo dos físicos após o sucesso da equação de Schrödinger. Dar um passo além e descrever campos, como o eletromagnético, da perspectiva quântica.

### ENTRELAÇAMENTO QUÂNTICO

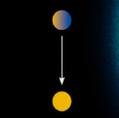
Dois partículas (que na verdade são duas funções de onda) podem se entrelaçar e passar a compartilhar uma única função de onda. Isso significa que, mesmo estando a uma galáxia de distância, se você fizer algo com uma, a outra vai reagir de um jeito que parece telepatia. Einstein chamou isso de "ação fantasmagórica à distância".

mencionado só de passagem até aqui, é feito de prótons e nêutrons, que por sua vez são feitos de partículas ainda menores, chamadas quarks. Eles vêm em dois tipos principais: *up* e *down*. Os quarks, sim, são partículas tão fundamentais quanto os fótons e elétrons. Além de um elétron e dois quarks, a receita do Universo leva ainda uma partícula fundamental chamada neutrino — que, como o próprio nome diz, exibe uma magnânima indiferença

**UM ELÉTRON ESTÁ EM VÁRIOS LUGARES AO MESMO TEMPO PORQUE NOSSO CONHECIMENTO SOBRE ELE É LIMITADO? OU ELE DE FATO É ASSIM?**

pois, em um momento de inspiração

**1. INDISCISSÃO CÂNMICA**  
Toda partícula fica em uma sobreposição de estados, até que você realiza uma medição e ela "colapsa" em um dos estados. Vamos supor dois estados simples e fictícios, o azul e o amarelo. A partícula aí embaixo acabou de ser observada e "optou" pelo amarelo.



**2. NAMORO À DISTÂNCIA**  
Quando duas partículas estão entrelaçadas, no momento em que uma colapsa e assume o amarelo, a outra imediatamente toma a decisão oposta e assume o azul.

## 17

**PARTÍCULAS EXPLICAM TUDO QUE EXISTE — MENOS A GRAVIDADE.**

núcleo que liberam radiação. Essas duas forças têm suas próprias partículas mensageiras, seus mensageiros recados: o glúon é o equivalente ao fóton na força forte; na força fraca, os bósons W e Z assumem esse papel. A atração entre prótons no núcleo, portanto, pode ser concebida em termos da troca de glúons entre eles.

**A gravidade e o futuro**  
Não abordamos até aqui, a força mais familiar de todas: a gravidade. O motivo é que ela é a pedra no meio do caminho da física moderna. Ao contrário dos demais componentes do Universo, ela não parece disposta a se submeter à abordagem do Modelo Padrão. A relatividade geral concebe o espaço e o tempo como um lençol esticado, e explica que coisas com massa, como planetas e estrelas, afundam esse lençol, fazendo coisas com menos massa (como nós) escorregarem para perto delas. Isso é a gravidade: você está preso à superfície da Terra porque está preso em uma vala que o planeta forma no tecido do cosmos.

Assim, o problema de considerar o campo gravitacional como um campo quântico é que o tecido do espaço-tempo é próprio palco do Universo. Ele é o cenário em que os campos quânticos de todas as partículas — quarks, elétrons, fótons etc. — dão seu show e constroem o Universo. Transformá-lo em um campo quântico é como pegar o piso do teatro e

descrevê-lo como um ator. A teoria quântica de campos é feita do espaço-tempo plano, coloque um planineta na para afundá-lo e as coisas ficam difíceis. Matematicamente, essa incompatibilidade se manifesta na forma de infinitos. A interpretação quântica da gravidade se nega a passar por um procedimento chamado *renormalização*, que elimina infinitos problemáticos das contas. Além disso, a gravidade precisaria de sua partícula mensageira. De seu equivalente ao fóton ou glúon: o gráviton, que daria o recado sobre a atração gravitacional. O problema não é só que o gráviton não foi encontrado, mas também que ele é um desafio filosófico. O que significa dizer que uma partícula é mensageira do espaço e do tempo?

Além da integração esburacada com a gravidade, muitos outros problemas assombram o Modelo Padrão. Um dos mais periclitantes é o dos *quarks finos*: ninguém sabe por que a natureza fez cada quark, elétron ou neutrino virem de fábrica com as massas e cargas que têm e não outras quaisquer. De fato, se essas partículas fossem diferentes, eles integrariam de outras maneiras e o mundo seria um lugar bem diferente — o Universo inteiro poderia ser só uma macroforma de energia, por exemplo.

O físico de partículas Freeman Dyson compara essa situação à da tabela periódica no século 19. Os químicos sabiam que cada elemento tinha suas propriedades, e sistematizaram esses elementos em uma tabela. Eles não sabiam, porém, nada sobre a razão do hidrogênio ou do oxigênio agirem assim, e não assado. Décadas depois, a mecânica quântica e a física nuclear forneceram os porquês. O curioso é que Dyson redigiu o texto citado em 1953 (ele morreu em 2020, aos 96 anos) e sua afirmação ainda vale.

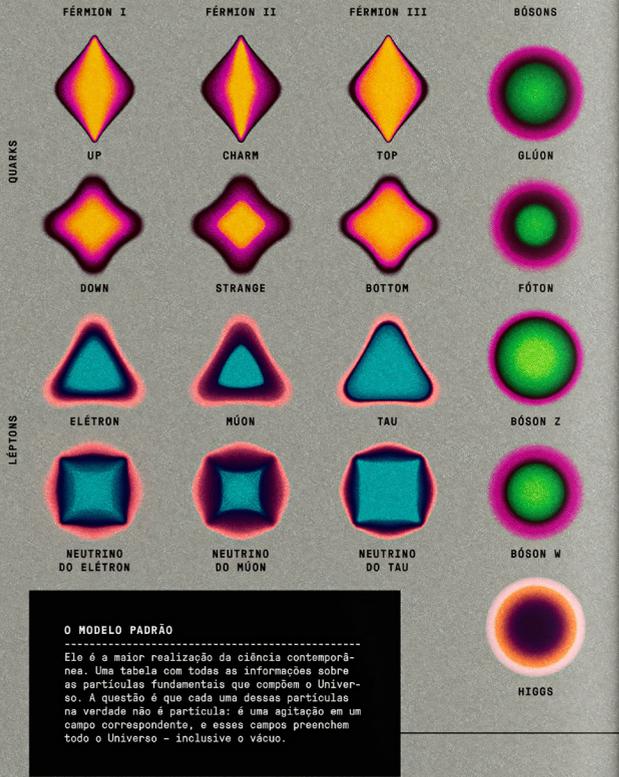
O Modelo Padrão já estava saindo do papel naquela época e ganhou a forma atual em 1973. A última partícula prevista lá, o bóson de Higgs, foi observada no LHC em 2012. Ou seja: faz 50 anos que a tabela periódica da física de partículas está provando seu valor, o que é bom — "A ausência de notícias é uma ótima notícia", resumiu o físico teórico Lee Smolin —, mas isso também significa que não avançamos nas lacunas. Smolin conta que o Modelo Padrão tem 29 parâmetros flutuantes, isto é: números que não têm explicação, mas precisam estar lá para funcionar. E que só uma nova teoria dará conta de explicá-los. Uma teoria que, além disso, colocaria a gravidade no mesmo balaio do eletromagnetismo e das forças nucleares.

Candidatas a esse posto não faltam. Há alguns anos, só se falava em Teoria das Cordas, um esquema teórico que substitui as partículas fundamentais por minúsculos filamentos vibrantes sob altíssima tensão. Ela tem a vantagem de incluir um filamento correspondente ao gráviton — mas não conseguiu fornecer boas previsões na prática, e o entusiasmo arrefeceu. Atualmente, há muitas outras candidatas a "Teoria da Tudo". Por enquanto, porém, temos um comportamento e bem-sucedido zoológico de partículas. Nas palavras de Bill Bryson: "A Física nada mais é que a busca pela simplicidade definitiva, mas, até agora, tudo que temos é uma espécie de bagunça elegante."

**3. O BÓSON DE HIGGS**  
Ele perfaz o campo de Higgs. Esse campo é como uma geléia que permeia o Universo. As partículas que tocam nele ganham massa, as que passam batido são pura energia. É graças a ele que você é feito de algo palpável, mas a luz, não.

**4. O BÓSON DE HIGGS**  
Ele perfaz o campo de Higgs. Esse campo é como uma geléia que permeia o Universo. As partículas que tocam nele ganham massa, as que passam batido são pura energia. É graças a ele que você é feito de algo palpável, mas a luz, não.

**5. O BÓSON DE HIGGS**  
Ele perfaz o campo de Higgs. Esse campo é como uma geléia que permeia o Universo. As partículas que tocam nele ganham massa, as que passam batido são pura energia. É graças a ele que você é feito de algo palpável, mas a luz, não.



### O MODELO PADRÃO

Ele é a maior realização da ciência contemporânea. Uma tabela com todas as informações sobre as partículas fundamentais que compõem o Universo. A questão é que cada uma dessas partículas na verdade não é partícula: é uma agitação em um campo correspondente, e esses campos preenchem todo o Universo — inclusive o vácuo.

**1. TAXONOMIA**  
Na tabela ao lado, você vê as 17 partículas do Modelo Padrão (as partículas não têm essa aparência: elas não tem aparência nenhuma. Nos retos diferenciadas por cores e formas). Elas não são "feitas" de nada: são flutuações em campos.

**2. BÓSON OU FÉRMION?**  
Os quarks e elétrons (que compõem a matéria) são chamados de férmions. Já o fóton, que é a partícula responsável pela força eletromagnética, é classificado como bóson. Bem como as partículas das outras forças.

**3. O BÓSON DE HIGGS**  
Ele perfaz o campo de Higgs. Esse campo é como uma geléia que permeia o Universo. As partículas que tocam nele ganham massa, as que passam batido são pura energia. É graças a ele que você é feito de algo palpável, mas a luz, não.

**4. O BÓSON DE HIGGS**  
Ele perfaz o campo de Higgs. Esse campo é como uma geléia que permeia o Universo. As partículas que tocam nele ganham massa, as que passam batido são pura energia. É graças a ele que você é feito de algo palpável, mas a luz, não.

**5. O BÓSON DE HIGGS**  
Ele perfaz o campo de Higgs. Esse campo é como uma geléia que permeia o Universo. As partículas que tocam nele ganham massa, as que passam batido são pura energia. É graças a ele que você é feito de algo palpável, mas a luz, não.

A luz é uma onda. Tanto é que, para descobrir a energia de cada pacotinha, Einstein multiplicava a constante de Planck chamada "h" (que é o número essencial da descrição quântica do mundo) pela frequência "f":  $E = hf$ . A equação que fornece o dado central sobre a tal partícula de luz depende da frequência (o número de ciclos por segundo) da onda correspondente. Algo unitário como uma bola de bilhar tem um valor em Hertz, como se fosse uma estação de rádio.

Com o passar dos anos, todos começaram a suspeitar que, na verdade, a luz era onda e partícula ao mesmo tempo, e que a chave para descrevê-la de forma bem-sucedida era unificar as explicações. "É da minha opinião", disse Einstein em 1909, "que o próximo estágio no desenvolvimento da física nos trará uma teoria da luz que pode ser interpretada como uma fusão das teorias de onda e partícula". Em 1927, o dinamarquês Niels Bohr concordou:

mais alto, sua parte "meio onda" está vibrando mais rápido — e o comprimento dessa onda é menor (essa é uma versão simplificada da história, é claro). Um físico austríaco chamado Erwin Schrödinger construiu uma equação capaz de descrever essa onda. Ao fazê-lo, ele explicou o átomo de Bohr e oficializou a natureza contraintuitiva do mundo microscópico.

**A equação de Schrödinger**  
Na mecânica de Newton, as equações tinham uma correspondência perceptível com a vida real: a velocidade de um carro são quantos metros ele percorre em um segundo. Ponto final. Já a equação de Schrödinger descrevia algo pequeno demais para ser visto, cuja existência só é verificável indiretamente: um elétron. E aí ficou a dúvida: será que o elétron é, de fato, uma onda — no sentido em que ondas do mar são ondas? Ou será que a matemática típica das ondas serviu

resultados com a mesma exatidão). Como interpretar a onda, então? Foi aí que entrou em campo Max Born. Born elevou a onda de Schrödinger ao quadrado. Sim, físicos começaram a elevar ondas ao quadrado. Ao fazê-lo, obteve outra onda, também com seus picos e vales. Então ele sacou que essa onda ao quadrado é uma espécie de gráfico: onde ela é mais alta, é maior a probabilidade do elétron estar. Onde ela é mais baixa, menor a probabilidade do elétron estar. Ficamos um experimento para ilustrar: tranque dez elétrons em dez caixinhas. De acordo com o cálculo de Born, haverá 70% de chance de cada um dos elétrons estar no canto

**1. O ORIGINAL DE 1901**  
Young fez a luz passar por duas fendas paralelas. As ondas, duplicadas, se re-encontram do outro lado e interferem entre si, formando um padrão listrado (as faixas apagadas são onde o vale de uma onda e a crista de outra se cancelam). É a prova de que a luz é onda.

**2. INTERAÇÃO COMIGO MESMO**  
Lembre-se também há evidência de que a luz é feita de partículas, os fótons. Porém, os fótons sabem que precisam agir como onda: mesmo que você atire um de cada vez, de modo que eles não interfiram um com o outro, o padrão listrado vai aparecer lá atrás.

**3. TRILOGIA ENCERRADA**  
E se você colocar um detector exatamente por qual das duas caixas individualmente passou? Aí eles param de se comportar como ondas e atiram a parede lá atrás em linha reta. A presença do observador tem o poder de mudar o experimento.

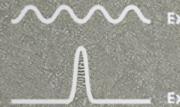
**1. RETRATO OSCILANTE**  
Você vê abaixo, congelada no tempo, uma onda gerada pela equação de Schrödinger. É só um exemplo, várias ondas são possíveis. A onda tem amplitude, que é sua altura, e comprimento, que é sua largura.



**2. ESCRITO NA ONDA**  
A onda tem vários picos, cada um com uma amplitude. Essa amplitude, ao quadrado, nos dá a porcentagem de chance de encontrar o elétron em uma certa posição. Já o comprimento dá informações sobre o "momento" do elétron (sua velocidade vezes a massa).



**3. PRINCÍPIO DA INCERTEZA**  
Se a onda for como o ex. 1 abaixo, é fácil calcular o momento, mas a posição é incerta: o elétron pode estar em qualquer pico (e estará em todos). Já o elétron do ex. 2 só tem uma posição possível, mas não dá para saber nada sobre seu momento. Eis o Princípio da Incerteza.



Página del capitolo "Física Quantica" del magazine Superinteressante

## Spazio, dalla terra fino ai confini dell'universo

History Channel  
2016

Accessibilità: **6/10**  
Storytelling: **4/10**  
Immagini: **7/10**

### Cose da tenere

Usare grandi immagini che stimolano curiosità e coinvolgono, facendo perdere l'utente nei dettagli e nell'apparato estetico

Usare diverse tecniche di rappresentazione a seconda dell'obiettivo

Questo libro fa parte di una collana fotografica di History Channel, pubblicata dalla casa editrice Hobby & Work nel 2016. Attraverso le sue pagine, si intraprende un viaggio che esplora progressivamente distanze sempre maggiori dalla Terra, offrendo una sorta di atlante frammentato del cosmo. Si parte dai pianeti del Sistema Solare per arrivare fino alla radiazione cosmica di fondo, con un forte focus sulle fotografie e sull'esposizione di fatti e scoperte, utili a comprendere ciò che si osserva.

È un libro chiaramente pensato per essere accessibile a un vasto pubblico, grazie al suo approccio molto descrittivo e poco teorico. Si colloca a metà strada tra una prima fonte di informazioni generali per chi è completamente nuovo all'argomento e uno strumento di visualizzazione concettuale e approfondimento nozionistico per chi possiede già qualche conoscenza della materia. Non è progettato per fornire una formazione approfondita o per avere un'impostazione didattica, e questo risulta evidente in diversi aspetti, a partire dall'impaginazione e dalla struttura narrativa. Gli eventi e i contenuti non seguono un filo logico preciso; al contrario, l'intera opera è caratterizzata da punti di attenzione sparsi, che offrono nozioni singole piuttosto che un flusso organico di conoscenze.

Il libro non include alcun background storico sugli scienziati, un'assenza che si può spiegare considerando il suo obiettivo principale: non approfondendo i concetti teorici, non si rende necessaria una contestualizzazione storica, al contrario quando vengono menzionate teorie o osservazioni, si cita solamente il nome dello scienziato, senza ulteriori dettagli.

Come già detto, il libro non segue un filo logico narrativo né adotta una struttura di storytelling significativa. Tuttavia, si percepisce l'intenzione di organizzare gli argomenti in modo da offrire almeno una traccia di senso espositivo, seguendo il criterio dell'allontanamento progressivo dalla Terra. Il tono di voce è molto neutrale e asettico. Sebbene mantenga un'impronta professionale, non riesce a trasmettere entusiasmo o coinvolgimento, limitandosi a un approccio puramente espositivo. Gli esempi presenti sono pochi e non sembrano pensati per essere vicini al lettore o particolarmente chiari e funzionali. Si tratta piuttosto di esempi convenzionali, utilizzati per introdurre concetti che, tuttavia, non vengono ulteriormente approfonditi. Il libro può però stimolare la curiosità, soprattutto grazie alla scoperta di nuovi fatti che il lettore potrebbe desiderare di approfondire autonomamente. Tuttavia, questa curiosità è alimentata più dall'apparato visivo che dai contenuti testuali.

Il reparto immagini è indubbiamente il protagonista delle pagine, con esempi che occupano fino a due, e in rari casi persino quattro, pagine intere. Queste immagini, spesso fotografiche, si distinguono per l'elevata qualità e il notevole livello di dettaglio, offrendo al lettore l'opportunità di immergersi completamente nella loro osservazione. È come trovarsi di fronte a una scena teatrale in cui tutto il resto scompare: catturano l'attenzione, suscitano stupore e stimolano il senso della vista, creando un coinvolgimento emotivo immediato.

Le immagini possono essere suddivise essenzialmente in tre categorie: Immagini "realistiche" di corpi celesti, che riproducono fedelmente elementi dell'universo, immagini schematiche di larga scala, spesso in 3D, che illustrano concetti più ampi e astratti e immagini schematiche più specifiche e dettagliate, generalmente di approfondimento, disponibili sia in 2D che in 3D. L'uso del 3D è sempre intelligente e mai superfluo: combinato con una scelta cromatica ben studiata, testimonia un lavoro accurato e consapevole sul design visivo. Talvolta, le tecniche 2D e 3D si integrano nella stessa immagine per ottenere un effetto comunicativo più potente e funzionale rispetto all'uso esclusivo di uno stile.

Sebbene le illustrazioni siano straordinarie per dettaglio e chiarezza, non puntano particolarmente sull'estetica o su un'identità visiva definita. Sono invece fortemente orientate alla funzionalità, arricchite da elementi come ombre e luci che supportano la trasmissione del messaggio e rendono ogni immagine efficace nel comunicare il proprio contenuto.

### Cose da evitare

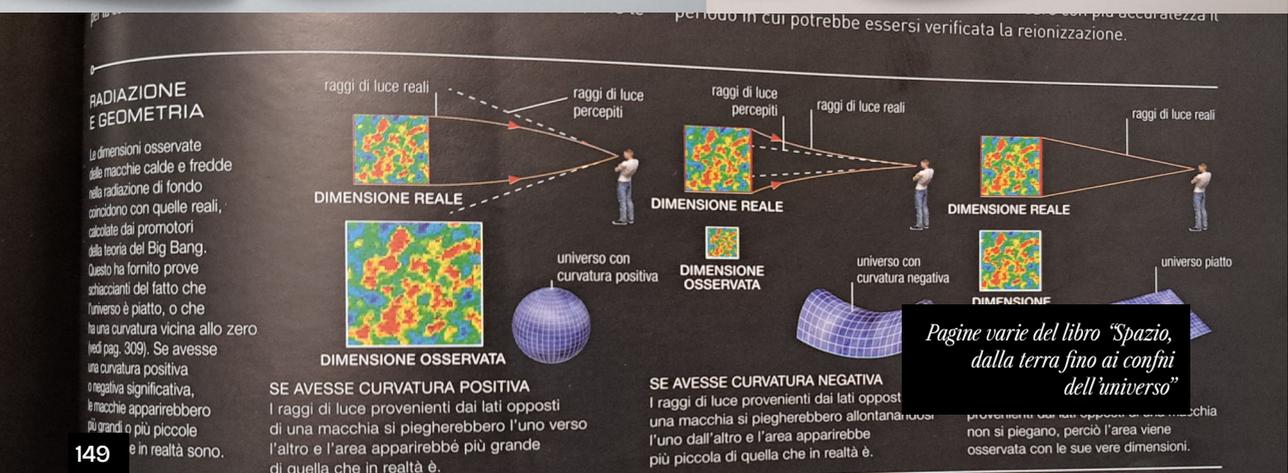
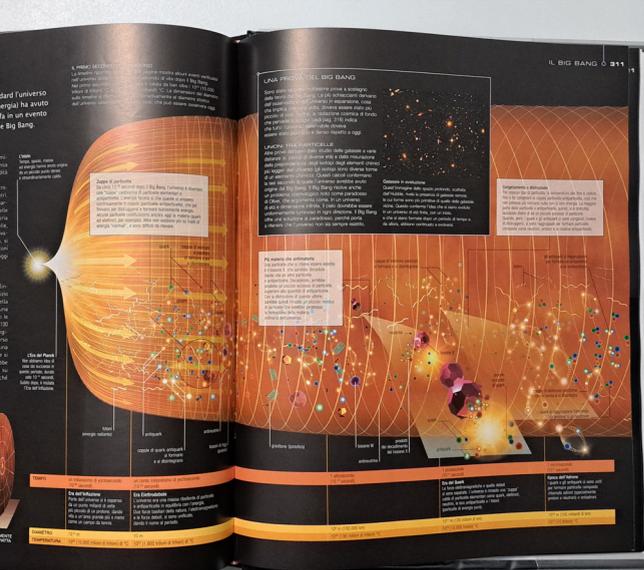
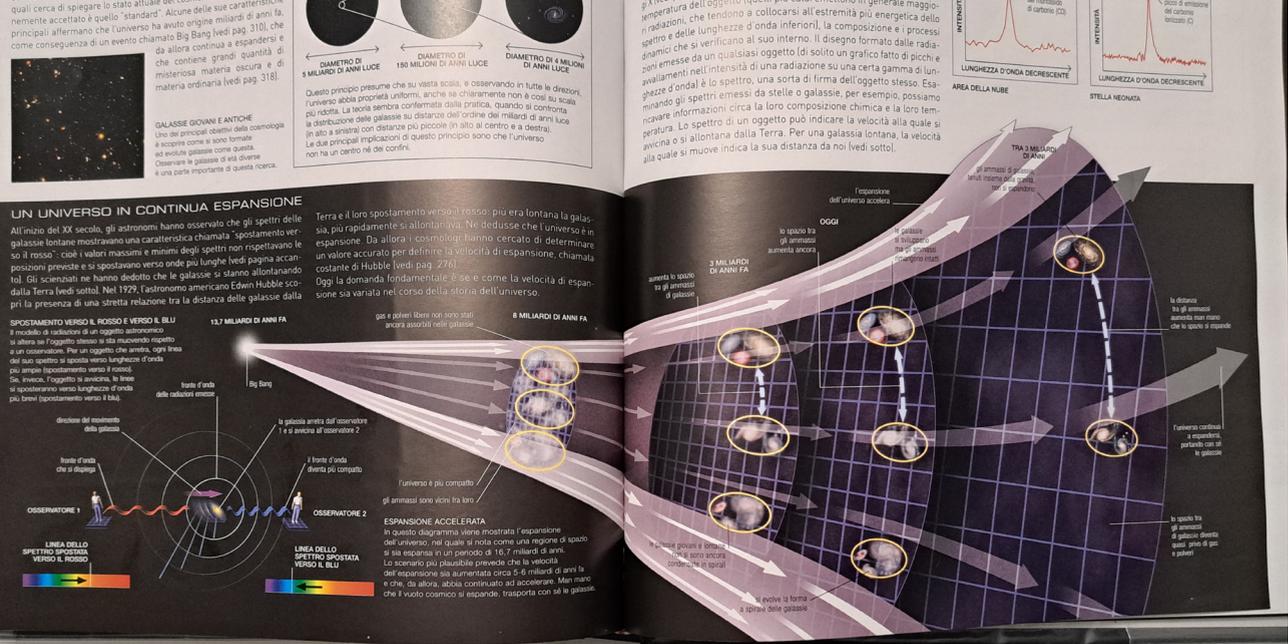
Evitare di restare superficiali sulla teoria o sul contesto storico

Evitare di costruire un apparato visivo sconnesso e non identitario

Evitare un tono borioso, asettico e da libro tradizionale

Evitare esempi complessi e distanti dall'utente

*History Channel. (2016).  
wSpazio, dalla Terra fino ai  
confini dell'Universo.  
Hobby & Work.*



# Altre esperienze

Hepscape \ Escape room, INFN \ 2021 - oggi

## Hepscape!

HEPscape! è un'escape room dedicata alla fisica delle alte energie, ideata da quattro ricercatrici dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) di Roma. Il progetto è stato realizzato grazie al prezioso supporto dell'INFN e alla collaborazione con Sapienza, Università di Roma. HEPscape! è nato con l'obiettivo di avvicinare il grande pubblico al mondo della fisica delle particelle, coinvolgendo bambini, giovani studenti e adulti in un'esperienza educativa e coinvolgente.

Escape room  
INFN  
2021 - oggi

Tra i principali punti di forza dell'uso di escape rooms nell'educazione scientifica si possono trovare la possibilità di diversificare l'attività in base all'età dei visitatori e un migliore coinvolgimento rispetto all'insegnamento frontale. L'idea di porre una sfida che obbliga i visitatori a pensare, incoraggia il lavoro di squadra e l'elaborazione di processi paralleli. Le escape rooms sono spesso considerate il modo migliore per attuare il famoso pensiero di Roedel sulle 4 C nell'istruzione: sviluppo di pensiero critico, cooperazione, creatività e comunicazione.

Accessibilità: **9/10**  
Storytelling: **5/10**  
Immagini: **4/10**

Non avendo avuto modo di vivere personalmente l'esperienza, mi limito a riportare quanto descritto sul sito ufficiale e ciò che emerge dalle recensioni disponibili. L'escape room inizia con una breve spiegazione sul funzionamento degli acceleratori di particelle e sui meccanismi di interazione tra particelle, seguita da una panoramica di alcuni esperimenti e dalle basi fondamentali sugli atomi. Le nozioni fornite sono accessibili a tutti e non richiedono conoscenze pregresse, anche se l'esperienza risulta più stimolante e coinvolgente per chi è già appassionato dei temi trattati.

### Cose da tenere

Creare un'esperienza in grado di essere memorabile a lungo termine tramite il coinvolgimento emotivo e il divertimento

Non si tratta esattamente di un approccio di learning by doing, ma piuttosto di un metodo di game-learning, in cui le informazioni apprese si integrano con un percorso esperienziale interattivo. Questo rende le nozioni più memorabili e significative, strettamente legate all'attività vissuta.

Creare un'esperienza basata su nozioni semplici ma utili che invogli il lavoro di squadra

È una forma di coinvolgimento particolarmente efficace per i giovani, poiché li invita a mettersi in gioco in prima persona. Inoltre, questo approccio sembra affrontare in modo efficace la sfida di consolidare le conoscenze a lungo termine, collegandole a un'esperienza diretta e dinamica.

Durante il percorso, vengono utilizzate numerose immagini, sia schematiche che di supporto, oltre a materiali reali tratti dai risultati di laboratorio, come le tracce del bosone di Higgs o riprese a 360° realizzate da un drone in una giornata di lavoro presso l'acceleratore. Tuttavia, dalle poche foto e immagini reperibili, emerge un utilizzo dell'immagine che sembra poco curato nei dettagli, con scarsa personalizzazione e una mancanza di "branding" che potrebbe rendere l'esperienza più distintiva e memorabile. Sebbene l'uso di immagini reali e pertinenti sia apprezzabile, c'è sicuramente margine di miglioramento.

Il progetto, nonostante queste criticità, dimostra di sfruttare efficacemente molte delle sue potenzialità, raggiungendo i suoi obiettivi, in particolare con i più giovani. L'esperienza è sensorialmente immersiva e supera di gran lunga libri, articoli o documentari in termini di coinvolgimento diretto. Hanno anche un account Instagram, ma la gestione lascia molto a desiderare: è disorganizzato e poco curato. Tuttavia, è comunque positivo che si stiano sforzando di espandere la loro presenza online, anche se il risultato attuale è lontano dall'essere efficace.

### Cose da evitare

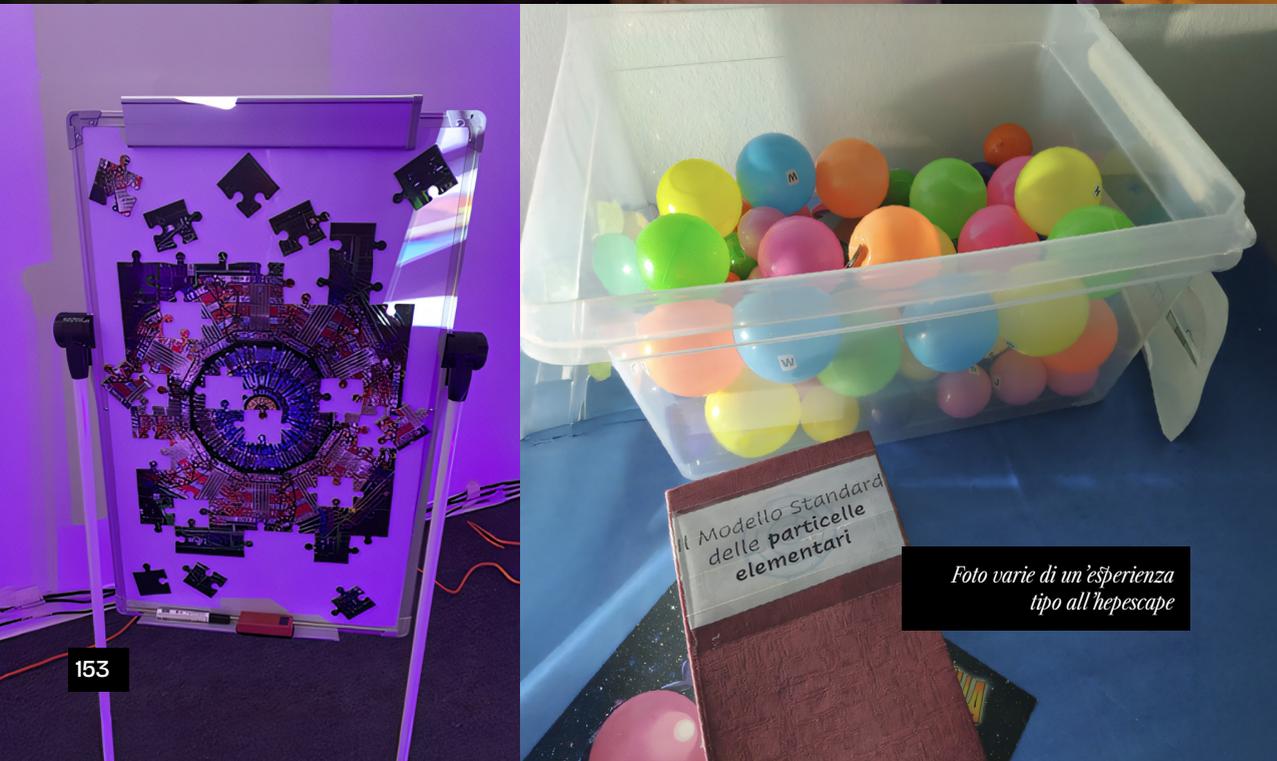
Evitare di gestire male i propri touchpoint lasciandoli a loro stessi

Evitare di utilizzare un apparato visivo poco concludente e sconnesso da un supporto all'altro



## Tabella dei casi studio

Nelle pagine successive saranno riportati tutti i casi studio analizzati, ordinati dal meglio valutato a quello con la media voti più bassa, con una rappresentazione visiva del valore attribuito a ciascun criterio di valutazione.



## Accessibilità

## Storytelling

## Immagine

### Kurzgesagt in a nutshell

Web e social

Progetto di  
divulgazione multicanale  
2013 - oggi

### Animation VS Physics

Web e social

Video del canale  
YouTube "Alan Becker"  
2023

### How gravity actually works

Web e social

Video del canale  
YouTube "Veritasium"  
2021

Legenda  
valutazioni



## Accessibilità

## Storytelling

## Immagine

### Fisica Quantica

Libri e riviste

Superinteressante  
magazine  
2020

### Einstein's big idea

Documentari e talk

Documentario  
NOVA documentary  
2005

### Quantum girl

Web e social

Divulgatrice sui social  
Virginia Benzi  
2022 - oggi

Legenda  
valutazioni



## Accessibilità

## Storytelling

## Immagine

### Potenze di dieci

Libri e riviste

Charles e Ray Eames  
1986

### L'illusione del tempo

Documentari e talk

Documentario  
National Geographic  
Brian Greene  
2011

### Buchi neri, ai limiti della conoscenza

Documentari e talk

Documentario  
Netflix  
2020

Legenda  
valutazioni



## Accessibilità

## Storytelling

## Immagine

### La trama del cosmo

Libri e riviste

Brian Greene  
2004

### Amedeo Balbi

Web e social

Divulgatore e professore  
di astronomia e  
astrofisica  
2020 - oggi

### The other end of a black hole - with James Beacham

Documentari e talk

Video del canale  
YouTube "The Royal  
Institution"  
2023

Legenda  
valutazioni



## Accessibilità

## Storytelling

## Immagine

### Hepscape!

Altre esperienze

Escape room  
INFN  
2021 - oggi

### Spazio, dalla terra fino ai confini dell'universo

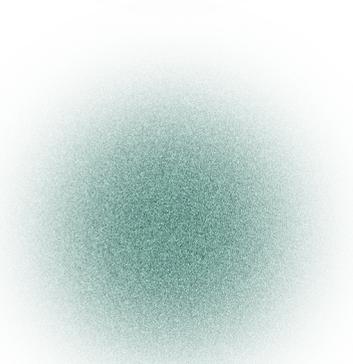
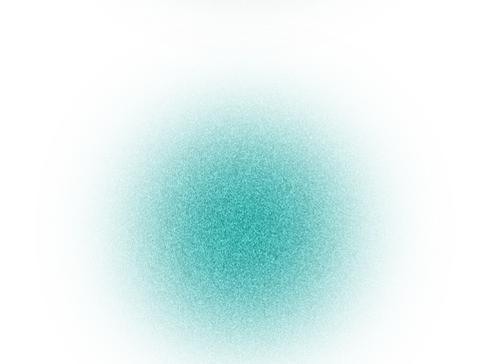
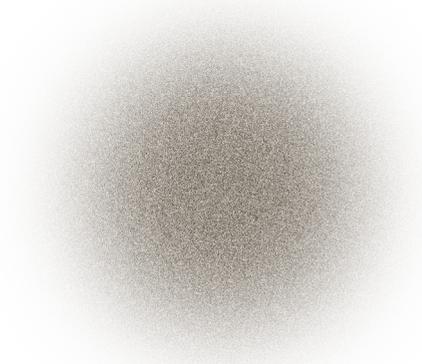
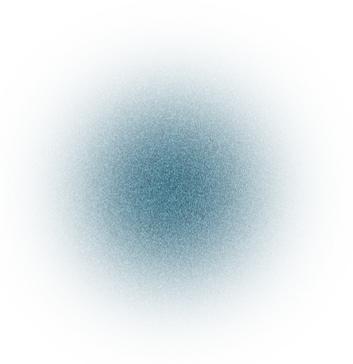
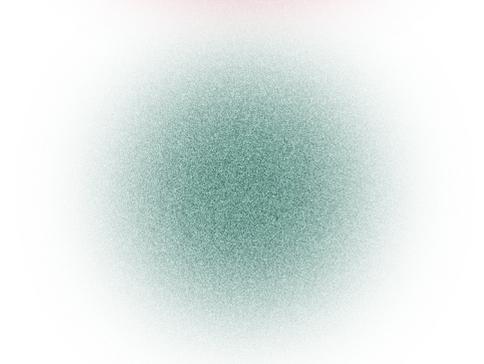
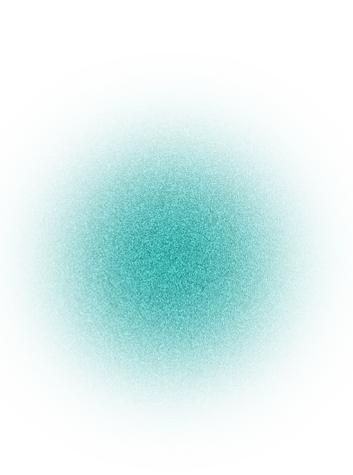
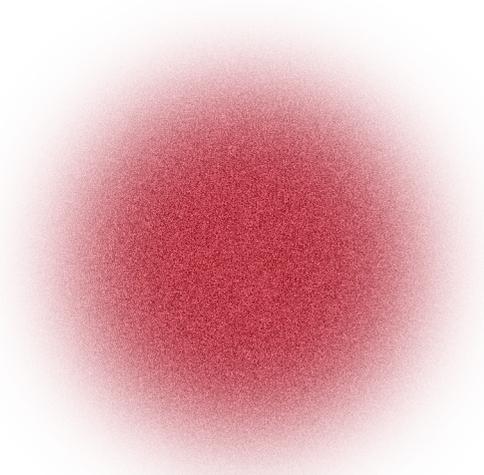
Libri e riviste

History Channel  
2016

### Quantum country

Web e social

Sito web  
Andy Matuschak e  
Michael Nielsen  
2019



Legenda  
valutazioni



## Accessibilità

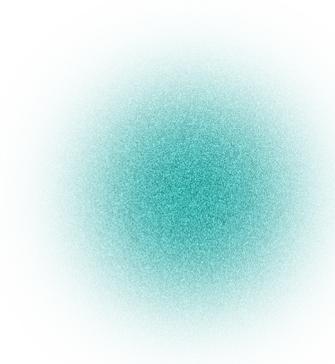
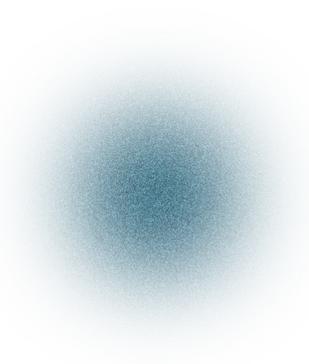
## Storytelling

## Immagine

### Scienza per tutti

Web e social

Sito web  
INFN  
2017



*Legenda  
valutazioni*



# La fisica nella didattica

## - analisi dei supporti

## Le criticità dei libri - Il caso della 5°B

I libri di fisica utilizzati nei licei, sia in generale che nel contesto specifico della classe del professor Balaudo, presentano criticità che ne ostacolano una fruizione efficace e l'uso come risorsa utile per gli studenti, soprattutto nell'affrontare argomenti di fisica complessa. Analizzando il contesto progettuale, è emerso che il professor Balaudo si discosta frequentemente dal programma standard dei libri di testo, in particolare per quanto riguarda la relatività generale (argomento affrontato nel progetto). Questo argomento viene trattato dal docente in modo più approfondito e seguendo una scaletta di contenuti diversa da quella proposta nei manuali.

Da questa situazione nasce la principale esigenza del progetto: progettare dei supporti didattici (non necessariamente un "libro 2.0") in grado di potenziare e facilitare l'insegnamento del professore e, al tempo stesso, rappresentare una risorsa utile per gli studenti. Infatti, il distacco dal programma standard da parte del docente si traduce spesso in una criticità per gli alunni, che non potranno consultare il libro di testo, nonostante per alcuni di loro sia ad oggi una risorsa importante, perché i suoi contenuti rischiano di risultare incongruenti o insufficienti rispetto alle lezioni e, di conseguenza, inutili per la preparazione delle verifiche.

Il 44% degli alunni ad oggi usa il libro per scrivere i propri appunti, anche se solo il 14,3% degli alunni dichiara che il libro o gli appunti che ne derivano sono uno strumento utile per comprendere a fondo un concetto, dimostrando che il libro è una risorsa ancora in parte ricercata ma non funzionale.

*Questionario somministrato a  
16 studenti della 5°B  
il 2 dicembre 2024*

*"...se magari Balaudo fa cose in più, o le fa diversamente, poi a volte non riusciamo a trovare la concordanza sul libro."*

*Ginevra, studentessa  
intervistata della 5°B*

Questa rappresenta solo una delle molte criticità sollevate dagli studenti riguardo al loro libro di fisica. Il testo viene giudicato mediocre, con un tono borioso che, anziché avvicinare, scoraggia i ragazzi dalla lettura. Le immagini proposte non sono percepite come utili e il libro è spesso accantonato sia come supporto di studio che come risorsa per recuperare nozioni.

Gli studenti, infatti, mostrano una netta preferenza nel consultare gli appunti propri o dei compagni, evidenziando la necessità di una risorsa più affidabile e affine a quello che spiega il professore, mentre il libro, a causa delle sue criticità espositive, è sempre relegato in secondo piano. Solitamente viene consultato solo in situazioni di necessità, ad esempio quando la lezione risulta particolarmente complessa e lo studente deve recuperare a casa.

47/100 è il voto dato dagli alunni su quanto aiutano le immagini del libro a comprendere i concetti che ci sono scritti

59/100 è il voto dato dagli alunni su quanto il libro è scritto bene e rende chiari e fluidi gli argomenti

60/100 è il voto dato dagli alunni su quanto il libro è utile e inerente alle lezioni

70/100 è il voto dato dagli alunni su quanto il libro è noioso e pesante

*Questionario somministrato a  
16 Studenti della 5<sup>B</sup>  
il 2 dicembre 2024*

Tuttavia, nel caso della relatività generale, il libro si rivela inefficace anche per dei recuperi più generale in quanto manca proprio parte degli argomenti che il professore tratta. Di conseguenza, il libro non riesce a soddisfare le esigenze degli studenti, lasciandoli spesso senza un'alternativa valida, a meno che non si affidino a risorse esterne come video online, che però non sempre sono considerati una materia prima valida perché anche in questo caso rischiano di dare nozioni non in linea con il programma.

Va sottolineato, tuttavia, che il libro viene utilizzato con maggiore frequenza per gli esercizi, i quali sono stati apprezzati sia dal professor Balaudo che dagli studenti per la loro varietà, creatività e costruzione. Tuttavia, il professor stesso ha dichiarato che, per valutare gli studenti sulla relatività generale non saranno proposti esercizi, ma solo domande aperte. Questo rende fondamentale un approccio più teorico, che come abbiamo visto, il libro fatica a supportare adeguatamente.

"Non lo guardo molto per la teoria ma più per l'esercizio sinceramente, perché la teoria diciamo che Balaudo individua le cose che noi dobbiamo sapere e ci basiamo su quelle"

*Alessandro, Studente  
intervistato della 5<sup>B</sup>*

Infine, il professor Balaudo, pur sottolineando l'importanza della lettura come stimolo per l'immaginazione, riconosce che oggi pochissimi ragazzi leggono, anche quando si tratta di argomenti di loro interesse. Proprio per questo, ritiene essenziale che un libro sappia "farsi leggere": deve essere un supporto graficamente accattivante, coinvolgente e persino multisensoriale. Alcuni libri moderni cercano di rispondere a queste esigenze, ad esempio includendo collegamenti a pagine online con brevi video accessibili tramite QR code. Tuttavia, spesso mantengono una presentazione dei concetti poco attraente, con una matematica predominante e un'assenza di esempi significativi che possano risultare rilevanti per la vita degli studenti.

Balaudo osserva inoltre che il video è ormai il principale strumento di divulgazione e che per gli studenti è decisamente più affascinante guardare un video piuttosto che leggere un libro. Questo apre la strada a nuove riflessioni sull'integrazione di media e contenuti innovativi nella didattica, suggerendo la necessità di un approccio innovativo.

"La lettura è un metodo di veicolazione delle informazioni che al giorno d'oggi non è più prioritaria. [...] adesso lo strumento principale è il video, con punti di forza e svantaggi: il video riesce ad attirarti molto di più, a coinvolgere più sensi, però non stimola l'immaginazione come la lettura."

*Prof. Roberto Balaudo,  
collaboratore del progetto*

"Un buon libro di testo dovrebbe essere rigoroso, però non noioso [...] dovrebbe convincere a farsi leggere [...] instaurare una certa curiosità. Avendo una veste grafica piacevole..."

*Prof. Roberto Balaudo,  
collaboratore del progetto*

Detto ciò, considerato che nel caso specifico del professor Balaudo e di questo progetto, il libro risulta a priori poco utile poiché non segue il programma personalizzato del docente, è comunque interessante esaminare come, in un contesto di programma didattico tradizionale, il libro provi a supportare le lezioni, sia in termini di visualizzazione dei concetti sia di leggibilità, soprattutto quando si affrontano argomenti di fisica complessa.

# Tre casi studio

Verranno analizzati alcuni libri di fisica che trattano temi di fisica complessa (con un focus sulla relatività generale), valutandone l'efficacia e la compatibilità con le esigenze degli studenti. In particolare, l'analisi si concentrerà su:

La qualità e l'efficacia dello storytelling e la sua capacità di coinvolgimento

La presenza, la disposizione, l'uso e l'efficacia delle immagini

Gli elementi innovativi rispetto ad altri libri e alla didattica tradizionale

La presenza della matematica, il suo ruolo e la sua necessità per la comprensione

L'esposizione degli argomenti, la loro concatenazione e chiarezza logica

Il Walker 3 \ James S. Walker \ 2020

Fisica. Modelli teorici e problem solving - vol 3 \ James S. Walker \ 2019

FTE - fisiche teorie esperimenti \ Sergio Fabbri, Mara Masini, Enrico Baccaglioni \ 2020

## Il Walker 3

James S. Walker  
2020

L'introduzione all'argomento non è particolarmente coinvolgente: viene subito presentato l'apparato matematico dell'argomento. Tuttavia, viene anche messo in primo piano il collegamento con gli argomenti precedenti, che risulta abbastanza solido. In generale, la concatenazione logica degli argomenti, anche all'interno del capitolo, è ben strutturata e utile per comprendere meglio il tema trattato. Si trova anche un buon equilibrio tra dare per scontati alcuni concetti già affrontati e riprenderli per chiarirli meglio, con però delle eccezioni, come quando si danno per scontati alcuni aspetti di argomenti proprio passati, il che può risultare problematico.

Detto ciò, manca un'introduzione sugli scienziati che hanno sviluppato le teorie: c'è appena una classica foto in bianco e nero di Einstein anziano, che non suscita empatia nello studente, né lo aiuta a immedesimarsi. Inoltre, non viene spiegato il motivo per cui lo studente dovrebbe impegnarsi a studiare questo nuovo argomento complesso, né vengono approfondite le domande che hanno guidato gli scienziati nella loro ricerca.

Il tono del libro è estremamente asettico e didattico: appare noioso, troppo incentrato sulla matematica e poco coinvolgente.

Gli esempi proposti non sono significativi per gli studenti, né particolarmente numerosi. Si limitano ai classici esempi "didattici" (generici, utilizzati da sempre) che però risultano obsoleti e non connessi ai contesti, agli interessi o alle esperienze degli studenti, disconnessione evidente sia nei contenuti che nel modo in cui vengono presentati.

Per comprendere gli esempi, è necessario possedere solide basi matematiche, poiché essi si fondano esclusivamente su calcoli e dimostrazioni numeriche. Non si utilizza lo storytelling o il senso intuitivo per guidare il lettore verso una conclusione, rendendo il contenuto meno accessibile.

Il reparto immagini è presente e anche leggermente curato, ma mantiene un'impostazione piatta, tradizionale e poco coinvolgente: i disegni sono statici, ripetitivi e di scarsa rilevanza, servono unicamente a chiarire il contesto delle osservazioni, senza aggiungere un reale valore visivo. Si nota infatti una certa economia nell'apparato grafico: le rappresentazioni sono poco curate, occupano uno spazio marginale nelle pagine e spesso vengono riutilizzate quando possibile, senza particolare attenzione all'estetica.

Detto ciò, sono presenti alcune immagini fotografiche più interessanti: colorate, suggestive e potenzialmente affascinanti. Tuttavia, vengono anch'esse relegate ad una parte piccola della pagina, stampate con una qualità modesta che ne compromette l'impatto visivo e impedisce di apprezzarne appieno il valore.

Infine, ci sono piccoli grafici che supportano il contenuto testuale. Sebbene semplici e utili per facilitare la comprensione, la loro implementazione è limitata e il loro contributo risulta poco significativo, non aggiungendo nuove prospettive o intuizioni rilevanti.

Un aspetto positivo è l'approccio innovativo: nel libro sono presenti caselle con QR code che, se scansionati, mostrano sul dispositivo una piccola animazione relativa a quanto si sta leggendo. Questa risorsa risulta piuttosto utile, almeno in teoria, anche se la sua efficacia pratica è limitata: le animazioni ripropongono in modo piuttosto piatto le illustrazioni e i concetti già presenti nel testo, senza aggiungere elementi particolarmente illuminanti. Tuttavia, offrono comunque un valore aggiunto, seppur modesto.

Va però sottolineato che il posizionamento dei QR code può creare punti di attenzione che distraggono dalla lettura. Inoltre, la presenza di questi e di altri approfondimenti secondari risulta abbastanza frequente, rischiando di interrompere il filo logico e la fluidità della lettura.

*Il Walker 3. (2020). Pearson.*

La terza edizione di Fisica. Modelli teorici e problem solving. Vol. 3 si presenta come un testo dal taglio didattico, pensato per gli studenti che vogliono affrontare argomenti avanzati della fisica. Tuttavia, nonostante le buone intenzioni degli autori, ci sono diversi aspetti che rendono l'esperienza di apprendimento meno coinvolgente e, in alcuni casi, frustrante. L'introduzione agli argomenti, sebbene formalmente ben strutturata, manca di un vero aggancio emotivo o motivazionale per lo studente. Si nota un tentativo di collegare i nuovi concetti a quelli già affrontati nei volumi precedenti, ma la transizione risulta troppo rapida e poco stimolante. Gli autori inoltre si concentrano soprattutto sull'apparato matematico, introducendo formule fin dalle prime pagine del capitolo, senza offrire un contesto storico o un racconto che possa spiegare il "perché" dietro l'evoluzione di tali teorie. Questo approccio rende il testo freddo e scarsamente motivante, limitando l'impatto sui lettori meno inclini a un'immediata immersione nei dettagli tecnici.

Un punto critico è l'assenza di una narrazione sugli scienziati e sulle sfide che hanno portato allo sviluppo delle teorie trattate: si vede l'intento di fornire una buona immagine di queste figure, ma i riferimenti davvero interessanti sono brevi e superficiali, non aggiungendo nulla di significativo all'esperienza di apprendimento.

Il tono complessivo del libro è abbastanza formale e didattico, come gli altri casi studio, con uno stile che tende ad essere noioso. Gli esempi proposti sono pochi e spesso ancorati a situazioni ormai obsolete, lontane dai contesti quotidiani degli studenti. La scelta di esempi "didattici" tradizionali, come pendoli o blocchi su piani inclinati, può funzionare in termini di semplicità tecnica, ma fallisce nel catturare l'attenzione o nel suscitare un senso di meraviglia. Per comprendere tali esempi, è necessario possedere una solida preparazione matematica, poiché lo storytelling è quasi completamente assente, e i concetti vengono spiegati esclusivamente attraverso calcoli e deduzioni analitiche.

Per quanto riguarda il comparto visivo, il libro offre un mix di immagini statiche e grafici funzionali. Le rappresentazioni grafiche sono generalmente semplici, prive di un forte impatto visivo e limitate nella loro capacità di stimolare l'interesse. Anche le poche immagini fotografiche, che potrebbero aggiungere un tocco di colore e vitalità, sono presentate in formato ridotto e con una qualità di stampa modesta, che ne limita l'efficacia comunicativa.

Un altro aspetto che merita attenzione è la struttura del testo. Sebbene la concatenazione logica degli argomenti sia generalmente ben curata, ci sono frequenti interruzioni dovute alla presenza di approfondimenti e caselle esplicative a margine. Questi inserti, sebbene pensati per arricchire il contenuto, finiscono per frammentare la lettura e disperdere l'attenzione. Ad esempio, si trovano collegamenti con altri ambiti, come l'arte o la storia, che, pur essendo potenzialmente interessanti, non sono integrati in modo organico nel discorso principale. Il risultato è un testo che, nonostante l'ampiezza dei contenuti, appare caotico e poco coeso.

In conclusione, Fisica. Modelli teorici e problem solving. Vol. 3 è un libro che offre una trattazione dettagliata e rigorosa degli argomenti, ma che fatica a coinvolgere realmente gli studenti. La mancanza di un contesto narrativo stimolante, l'eccessivo focus sull'apparato matematico e la frammentazione della lettura rappresentano i principali limiti di questo testo.

*Fisica. Modelli teorici e problem solving - vol 3. (2019). Linx.*

Il testo inizia riprendendo gli argomenti precedenti, ma in modo poco incisivo e privo di un vero coinvolgimento. Lo stesso vale per la presentazione degli scienziati: viene spiegato cosa motiva Einstein a sviluppare la relatività, ma la giustificazione risulta breve, poco articolata e presentata in modo poco stimolante, rimanendo in linea con il tono leggermente borioso e didattico del libro.

D'altra parte, si nota una buona concatenazione logica degli argomenti: alcune nozioni minori vengono riprese accanto al testo principale per chiarire termini o concetti, oppure per specificare differenze, osservazioni o appunti mentali utili alla comprensione.

Questi elementi agiscono però a volte come punti di dispersione dell'attenzione, rappresentando un serio problema per questo libro: è letteralmente pieno di distrazioni di ogni tipo, come collegamenti con l'arte, approfondimenti, esempi, chiarimenti e persino caselle a margine che spiegano concetti in inglese. Il risultato è un caos che mina gravemente la capacità di concentrazione.

Sebbene l'intento di queste sezioni sia quello di offrire spunti, esempi interessanti o magari applicazioni pratiche, con l'intento di coinvolgere un po' di più lo studente, c'è una riflessione da fare: nonostante l'impegno nel creare questi contenuti, l'efficacia risulta limitata a causa del modo in cui gli studenti fruiscono il materiale, cioè considerando e studiando solo le parti utili per le conoscenze che verranno giudicate in verifica. L'unico valore concreto che emerge da queste finestre di attenzione riguarda gli esempi più rilevanti e noti, come quello del GPS, che sono talvolta richiesti in verifica o esplicitamente indicati dal docente come materiali da studiare.

Il tono è fortemente didattico, privo di entusiasmo e di capacità di coinvolgimento, gli esempi proposti si basano prevalentemente su dimostrazioni matematiche, e lo storytelling, se presente, è appena accennato, come un elemento marginale che non contribuisce realmente ad arricchire il contenuto.

Inoltre, gli esempi risultano poco significativi per gli studenti, né particolarmente numerosi: si tratta dei classici esempi "didattici", generici e utilizzati da sempre, che appaiono ormai obsoleti e poco connessi ai contesti attuali, agli interessi o alle esperienze personali degli studenti.

Il comparto immagini, pur essendo contenuto, risulta abbastanza curato. A differenza di altri libri, si percepisce una maggiore attenzione al dettaglio: le figure cambiano posizione a seconda del contesto, evitando il semplice copia-incolla di elementi riciclati. Si nota anche un tentativo di valorizzare la visualizzazione dei fenomeni fisici, con rappresentazioni pensate per facilitare la comprensione, come l'uso di modelli tridimensionali.

Tuttavia, nonostante queste intenzioni, le immagini restano per lo più statiche, poco comunicative e visivamente poco accattivanti. Non assumono un ruolo centrale né riescono a generare enfasi, stupore o coinvolgimento. Le poche immagini di qualità, sparse qua e là, non vengono adeguatamente valorizzate, salvo rare eccezioni in cui una fotografia viene accompagnata da uno schema esplicativo, migliorando la comprensione e consentendo di apprezzare meglio ciò che si osserva.

Per quanto riguarda l'innovazione, anche in questo caso sono presenti riferimenti ad animazioni esterne, ma è importante sottolineare un aspetto critico: a differenza dell'utilizzo di strumenti più immediati come i QR code, che permettono un accesso diretto alle spiegazioni, qui ci si limita a un semplice richiamo.

*FTE - Fisiche teorie espressioni (2nd ed.). (2020). SEI.*

# Una critica costruttiva: la fruizione dei libri

Non è certo possibile formulare critiche totalizzanti e generalizzate sul funzionamento complessivo dei libri, anche perché ciò implicherebbe entrare in ambiti in cui si potrebbe non avere competenza, rischiando di invalidare anni di studi pedagogici dedicati alla creazione di testi strutturati, aggiornati nei contenuti e nei metodi di fruizione. È innegabile infatti che i libri di 30 anni fa fossero meno accessibili e spesso più pesanti da leggere, ed è proprio grazie a questi studi se sono stati fatti progressi significativi. Oggi i libri, nel complesso, funzionano: spiegano i concetti in modo chiaro, cercano di essere coinvolgenti e fanno uso delle immagini per supportare la comprensione.

Ciò che si può fare, però, è riflettere sui margini di miglioramento da una prospettiva diversa. Questa prospettiva si basa su un'analisi condotta attraverso interviste e questionari (sebbene limitata a un campo molto ristretto, che andrebbe approfondito e ampliato), focalizzandosi sulle esigenze dei professori e degli studenti coinvolti nel progetto. A questa analisi si affianca anche una visione personale, per quanto parziale, derivante dall'esperienza diretta come studente e come parte del pubblico potenzialmente interessato dal progetto.

I libri sono efficaci nel loro modo di spiegare i concetti: offrono tutto il necessario per comprendere bene un argomento a livello di contenuti e presentano un ritmo espositivo ben studiato, con una concatenazione logica che, passo dopo passo, consolida ciò che si sta leggendo, basandosi su quanto appreso in precedenza. Degno di nota è anche lo sforzo di integrare elementi visivi nella spiegazione, rendendola più coinvolgente.

Il problema, tuttavia, risiede nella natura stessa del libro, nella sua forma intrinseca, che si porta appresso un metodo di fruizione che, a mio avviso e secondo i pareri raccolti, non si adatta pienamente alle esigenze e ai metodi di consultazione dei giovani di 18 anni oggi. Per essere chiari: nemmeno 30 anni fa un 18enne era entusiasta all'idea di studiare sui libri, soprattutto considerando che questi erano spesso scritti e strutturati con un approccio severo e poco accogliente. Tuttavia, anche solo l'assenza dei social e, in generale, un ritmo di vita più lento rendevano più idonei e giustificati per veicolare informazioni, metodi come la lettura, la consultazione, la proiezione mentale e lo sviluppo di capacità di astrazione e immaginazione, competenze molto importanti e degne di attenzione.

Questo significa che oggi queste competenze debbano essere sacrificate, giustificandosi con il cambiamento dei metodi di fruizione? Assolutamente no, né secondo me né secondo il professor Balauo. Il progetto non intende né eliminare né sostituire la lettura come metodo didattico, sarebbe un approccio presuntuoso e controproducente. Fortunatamente, ci sono ancora giovani (anche se in diminuzione: i dati mostrano che nel 2020 i lettori tra gli 11 e i 24 anni erano il 41,4%, scesi al 40,8% nel 2021, fino a raggiungere il 39,3% oggi, il livello più basso degli ultimi 25 anni. Dopo un lieve incremento post-Covid19, il trend è tornato in calo) che trovano piacere nella lettura o la considerano un metodo valido e stimolante per acquisire informazioni. Inoltre, nonostante il crescente successo dei formati digitali, il formato cartaceo e il materiale proposto dai professori continuano a mantenere una forte rilevanza.

Tuttavia, ciò non preclude la possibilità di sperimentare nuovi metodi e approcci per trasmettere conoscenze, competenze, immaginazione e capacità di problem solving, in modo che non solo il messaggio, ma anche la forma e il mezzo attraverso cui viene veicolato, ne valorizzino l'efficacia. Questo non implica né che la lettura sia sempre il metodo migliore per trasferire informazioni, né che non lo sia, ma suggerisce che si possano affiancare approcci e metodi di fruizione innovativi per raggiungere una maggiore efficacia didattica.

Il problema principale legato alla natura del libro, oltre al fatto che richiede necessariamente la lettura, è l'assenza di una componente realmente coinvolgente ed entusiasmante. I toni utilizzati nei libri sono spesso monotoni, accademici e rigidamente rigorosi. Certo, è fondamentale mantenere precisione e rigore terminologico quando si trattano argomenti scientifici, ma questo non esclude la possibilità di dedicare maggiore attenzione allo storytelling, utilizzando narrazioni capaci di trasmettere emozioni, stimolare la curiosità e accendere l'entusiasmo.

Come sottolinea il professor Balauo, in un contesto in cui gli studenti, affrontando temi complessi della fisica, si chiedono comprensibilmente perché dovrebbero mettere in dubbio le loro basi di realtà per imparare faticosamente una nuova descrizione del mondo (partendo da una descrizione che, fino a quel momento, sembrava perfettamente valida e coerente alla loro esperienza) è essenziale fornire loro una valida motivazione e un forte supporto. Questo è particolarmente vero considerando i temi della fisica complessa, come gli effetti relativistici e quantistici, dato che questi diventano significativi solo a scale molto diverse dalla nostra esperienza quotidiana. Se non si dà agli studenti una ragione convincente per affrontare questo passaggio didattico necessario, e se tale transizione non viene sostenuta e facilitata anche attraverso i materiali didattici, incluso il libro, sarà difficile per loro che esso sia percepito come uno strumento interessante, soddisfacente e coinvolgente. L'assenza di supporti narrativi e stimoli emozionali rischia di rendere il libro un mezzo poco efficace nel catturare l'attenzione e nel favorire l'apprendimento.

"la domanda fondamentale che uno studente si pone è ma perché devo impararmi questa cosa qua? [...] perché non devo capirci niente un'altra volta?"

*Prof. Roberto Balauo,  
collaboratore del progetto*

Alcune case editrici più di altre, dimostrano consapevolezza della situazione, e i loro sforzi nel veicolare nozioni, curiosità, approfondimenti e collegamenti alla vita quotidiana degli studenti sono evidenti.

Tuttavia, nella maggior parte dei casi, persistono diverse problematiche significative:

Il risultato di questa situazione è che, nonostante l'impegno nel produrre insight ed esempi, l'efficacia è compromessa dai metodi di fruizione degli studenti: nonostante l'intento nobile delle case editrici, ad oggi questi metodi limitano l'impatto di questo investimento di contenuti. Il libro, quindi, fallisce sotto diversi aspetti nel porsi come un touchpoint in grado di ispirare o appassionare, e rimane relegato al ruolo di un tomo didattico necessario, ma non desiderato.

Tuttavia, è fondamentale sottolineare che il libro non nasce come strumento divulgativo, ma come strumento didattico, e quindi svolge una funzione diversa. Non sarebbe corretto applicare tecniche e considerazioni tipiche della divulgazione, sia nello storytelling, nell'uso delle immagini, che nell'accessibilità del testo, senza tener conto delle funzioni primarie che il libro deve assolvere, come appunto stimolare l'immaginazione e la capacità intuitiva dei ragazzi ad esempio. Detto ciò, ci sono sicuramente margini per migliorare la loro situazione e il loro posizionamento attuale.



**Distrazioni nell'impaginazione:** L'aggiunta di schede, colori e forme attorno al testo spesso genera punti di distrazione, senza contribuire a un'acquisizione semplificata e lineare degli argomenti.

"I testi odierni hanno tanti centri di attenzione come box, colori diversi, corsivi, adesivi ecc. A mio parere questa frammentazione del messaggio non giova allo studente [...] è dispersivo e respingente. Si perde l'andamento lineare e logico della lettura."

*Prof. Matteo Luca Ruggiero,  
professore di divulgazione  
scientifica all'Università di  
Torino*



**Focus sui professori, non sugli studenti:** Le case editrici tendono a dialogare principalmente con i professori, trascurando i pareri e le esigenze degli studenti. Questo rallenta l'evoluzione del libro come artefatto, poiché ci si rivolge a un'utenza con abitudini e modalità di fruizione dei contenuti differenti rispetto a quelle dei giovani di oggi.



**Percezione utilitaristica del libro:** Gli studenti, nella maggior parte dei casi, vedono il libro come uno strumento utile esclusivamente per prepararsi alle verifiche o ai test, piuttosto che come un mezzo per stimolare curiosità e approfondire argomenti di loro interesse. I contenuti aggiuntivi e i punti di attenzione, progettati per arricchire l'esperienza, spesso risultano poco efficaci e vengono ignorati, a meno che il professore non indichi esplicitamente cosa includere oltre al testo principale.

# Come comunicare la fisica complessa?

"qual è il modo migliore per progettare e utilizzare rappresentazioni visive ed espositive nel contesto didattico? Quali strategie risultano più efficaci sia nella loro creazione, sia nel loro utilizzo e nella loro fruizione, per facilitare l'apprendimento?"

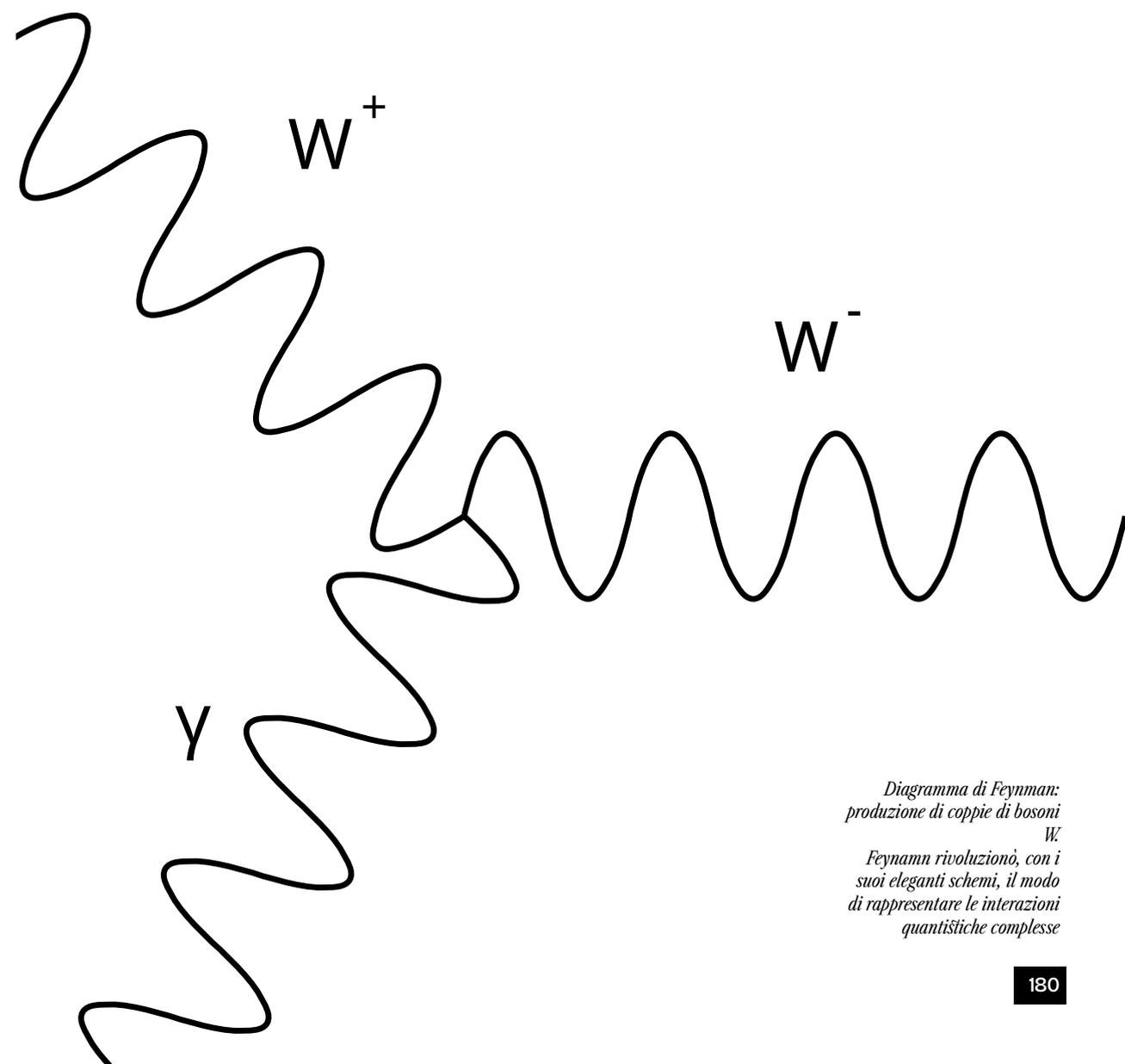
A seguito dell'analisi delle interviste, delle risposte ai questionari e dei casi studio, e considerando le riflessioni sviluppate in questo capitolo e nei precedenti, emergono numerosi risultati utili a rispondere alla domanda iniziale di progetto, definendo così i criteri per una comunicazione efficace della fisica complessa.

Esistono molteplici modalità, strumenti e touchpoint che possono essere utilizzati per raggiungere questo obiettivo, anche se, la domanda progettuale stessa, orienta verso l'uso delle dinamiche di rappresentazione visiva e di racconto verbale, riconosciuti a priori come canali principali per la trasmissione di conoscenze, sia in ambito divulgativo sia didattico.

*Domanda progettuale  
proposta ad inizio capitolo*

Da questo punto di vista, i risultati possono essere sintetizzati in due soluzioni principali, da declinare poi in molteplici modalità più specifiche: l'uso dello storytelling e l'uso dell'immagine come strumento di visualizzazione e semplificazione. Questi elementi si affermano come potenti risorse per la divulgazione scientifica, con un grande potenziale applicativo anche in ambito didattico.

Tali strumenti permettono di trasmettere passione ed entusiasmo, di coinvolgere gli studenti attraverso i loro insight e di creare esperienze e conoscenze significative e durature. Rendono lo studente più consapevole del mondo che lo circonda e orgoglioso delle proprie competenze. Inoltre, si rivelano utili per arricchire il materiale scolastico e affrontare alcune criticità legate alla natura dei libri di testo e alla loro fruizione. Favoriscono anche la contestualizzazione della matematica e del linguaggio grafico associato, trasformandoli in risorse utili piuttosto che in ostacoli.



*Diagramma di Feynman:  
produzione di coppie di bosoni  
W  
Feynman rivoluzionò, con i  
suoi eleganti schemi, il modo  
di rappresentare le interazioni  
quantistiche complesse*

# Analisi dell'utenza

## Il Questionario

Traccia del questionario  
Risultati del questionario

## Intervista al professore

Traccia dell'intervista  
Risultati dell'intervista

## Interviste agli studenti

Traccia delle interviste  
Risultati delle interviste

## Personas

Roberto - il professore  
Ginevra - la studiosa  
Luca - quello convinto  
Alex - il filosofo  
Christian - il maranza  
Marco - il golden boy

# Il questionario

Il questionario elaborato è stato utilizzato per raccogliere dati significativi su diversi aspetti e opinioni degli studenti della 5<sup>B</sup>, la classe destinataria del progetto: hanno risposto 16 studenti.

Non è stato somministrato a utenti esterni, limitando così il campo di studio, che andrebbe ampliato per ottenere risultati più affidabili su una popolazione di studenti eterogenea. Tuttavia, i risultati sono stati utilizzati come base progettuale per sviluppare soluzioni ed elaborati il più possibile adatti alla classe.

Gli obiettivi del questionario possono essere riassunti in:

- ◆ Profilare l'utenza dello studente dell'ultimo anno di liceo scientifico che viene a contatto con gli argomenti di fisica complessa
- ◆ Quantificare il loro interesse per la fisica e la soddisfazione delle loro lezioni, analizzando il distacco dal modello tradizionale e le criticità del materiale didattico
- ◆ Quantificare quanto sono propensi ad utilizzare nuove tecnologie e i social media e come sono integrati nella loro vita quotidiana
- ◆ Capire come lo studente trae vantaggio dall'immagine indagando i modi più ricorrenti del suo uso da parte degli studenti (schemi, immagini, video, ecc...)

## Traccia del questionario

### Introduzione

Ciao, sto cercando di capire un po' cosa passa per la testa di chi si trova a studiare la fisica e mi serve il tuo aiuto. Giusto qualche domanda su di te, su cosa studi e su come studi (non deve per forza piacerti la fisica, per carità). Verrà mantenuto il completo anonimato, quindi non avere paura di rispondere con sincerità. Se poi ti va, alla fine puoi offrirti volontario per una breve intervista e in cambio io ti offro un caffè, a te la scelta. Grazie :)

### Profilazione

a) Quanti anni hai?  
10-15  
16-17  
18-19  
20-22  
23+

b) Sei..?  
Maschio  
Femmina  
Preferisco non rispondere

c) Sei nat\* in Italia?  
Sì  
No

c1) Quale è il tuo paese d'origine?  
Casella di testo

d) **Quanto consideri adatta a te una lezione "tradizionale"** (il prof che spiega alla lavagna e tutti che ascoltano e prendono appunti) **da 1 a 10?**

(1 è "per niente adatta a me", 10 è "perfetta, per me spacca")

Slider da 1 a 10

e) **Ti piace la fisica? Sia come materia che come interesse personale**

**Sì, è la mia preferita**

**La apprezzo abbastanza**

**Non mi fa ne caldo ne freddo**

**Preferisco di gran lunga altro**

**Ti prego, tutto tranne quella**

f) **Quanto sei soddisfatt\* di come il prof fa le sue lezioni di fisica da 1 a 10?**

(1 è "non sono soddisfatto", 10 è "sono al 100% soddisfatto")

Slider da 1 a 10

g) **Come pensi che si possano migliorare le lezioni? Ti propongo delle varie soluzioni e mi dici da 1 a 10 quanto ti gasano e quanto fanno per te**

(1 è "non fa assolutamente per me", 10 è "è perfetto per me")

**Facendo più attività ed esperimenti (slider da 1 a 10)**

**Guardando più video e film (slider da 1 a 10)**

**Facendo qualcosa di interattivo che coinvolge tutta la classe (kahoot, attività di gruppo, ecc...) (slider da 1 a 10)**

**Facendo a volte lezioni meno pesanti e un po' meno formali (slider da 1 a 10)**

h) **Ti vengono in mente altri modi per migliorare le lezioni?**

**Sì**

**No**

h1) **Quali?**

(basta una frase, giusto per farmi un'idea)

Casella di testo

i) **Cosa ne pensi del tuo libro di fisica? Dai un voto da 1 a 10 alle varie caratteristiche**

(1 "praticamente nulla", 10 è "moltissimo/e")

**Quanto è utile e inerente alle lezioni? (slider da 1 a 10)**

**Quanto secondo te è scritto bene e rende chiari e fluidi gli argomenti? (slider da 1 a 10)**

**Quante immagini ci sono nel libro? (slider da 1 a 10)**

**Quanto ti aiutano le immagini a comprendere i concetti che ci sono scritti? (slider da 1 a 10)**

**Quanto è noioso e pesante? (slider da 1 a 10)**

j) **Capisci meglio un concetto di fisica e ti rimane di più in testa se...**

(puoi scegliere più di una risposta)

**Lo senti spiegare dal professore e prendi appunti**

**Lo studi per i fatti tuoi dai tuoi appunti o dal libro**

**Te lo racconta qualcuno che non sia il tuo professore (un tuo amico/compagno, una persona su youtube, ecc...)**

**Viene fatto in classe un esperimento in laboratorio**

**Nessuna delle precedenti**

k) **Usi spesso i social?**

**Sì, molte ore al giorno**

**Più o meno, almeno 1 volta al giorno**

**Solo se capita**

**Molto poco spesso**

**Non ho social media** (va in automatico alla domanda m)

l) **Segui sui social account che parlano di scienza/fisica? Cosa ne pensi?**

**Sì li seguo e mi interessano praticamente sempre i loro contenuti**

**Sì li seguo ma mi capita di saltare dei loro video o post**

**No non li seguo ma mi capitano dei reel o dei post**

**No non li seguo ma vorrei trovarne qualcuno di figo ed interessante**

**No non li seguo e non ho intenzione di seguirne**

m) **Usi spesso l'AI? (chat gpt, copilot, gemini, ecc...)**

**Sì, ogni giorno, non vivrei senza**

**Abbastanza**

**Solo quando ne ho bisogno**

**Non la uso quasi mai**

**Non la uso mai** (va in automatico alla domanda p)

n) **Usi l'AI per studiare?**

**Sì, la uso molto spesso**

**Mi è capitato di chiederle qualcosa ma non lo faccio spesso**

**Mi è capitato ma solo per riassunti o riformulare dei testi**

**Quasi mai, solo quando proprio non so dove sbattere la testa**

**Non la uso mai per studiare**

o) **Da 1 a 10 quanto sei soddisfatto dell'aiuto da parte dell'AI e delle sue risposte quando ti approcci a lei? Quanto ti fidi?**

(1 è "per nulla soddisfatto", 10 è "estremamente soddisfatto")

Slider da 1 a 10

## Risorse, supporti e uso dell'immagine

p) Ti fai gli schemi per studiare?  
Sì, mentre il prof spiega  
Sì, dal libro per i fatti miei  
Non sempre, dipende  
Praticamente mai  
Non li faccio mai

q) Quale tipo di risorsa cerchi al di fuori dei libri e dei tuoi appunti se non capisci qualcosa o se ti trovi in difficoltà prima di una verifica?  
Video su youtube  
Appunti di altri miei amici  
Chiedo all'AI  
Non mi capita di cercare altre risorse  
Mi aggiusto in altro modo

r) Quando ti viene spiegato un concetto di fisica, quanto ti aiuta da 1 a 10...  
(1 è "praticamente nulla", 10 è "moltissimo")  
Visualizzarlo con uno schema (slider da 1 a 10)  
Visualizzarlo con un'immagine esplicativa e evocativa (slider da 1 a 10)  
Visualizzarlo con un video esplicativo ed esaustivo (slider da 1 a 10)  
Visualizzarlo con un esperimento (slider da 1 a 10)

## Interviste

s) Saresti disponibile per organizzare una breve intervista online o dal vivo di una mezz'oretta? :)

(ricordati che ti offro un caffè)

Sì, mi offro volontario per un'intervista  
No grazie, sto a posto

s1) Topp, grazie mille, come ti chiami?  
Casella di testo

s2) Perfetto, come posso contattarti?

(Lasciami pure il tuo Instagram, il tuo numero o qualsiasi contatto preferisci)

Casella di testo

## Ringraziamenti

Grazie mille per il tuo aiuto, è stato essenziale! <3

# Risultati del questionario

## Profilazione

a) Quanti anni hai?

15 studenti su 16 hanno risposto "18"  
1 studente su 16 ha risposto "20"

b) Sei..?

11 studenti su 16 hanno risposto "Maschio"  
4 studenti su 16 hanno risposto "Femmina"  
1 studente su 16 ha risposto "Preferisco non rispondere"

c) Sei nat\* in Italia?

Il 100% degli studenti ha risposto "Sì"

c1) Quale è il tuo paese d'origine?

Nessuna risposta

## Rapporto con la fisica e la didattica tradizionale

d) Quanto consideri adatta a te una lezione "tradizionale" (il prof che spiega alla lavagna e tutti che ascoltano e prendono appunti) da 1 a 10?

Il **6%** degli studenti ritiene assolutamente insoddisfacente la didattica tradizionale (voti da 1 a 3)

Il **19%** degli studenti ritiene non soddisfacente la didattica tradizionale (voti da 4 a 5)

Il **69%** degli studenti ritiene mediamente soddisfacente la didattica tradizionale (voti da 6 a 8)

Il **6%** degli studenti ritiene pienamente soddisfacente la didattica tradizionale (voti da 9 a 10)

e) Ti piace la fisica? Sia come materia che come interesse personale

Il **25%** degli studenti ha risposto "Preferisco di gran lunga altro"

Il **19%** degli studenti ha risposto "Non mi fa né caldo né freddo"

Il **50%** degli studenti ha risposto "La apprezzo abbastanza"

Il **6%** degli studenti ha risposto "Sì, è la mia preferita"

f) Quanto sei soddisfatt\* di come il prof fa le sue lezioni di fisica da 1 a 10?

**71/100** è il voto dato dagli studenti alle lezioni del professore

g) Come pensi che si possano migliorare le lezioni? Ti propongo delle varie soluzioni e mi dici da 1 a 10 quanto ti gasano e quanto fanno per te

**74/100** è il voto dato alla risposta "Guardando più video e film"

**80/100** è il voto dato alla risposta "Facendo più attività ed esperimenti"

**81/100** è il voto dato alla risposta "Facendo qualcosa di interattivo che coinvolge tutta la classe"

**86/100** è il voto dato alla risposta "Facendo a volte lezioni meno pesanti e un po' meno formali"

h) Ti vengono in mente altri modi per migliorare le lezioni?

11 studenti su 16 hanno risposto "No"

5 studenti su 16 hanno risposto "Sì"

h1) Quali?

"A volte risulta complicato capire realmente ciò che è spiegato in un problema di fisica, quindi sarebbero utili video/esperimento per capirlo in modo più chiaro"

"Far interagire di più gli studenti per capire se ciò che il professore ha spiegato è chiaro"

"Leggere insieme la teoria del libro e spiegarla parola per parola"

"Magari facendo domande semplici inerenti all'argomento, con magari, in caso di risposta corretta, un diciamo "voto" tipo un + da prendere in considerazione per il voto finale della verifica"

"Esercizi alla lavagna, anche a coppie, tipo gara a chi finisce prima"

## Nuove tecnologie

- i) Cosa ne pensi del tuo libro di fisica? Dai un voto da 1 a 10 alle varie caratteristiche
- Il **37%** degli studenti ritiene il libro di testo adeguatamente inerente alle lezioni (voti da 1 a 3)
  - Il **38%** degli studenti ritiene che il libro sia scritto bene e in modo chiaro (voti da 4 a 5)
  - Il **19%** degli studenti ritiene che le immagini del libro siano utili ed esplicative (voti da 6 a 8)
  - Il **69%** degli studenti ritiene che il libro sia noioso e pesante (voti da 9 a 10)
- j) Capisci meglio un concetto di fisica e ti rimane di più in testa se...
- Il **33%** degli studenti ha risposto "Te lo racconta qualcuno che non sia il tuo professore"
  - Il **30%** degli studenti ha risposto "Viene fatto in classe un esperimento in laboratorio"
  - Il **22%** degli studenti ha risposto "Lo senti spiegare dal professore e prendi appunti"
  - L'**11%** degli studenti ha risposto "Lo studi per i fatti tuoi dai tuoi appunti o dal libro"
  - Il **4%** degli studenti ha risposto "Nessuna delle precedenti"

- k) Usi spesso i social?
- 15 studenti su 16 hanno risposto "Sì, molte ore al giorno"
  - 1 studente su 16 ha risposto "Almeno 1 volta al giorno"
- l) Segui sui social account che parlano di scienza/fisica? Cosa ne pensi?
- Il **12%** degli studenti ha risposto "No non li seguo e non ho intenzione di seguirne"
  - Il **25%** degli studenti ha risposto "Non li seguo ma mi capitano dei reel o dei post a caso"
  - Il **13%** degli studenti ha risposto "No non li seguo ma vorrei trovarne qualcuno di figo ed interessante"
  - Il **19%** degli studenti ha risposto "Sì li seguo ma mi capita di saltare dei loro video o post"
  - Il **31%** degli studenti ha risposto "Sì li seguo e guardo spesso i loro video o post"
- m) Usi spesso l'AI? (chat gpt, copilot, gemini, ecc...)
- Il **6%** degli studenti ha risposto "Non la uso mai"
  - Il **6%** degli studenti ha risposto "Non la uso quasi mai"
  - Il **25%** degli studenti ha risposto "Solo quando ne ho bisogno"
  - Il **50%** degli studenti ha risposto "Abbastanza"
  - Il **13%** degli studenti ha risposto "Sì, ogni giorno, non vivrei senza"
- n) Usi l'AI per studiare?
- Il **7%** degli studenti ha risposto "Non la uso mai per studiare"
  - Il **20%** degli studenti ha risposto "Quasi mai, solo quando proprio non so dove sbattere la testa"
  - Il **33%** degli studenti ha risposto "Mi è capitato di chiederle qualcosa ma non lo faccio spesso"
  - Il **13%** degli studenti ha risposto "Mi è capitato ma solo per task di basso rango come riassunti o riformulare dei testi"
  - Il **27%** degli studenti ha risposto "Sì, la uso molto spesso"
- o) Da 1 a 10 quanto sei soddisfatto dell'aiuto da parte dell'AI e delle sue risposte quando ti approcci a lei? Quanto ti fidi?
- Lo **0%** degli studenti è assolutamente insoddisfatto (voti da 1 a 3)
  - Il **7%** degli studenti non è soddisfatto (voti da 4 a 5)
  - L'**80%** degli studenti è mediamente soddisfatto (voti da 6 a 8)
  - Il **13%** degli studenti è estremamente soddisfatto (voti da 9 a 10)

p) Ti fai gli schemi per studiare?

Il **12%** degli studenti ha risposto "Praticamente mai"

Il **19%** degli studenti ha risposto "Non sempre, dipende"

Il **44%** degli studenti ha risposto "Sì, dal libro per i fatti miei"

Il **25%** degli studenti ha risposto "Sì, mentre il prof spiega"

q) Quale tipo di risorsa cerchi al di fuori dei libri e dei tuoi appunti se non capisci qualcosa o se ti trovi in difficoltà prima di una verifica?

Il **36%** degli studenti ha risposto "Video su YouTube"

Il **36%** degli studenti ha risposto "Appunti di altri miei amici"

Il **15%** degli studenti ha risposto "Chiedo all'AI"

Il **13%** degli studenti ha risposto "Mi aggiusto in altro modo"

r) Quando ti viene spiegato un concetto di fisica, quanto ti aiuta da 1 a 10...

**68/100** è il voto dato alla risposta "Visualizzarlo con un'immagine esplicativa e evocativa"

**73/100** è il voto dato alla risposta "Visualizzarlo con un esperimento"

**79/100** è il voto dato alla risposta "Visualizzarlo con un video esplicativo ed esaustivo"

**83/100** è il voto dato alla risposta "Visualizzarlo con uno schema"

## Interviste

s) Saresti disponibile per organizzare una breve intervista online o dal vivo di una mezz'oretta?

10 studenti su 16 hanno risposto "No grazie sto a posto"

6 studente su 16 ha risposto "Sì, mi offro volontario per un'intervista"

Dai risultati si evince quindi che la didattica tradizionale non è considerata pienamente soddisfacente da una grande maggioranza di alunni che desidererebbero aggiornarsi con l'utilizzo di video, più esperimenti, maggiore interattività, ma soprattutto lezioni più leggere. Considerato ciò, le lezioni del professore attuali ottengono una valutazione di 71 su 100.

La fisica è apprezzata da circa la metà degli studenti, mentre il resto la considera poco interessante o neutrale. Essa viene compresa meglio quando viene presentata con esperimenti, video o spiegazioni diverse da quelle del docente.

L'uso dei social è molto diffuso, ma solo una parte degli studenti segue contenuti scientifici. L'intelligenza artificiale è utilizzata frequentemente, anche per lo studio, con un livello di soddisfazione medio-alto. In generale emerge una forte simbiosi tra gli studenti e le nuove tecnologie, nonché appunto con i social, sottolineando l'eventuale possibilità di un'implementazione più o meno diretta di questi strumenti nella didattica.

La maggior parte degli studenti realizza schemi per studiare e cerca supporto principalmente su YouTube o tramite appunti di amici, sottolineando come l'affidabilità del materiale sia importante e come la visualizzazione a volte possa aiutare.

La visualizzazione tramite schemi e video infatti è ritenuta il metodo più efficace per comprendere la fisica.

# Intervista al professore

Il professore è stato intervistato due volte per questa tesi. La prima intervista è servita come fonte di conoscenza, trattandolo come un esperto immerso nella materia, in grado di fornire indicazioni.

La seconda, di cui seguiranno script e analisi, è stata invece mirata a comprendere il professore e le sue esigenze in quanto protagonista del progetto, nonché utente a cui esso è rivolto.

Per questa intervista, pur essendo di tipo semi-strutturato, è stata stilata una scaletta di domande a supporto della conversazione. Tuttavia, non tutte le domande sono state necessariamente poste e, in diversi momenti, si è divagato su altri temi potenzialmente utili o rilevanti per l'argomento.

Gli obiettivi di questa seconda intervista sono dunque:

- ✦ Analizzare come il professore percepisce i suoi studenti, comprendere la figura del docente, il suo approccio nell'interazione con gli alunni e i metodi utilizzati per coinvolgerli.
- ✦ Analizzare il suo punto di vista e quelle che lui ritiene potenzialità e criticità dei supporti didattici attuali.
- ✦ Comprendere le sue esigenze, le difficoltà che si possono incontrare nel spiegare la nuova fisica e valutare la sua compatibilità e la sua apertura con i metodi e gli strumenti emersi nella fase di ricerca.
- ✦ Identificare insight e spunti rilevanti, inclusi approcci e strategie efficaci per scegliere e trattare strumenti divulgativi.

# Traccia dell'intervista

## Scaletta delle domande

a) Mi parli della sua classe, mi dia un quadro generale.

b) Come percepisce lei lo studente oggi?  
(analizzare la sua percezione dello studente)

c) Come si relaziona con i suoi studenti? Quale è il rapporto ideale che vorrebbe avere con loro?  
(capire il "tono di voce" con il quale il professore vuole essere percepito e analizzare meglio la sua relazione con gli studenti)

d) Quale metodo di insegnamento usa?

e) Quali sono delle caratteristiche necessarie e imprescindibili per un buon approccio all'insegnamento? Con quali aggettivi descriverebbe una lezione ottimale?  
(capire le sue esigenze dal punto di vista didattico, cosa vuole e cosa si aspetta)

f) Quali sono le principali difficoltà in particolare nel comprendere i concetti della nuova fisica? Quali sono invece i metodi che funzionano di più per rendergli chiari i concetti?

g) Come secondo lei si può aumentare il coinvolgimento dello studente?  
(cogliere quali sono per la sua esperienza gli elementi che generano coinvolgimento)

h) Mi racconti di un episodio dove ha coinvolto i suoi studenti che ha funzionato bene

i) Cosa sviluppa secondo lei la passione e l'interesse negli studenti? Mi racconti un episodio di quando e se è successo in maniera evidente con qualche suo alunno

j) Cosa ne pensa dei supporti che affiancano la didattica? Quali sono le maggiori criticità e i maggiori vantaggi?

k) Quale potrebbe essere secondo lei il ruolo dell' "immagine" nell'ottica di spiegare e introdurre concetti come quelli della fisica complessa agli alunni? (analizzare il suo rapporto con le rappresentazioni e le "immagini" e quanto lui è familiare a sfruttarne le potenzialità)

l) Cosa non funziona secondo lei dei libri e di come sono strutturati? Cosa sarebbe meglio migliorare per una didattica più funzionale e appropriata? (generalizzazione del quesito al di fuori della sua situazione per ottenere risposte non inerenti solo alla sua visione)

m) Cosa ne pensa dell'integrazione delle nuove tecnologie nell'insegnamento e come supporto alla didattica?

n) Cosa ne pensa dei social media e del loro apporto che possono dare alla didattica?

o) Quali pensa possano essere le tecniche migliori per approcciarsi a studenti con scarsi risultati? Cosa invece sarebbe da evitare? (domanda riformulata per cogliere delle sfumature laterali e generali anche al di fuori della sua classe)

p) Come è la situazione in merito a studenti DSA o con specifiche difficoltà nella classe?

q) Quali sono i metodi e le soluzioni che lei consiglierebbe per bypassare queste vulnerabilità?

# Risultati dell'intervista

## Criticità

## STUDIO

Gli studenti tendono ad apprendere le nozioni principalmente per superare le verifiche, senza sviluppare una comprensione duratura e senza acquisire un vero metodo di studio. La mancanza di interesse per le materie e la difficoltà a comprendere i concetti in modo approfondito sono aspetti frequenti. Questo disinteresse deriva principalmente dalla disconnessione tra il mondo degli studenti e quello che viene loro insegnato, portandoli a dover assimilare contenuti che non sono percepiti come significativi o legati al loro contesto.

Per affrontare questa situazione, bisogna adottare un approccio didattico che sappia catturare l'interesse degli studenti. È cruciale che le nozioni e le competenze apprese siano rilevanti per loro, strettamente connesse ai loro interessi e al loro contesto, in modo da stimolare la curiosità e la motivazione a impegnarsi attivamente nell'apprendimento. Inoltre, è fondamentale che le conoscenze trasmesse non siano solo utili nel breve periodo, ma rimangano significative e applicabili anche a lungo termine.

## CAMBIAMENTI

Il professore osserva che, da quando era studente, i metodi di trasmissione delle informazioni sono cambiati radicalmente, ma i docenti non hanno adattato il loro approccio in modo altrettanto tempestivo. Nonostante il desiderio di aggiornare il proprio metodo di insegnamento, il professore esprime una certa reticenza, temendo che l'adozione di nuove strategie possa compromettere l'efficacia dell'insegnamento per gli studenti. Questo timore, secondo lui, contribuisce alla percezione che gli studenti siano disinteressati. Tuttavia, la causa non risiede nella mancanza di motivazione degli studenti, ma piuttosto nell'incapacità dei professori di comunicare in modo stimolante e adeguato, sfruttando i nuovi strumenti e paradigmi didattici.

Per superare questa difficoltà, è essenziale avvicinarsi alla sperimentazione con cautela e gradualità, introducendo strumenti didattici innovativi che siano più efficaci e allineati con le esigenze della generazione attuale di studenti. Questo implica la necessità di adottare tecniche comunicative più moderne e coinvolgenti rispetto ai metodi tradizionali.

## UNIVERSITÀ

La coesione della classe gioca un ruolo cruciale nello sviluppo delle capacità di socializzazione degli studenti e nella creazione di una rete di relazioni, aspetti fondamentali per affrontare con successo il percorso universitario. Secondo il professore intervistato, se uno studente dovesse sentirsi sopraffatto dal mondo universitario, ciò rappresenterebbe un fallimento da parte del docente.

Per questo motivo, è essenziale che il professore si impegni a favorire la coesione all'interno della classe, assicurandosi che gli studenti acquisiscano le competenze necessarie per collaborare in modo efficace. Questo approccio aiuta a prevenire che gli studenti si trovino soli di fronte alle difficoltà universitarie, promuovendo un ambiente di apprendimento più solidale e interconnesso.

## FISICA COMPLESSA

La teoria della relatività, pur essendo una delle scoperte più celebri, spesso crea nei studenti un senso di pesantezza e scoraggiamento prima ancora di essere affrontata. Questo accade perché la relatività sfida le concezioni profonde della realtà, concetti che sono difficili da modificare e comprendere, soprattutto quando il senso comune, che normalmente aiuta anche gli studenti più prestanti a visualizzare altre teorie complesse, fallisce. La relatività va infatti ben oltre l'esperienza quotidiana e risulta particolarmente difficile per chi, già soddisfatto dalle conoscenze precedenti, non vede motivo di complicarsi ulteriormente la vita.

Per evitare che gli studenti si sentano sopraffatti, è importante introdurre la teoria con trasparenza, facendo emergere l'aspetto umano e emotivo della scoperta e del suo autore, per favorire un legame empatico. Inoltre, partire da esempi semplici e concreti permette di preparare il terreno in modo che il nuovo argomento non diventi un ostacolo ma, anzi, stimoli la curiosità. Per facilitare la comprensione dei concetti astratti, è utile fornire strumenti visivi chiari e esempi pratici che rendano le idee più accessibili. Infine, per mantenere alta la motivazione degli studenti, è fondamentale spiegare come le nuove teorie si colleghino a quelle già apprese, facendo comprendere che non si tratta di abbandonare ciò che si è studiato finora, ma di ampliarlo e integrarlo in una visione più completa della realtà.

## Esigenze del professore

### VERIFICARE IL SUO METODO

Il professore è molto apprezzato dagli studenti per le sue qualità personali, che hanno permesso di costruire un forte legame empatico con loro. Tuttavia, nonostante questa connessione, fatica a trasmettere conoscenze che risultino veramente durature e utili per il rendimento scolastico degli studenti. Il suo obiettivo è migliorare l'efficacia dell'insegnamento sfruttando proprio questa empatia, così da ottenere non solo buoni risultati in termini di conoscenze, ma anche ottime prestazioni concrete, come voti nelle prove d'esame e successi nei percorsi universitari.

Per raggiungere questo scopo, è fondamentale valorizzare lo storytelling della materia, trasformandolo in una fonte di significato e interesse per gli studenti. Il professore può svolgere il ruolo di mediatore, utilizzando le sue qualità per rendere le lezioni più coinvolgenti, attraverso esperimenti, attività e esempi stimolanti che siano strettamente connessi alla realtà e alle esperienze degli studenti. In questo modo, l'insegnamento non solo sarà più interessante, ma potrà anche tradursi in un miglior rendimento accademico.

### OTTENERE RISULTATI

Il professore ritiene che le conoscenze siano fondamentali nella vita, al di là dei risultati accademici. Desidera trasmettere agli studenti l'importanza di apprendere anche ciò che potrebbe non interessarli immediatamente, poiché queste competenze si riveleranno cruciali nel loro futuro. Allo stesso tempo, sottolinea la necessità di adottare un metodo che consenta di ottenere risultati concreti, anche in termini di voti, per evitare difficoltà nell'ambito universitario.

È quindi essenziale garantire una solida conoscenza nozionistica a lungo termine, senza però trascurare la capacità di orientarsi nella matematica e nella complessità degli esercizi, per mantenere buoni risultati anche a livello di voti.

## Supporti didattici

### IMMAGINI E MATEMATICA

Quando si affronta la presentazione di concetti complessi, il professore suggerisce di iniziare senza l'uso della matematica, concentrandosi sui concetti teorici e qualitativi. Questo approccio permette di rendere il concetto più comprensibile e duraturo, poiché ciò che rimane alla fine non è tanto la matematica, ma la teoria e i suoi risvolti pratici. È fondamentale, tuttavia, che gli esempi semplificativi siano concettualmente corretti, evitando distorsioni che potrebbero confondere gli studenti: è necessario guidare gli studenti fino alla capacità di risolvere problemi avanzati, come quelli di relatività.

È quindi essenziale che l'insegnamento non trasmetta l'idea che il concetto venga "venduto come un prodotto", ma piuttosto che si crei una connessione significativa tra gli studenti, i loro interessi e la necessità di affrontare successivamente anche la componente matematica. Un focus sulle immagini e su uno storytelling efficace e funzionale risulta essere un buon modo per introdurre concetti nuovi in modo comprensibile, anche senza l'uso immediato della matematica. Tuttavia, è cruciale scegliere esempi che siano corretti e significativi per gli studenti, affinché il processo di apprendimento sia davvero utile. Inoltre, è necessario accompagnare gli studenti nell'introduzione della matematica, in modo graduale ma utile, per permettere loro di affrontare correttamente gli esercizi e le verifiche.

### **SUPPORTI PER LE VERIFICHE**

Il professore ritiene che essere permissivi sia un approccio utile, essendo disposto a fornire strumenti che possano supportare gli studenti. Tuttavia, sottolinea l'importanza di evitare che questi strumenti diventino una dipendenza eccessiva, impedendo agli studenti di sviluppare le competenze necessarie per affrontare una verifica senza il supporto diretto di tali risorse.

Pertanto, è fondamentale progettare strumenti e supporti che siano efficaci durante le verifiche, ma che non diventino un ostacolo qualora gli studenti si trovino a dover affrontare un esame senza di essi. Questi supporti devono essere pensati per stimolare la visualizzazione, favorire la memorizzazione e promuovere lo sviluppo di competenze autonome, affinché gli studenti possano affrontare le prove con sicurezza anche in assenza di strumenti supplementari.

### **IL LIBRO**

Il professore sottolinea che il libro, specialmente quelli di tipo classico, è percepito come un metodo ormai datato per trasmettere informazioni. Con l'avvento dei nuovi media, come i video, sono emerse alternative più coinvolgenti e capaci di facilitare la comprensione, sebbene tali mezzi stimolino meno l'immaginazione e possano limitare l'apprendimento significativo e duraturo. Inoltre, il professore osserva che gli strumenti didattici attuali, inclusi i libri, necessitano di un coinvolgimento maggiore, dove la curiosità venga suscitata e l'aspetto estetico venga curato per renderli più piacevoli e attraenti. La lettura, anche quando l'argomento risulta interessante, è sempre meno praticata dagli studenti, suggerendo che la lettura come metodo educativo appare ormai superata. Di conseguenza, i libri dovrebbero essere ripensati in modo innovativo.

È quindi essenziale che il progetto non si limiti a una semplice visualizzazione efficace o a una descrizione attraverso la lettura. Al contrario, deve essere concepito in modo articolato, con più componenti che coinvolgano diverse prospettive e stimolino vari sensi.

## **Metodi e soluzioni**

### **ESEMPI E STORYTELLING**

Il professore introduce gli argomenti in modo coinvolgente, anticipando gli obiettivi della lezione con frasi come "alla fine di questa lezione saprete questo", creando così un'atmosfera di trasparenza e vicinanza agli studenti. Questo approccio non solo stimola l'interesse, ma rappresenta anche una strategia che permette agli alunni di comprendere chiaramente cosa li aspetta. Per rendere il percorso di apprendimento più chiaro, il professore parte sempre da presupposti semplici, sperimentali e pertinenti alla vita quotidiana degli studenti, elementi che permettono di visualizzare facilmente il problema, creando una base solida per il raggiungimento delle soluzioni concrete. Per il professore, ogni lezione è un'opportunità per intrattenere e coinvolgere gli studenti, anche se a volte può risultare difficile mantenere costantemente la loro attenzione. È quindi importante che ogni lezione inizi e termini con un problema stimolante, sviluppandosi in modo logico e coinvolgente.

L'uso di esempi concreti diventa quindi fondamentale per rendere i concetti complessi più intuitivi e necessari. Tali esempi aiutano a cambiare prospettiva, facilitando la comprensione e rendendo i concetti più facilmente accessibili. È essenziale inoltre che all'inizio di ogni lezione vengano presentati in modo trasparente gli obiettivi e i risultati attesi, utilizzando premesse semplici e comprensibili per tutti, evitando di dare per scontato che gli studenti abbiano già conoscenze pregresse. Gli obiettivi della lezione devono essere percepiti come significativi e rilevanti per gli studenti, in modo da stimolare il loro interesse. La lezione deve quindi affrontare tutti gli aspetti necessari per arrivare a una soluzione che risulti altrettanto significativa per gli studenti. L'uso di esempi pratici e concreti è cruciale per allinearsi con la loro esperienza quotidiana e per rendere i concetti complessi intuitivi e comprensibili.

### **SOCIAL**

Il professore ritiene che i divulgatori online possano giocare un ruolo fondamentale nella diffusione delle conoscenze, fungendo da supporto complementare alla didattica tradizionale. Questi contenuti possono infatti facilitare la comprensione di argomenti complessi, arricchendo l'apprendimento degli studenti.

È quindi essenziale che i social e i divulgatori attivi su queste piattaforme vengano considerati come una risorsa preziosa per la creazione di contenuti progettuali. I materiali che producono possono essere utilizzati non solo come fonte di ispirazione, ma anche come risorse aggiuntive ai tradizionali materiali didattici, offrendo un modo innovativo e più chiaro per trasmettere concetti e nozioni.

### **SCIENZIATI UMANI**

Il professore suggerisce di mettere gli studenti in contatto con i fisici, per favorire una loro identificazione personale con queste figure. Spesso, infatti, i fisici vengono percepiti come distanti o noiosi, ma il professore sottolinea che, in realtà, sono persone emotive e appassionate, e questa umanità deve emergere.

Quando si introducono i fisici o il contesto teorico e storico di un argomento, si deve adottare un approccio narrativo coinvolgente. Tale storytelling dovrebbe trasmettere l'emotività e l'umanità dietro le scoperte scientifiche e le personalità che le hanno fatte, evitando un approccio freddo o distaccato.

#### METODI DI STUDIO

Il metodo di studio più efficace per gli studenti è quello che prevede un impegno costante e graduale, come spesso suggerito dai professori. Tuttavia, affinché questo approccio diventi davvero conveniente e soddisfacente per gli studenti, è necessario che vengano colti alcuni aspetti motivazionali. La gratificazione derivante dalla comprensione di un concetto, dal raggiungimento di una soluzione dopo un lungo impegno o dalla capacità di spiegare fenomeni complessi, può innescare un circolo virtuoso, spingendo gli studenti a proseguire nello studio per rivivere quella soddisfazione.

Per raggiungere questo obiettivo, è fondamentale comprendere gli insight degli studenti e presentare esempi e conoscenze in modo che risultino interessanti e significativi per loro. È essenziale offrire loro la gratificazione di soddisfare i bisogni intrinseci di conoscenza del mondo e di comprensione di ciò che li circonda. Questo può essere fatto anche attraverso esempi e situazioni che, inizialmente, potrebbero non sembrare particolarmente coinvolgenti, come nel caso di un esempio legato all'astronauta.

# Interviste agli studenti

Le interviste agli studenti mirano principalmente a raccogliere insight qualitativi sui temi del progetto e ad analizzare le esigenze dell'utenza, elementi fondamentali per strutturarne lo sviluppo. Sono state condotte cinque interviste, ma, come per il questionario, per espandere il progetto oltre i confini della 5<sup>B</sup> sarebbe necessario coinvolgere un gruppo di studenti più ampio ed eterogeneo.

Anche queste interviste sono di tipo semi-strutturato e la scaletta riportata è solo indicativa: non tutte le domande sono state necessariamente poste e, in alcuni casi, la conversazione ha portato a esplorare insight non previsti.

Gli obiettivi delle interviste sono dunque:

- ◆ Analizzare le esigenze e le difficoltà degli studenti nell'approcciarsi alla fisica moderna, nonché un loro eventuale interesse o coinvolgimento alla materia.
- ◆ Studiare le loro abitudini didattiche e ludiche, il modo in cui interagiscono con l'ambiente classe e con la materia.
- ◆ Comprendere cosa facilita e cosa ostacola il loro apprendimento, valutando il modo migliore di utilizzare vari strumenti divulgativi a loro favore.
- ◆ Esaminare la loro relazione con i supporti didattici e i libri di testo, evidenziando criticità e punti di forza.

# Traccia delle interviste

## Scaletta delle domande

- a) Raccontami di te e delle tue passioni
- b) Come mai hai scelto questo liceo? Cosa vorresti fare dopo?  
(domanda per fare profilazione)
- c) Come descrivereste il clima della vostra classe? Cosa vi piace e cosa non vi piace?
- d) Come ti approcci alla fisica? Cosa ti piace di più di questa materia e cosa invece trovi più difficile? Da cosa deriva a volte la non voglia di studiarla?
- e) Quando ti distrai da una lezione (succede a tutti), come impieghi il tuo tempo?  
(capire come essere coinvolgenti evitando le distrazioni e cercare di sfruttare eventuali elementi di distrazione come risorse)
- f) Quali sono gli elementi di una lezione che ti coinvolgono?
- g) Raccontami come dovrebbe essere per te una lezione perfetta  
(domanda riformulata per cogliere un numero maggiore di insight e avere un quadro migliore delle loro esigenze, evitando di essere ripetitivi)
- h) Cosa è in grado di appassionarti secondo te? Cosa deve avere una materia per fartela studiare volentieri?
- i) Cosa ne pensi della competizione con gli altri studenti? Come ti fa sentire?

- j) Cosa ne pensi dei metodi di valutazione? Come ti fanno sentire?
- k) Cosa ne pensi dei libri di testo che avete? Cosa miglioreresti e cosa invece ti piace?
- l) Quali sono secondo te i metodi per farti capire meglio le cose e fartele ricordare a lungo? Quale formato espositivo (immagini, letture, video, esperienze, ecc..) funziona meglio con te e perchè?
- m) Come ti ritrovi a schematizzare e/o rappresentare i concetti che impari con immagini?  
(domanda riformulata per indagare meglio il loro rapporto con "l'immagine")
- n) Se c'è un concetto teorico complesso da capire leggendo, cosa potrebbe aiutarti a comprenderlo meglio?
- o) Cosa ne penseresti se ti venisse chiesto di utilizzare il tuo telefono per svolgere delle attività a lezione?
- p) Dimmi cosa ne pensi di un approccio nel spiegare la fisica che lo fa come se fosse una storia  
(analizzare il tipo ideale di storytelling da utilizzare)
- q) Come potrebbe aiutarti sapere di più su uno scienziato e le motivazioni che lo hanno spinto ad arrivare ad una certa teoria, al posto di presentarlo come uno che si è svegliato e ha deciso che il mondo girava in un certo modo?  
(analizzare l'approccio dello studente al sentirsi raccontare il background scientifico emotivo delle cose)
- r) Come reagiresti se alcuni contenuti didattici fossero veicolati e condivisi tramite i social? Come se il prof ti mandasse un video su tik tok o youtube dicendo di studiarti quello
- s) Hai mai trovato utile quello che hai imparato? Ti chiedi mai il perchè di quello che ti succede attorno?
- t) Raccontami di una volta che qualcosa ti ha davvero sorpreso o illuminato sulla tua vita o sulla realtà in generale.

# Risultati delle interviste

## Connessione con la loro vita

### CONNESSIONE

Connettere le spiegazioni ai fenomeni che circondano gli studenti si è rivelato un approccio altamente funzionale. Gli studenti trovano motivante e stimolante vedere come ciò che imparano si collega alla loro realtà quotidiana, il che rende il concetto più interessante e facile da memorizzare. Quando le conoscenze si legano al mondo del loro vissuto, esse diventano memorabili e più facili da ricordare nel lungo termine. Inoltre, avere riscontri concreti e reali di ciò che si studia non solo facilita la comprensione, ma conferisce anche una sensazione di soddisfazione e di competenza. Gli studenti si sentono motivati e affascinati quando le spiegazioni riflettono ciò che vivono e osservano quotidianamente, suscitando in loro un coinvolgimento emotivo. Gli studenti sottolineano come sia fondamentale entrare nella loro sfera personale e significativa utilizzando esempi semplici, ma al contempo emozionanti, per creare un legame diretto con il loro mondo.

È essenziale utilizzare esempi e situazioni legate al mondo reale, soprattutto a temi significativi ed emotivamente coinvolgenti per gli studenti. Questo approccio non solo promuove conoscenze più durature e stimolanti, ma aiuta gli studenti a sentirsi orgogliosi del proprio sapere. Il coinvolgimento deve essere il più ampio possibile, per poter entrare nel vissuto e negli insight del maggior numero di studenti.

## Esperienze ed attività

### ESPERIENZE E ATTIVITÀ IN CLASSE

Gli studenti sottolineano l'importanza di connettersi con la pratica esplorativa e la visualizzazione degli elementi, affermando che questo approccio rende le lezioni più leggere ed efficienti. Le esperienze divertenti, quando originate dal docente, favoriscono la memorizzazione dei concetti, e il professore è particolarmente apprezzato quando si cimenta in attività che creano un legame positivo con gli studenti. La teoria, infatti, risulta più coinvolgente e memorabile quando è accompagnata da esperimenti reali, che stimolano l'attenzione della classe. In un contesto in cui la nuova generazione appare facilmente distratta, è quindi fondamentale utilizzare attività pratiche, come i laboratori, per mantenere alto il livello di coinvolgimento.

Da queste osservazioni emerge che è essenziale progettare esperienze didattiche leggere, divertenti e coinvolgenti, capaci di valorizzare il legame tra professore e studenti. Quando il docente si mette in gioco, gli studenti diventano più partecipi e il ritmo della lezione risulta meno pesante, riuscendo a stimolare anche chi tende a distrarsi facilmente.

## Visualizzazione ed immagini

### VISUALIZZAZIONE

La visualizzazione attraverso strumenti grafici, come GeoGebra, e la rappresentazione visiva della teoria sono considerate utili per facilitare l'apprendimento e rendere i concetti più memorabili. Gli studenti sottolineano che l'uso di immagini e la visualizzazione in generale sono risorse significative per comprendere gli argomenti, ma non essenziali per tutti. Inoltre, i video sono apprezzati, soprattutto quando sono accompagnati da un buon storytelling, che li rende più leggeri rispetto alle lezioni tradizionali. Tuttavia, il solo ricorso all'immagine risulta limitato se non supportato da altre modalità didattiche. In particolare, l'integrazione della visualizzazione con la sperimentazione risulta particolarmente efficace, in quanto contribuisce a chiarire i concetti e a creare esperienze di apprendimento memorabili, favorendo la comprensione a lungo termine. La rappresentazione grafica dei fenomeni fisici è quindi considerata fondamentale per sviluppare una concezione chiara e visiva degli stessi.

Alla luce di queste osservazioni, è fondamentale cercare di visualizzare i concetti teorici complessi, in modo da favorirne l'apprendimento, soprattutto quando sono necessari per la risoluzione degli esercizi. Tuttavia, la sola visualizzazione non è sufficiente per una comprensione completa: è essenziale arricchirla con altre modalità didattiche, come la sperimentazione, e rendere la visualizzazione dinamica e animata per renderla davvero efficace.

### DISEGNI PER GLI ESERCIZI

I disegni vicini agli esercizi sono ritenuti un elemento fondamentale sia per i professori che per gli studenti. La presenza di disegni chiari e funzionali può ridurre lo stress durante le lezioni e migliorare l'efficacia dell'apprendimento. Infatti, la visualizzazione tramite il disegno è una risorsa importante per il corretto svolgimento degli esercizi, poiché facilita la comprensione e l'applicazione delle informazioni.

È quindi essenziale intervenire sugli esercizi proposti dai docenti, creando disegni veloci ma efficaci, in modo da supportare meglio gli studenti e facilitare il processo di apprendimento, rendendo più chiaro il legame tra la teoria e la parte pratica degli esercizi.

## Strumenti e materiali didattici

### IL LIBRO

Molti studenti non utilizzano il libro in modo sistematico, preferendo seguire la teoria direttamente in classe. Il libro viene più frequentemente usato per fare esercizi. Tuttavia, la maggior parte degli studenti ritiene che i libri non siano soddisfacenti per quanto riguarda l'esposizione dei contenuti e spesso non siano affidabili, poiché non sempre rispecchiano ciò che viene trattato in aula. Per alcuni studenti, il libro rappresenta la principale risorsa di apprendimento, soprattutto quando le lezioni diventano troppo pesanti. Le immagini presenti nel libro non aiutano a chiarire meglio i concetti, mentre l'uso di contesti e esempi concreti e memorabili risulta più utile per comprendere e ricordare la teoria. In generale, il libro non è considerato sufficiente per prepararsi in vista delle verifiche e va integrato con altri materiali.

Intervenire sul supporto editoriale non risulta altrettanto efficace quanto migliorare le spiegazioni fornite dai professori, che rappresentano il fulcro delle nozioni apprese. È quindi fondamentale produrre materiali didattici che siano maggiormente allineati con il contenuto delle lezioni, più affidabili per la preparazione alle verifiche, con un'esposizione visiva chiara e un riassunto delle lezioni più utili rispetto a quanto offerto dal libro.

### SOCIAL E ALTRI TOUCHPOINT

Gli studenti evidenziano che le fonti di fiducia, quelle che percepiscono come vicine alle lezioni e assicurate dal professore, sono le preferite per l'acquisizione di informazioni. Essi apprezzano la possibilità di ricevere contenuti diversificati su diversi touchpoint, ma solo se questi sono stimolanti e brevi, evitando lunghe fruizioni. In particolare, le risorse interessanti vengono spesso consultate sui social o su feed personalizzati, che rappresentano canali efficaci per la diffusione di informazioni. La condivisione di contenuti sui social è vista come un buon modo per stimolare l'interesse, grazie alla divulgazione che può risultare coinvolgente. Piattaforme come YouTube, dove i video sono progettati per intrattenere oltre che informare, sono considerate risorse familiari e funzionali. Inoltre, la possibilità di fruire di materiale didattico in modo privato sui social risulta efficace per trasmettere nozioni. Gli studenti apprezzano quindi contenuti brevi, interattivi e coinvolgenti che sfruttano la tendenza alla distrazione tipica dell'uso degli schermi.

In conclusione, è cruciale sfruttare diversi touchpoint per veicolare materiali didattici, utilizzando strumenti alternativi alla lettura del libro tradizionale che possano risultare più coinvolgenti, vicini ai metodi di informazione degli studenti e facilmente fruibili. Tuttavia, è importante evitare che tali strumenti si trasformino in una "lezione 2.0", ovvero in contenuti troppo lunghi e noiosi. I social, già utilizzati dagli studenti per informarsi su temi come la fisica, offrono un'opportunità, ma è fondamentale assicurarsi che i contenuti condivisi siano affidabili e utili per la preparazione alle verifiche.

### USO DEL TELEFONO

Gli studenti tendono a distrarsi frequentemente con il telefono durante le lezioni, considerandolo una fonte di distrazione.

Permettere loro di interagire con il telefono in maniera controllata e finalizzata alla lezione potrebbe ridurre la tentazione di utilizzarlo per scopi non pertinenti.

## Struttura delle lezioni

### LEZIONE

Gli studenti ritengono che quando una spiegazione diventa subito troppo complessa e viene associata alla matematica, rischiano di perdersi facilmente, diventando demotivati a seguire. È quindi fondamentale che le conoscenze vengano presentate in modo comprensibile, in modo che lo studente possa sentirsi soddisfatto e riuscire a memorizzare la nozione con facilità. La distrazione, secondo loro, non dipende tanto dall'orario della lezione, che può essere difficile da sopportare, ma più da quanto la lezione riesca a coinvolgere. Per questo motivo, è necessario allontanarsi dalla didattica tradizionale che rende le lezioni pesanti, cercando invece di stimolare l'interesse e l'impegno dello studente. Una lezione efficace, dunque, dovrebbe essere ben scandita, leggera, e non sovraccaricata di nozioni e concetti. I concetti devono essere spiegati in modo chiaro e semplice, con intervalli di leggerezza che impediscano noia e distrazione. Inoltre, una buona comunicazione, che vada oltre la spiegazione tecnica, è essenziale per mantenere alta l'attenzione e per evitare che lo studente senta il bisogno di recuperare tutto a casa.

Alla luce di queste osservazioni, emerge chiaramente l'importanza di una spiegazione coinvolgente che, pur semplificando l'argomento, non si addentri immediatamente nei tecnicismi. È cruciale che le nozioni siano presentate in modo logico e graduale, evitando di sovraccaricare lo studente con troppe informazioni contemporaneamente. Introducendo premesse semplici ma significative, si può far sentire lo studente orgoglioso dei concetti appresi. L'approccio deve staccarsi dalla tradizionale lezione frontale e adottare metodi più dinamici e coinvolgenti, come lo storytelling, che stimolino l'ascolto e mantengano l'attenzione. L'uso di queste tecniche può favorire un maggiore apprezzamento e interesse per la materia.

### ESEMPI

Gli studenti hanno sottolineato come l'utilizzo di esempi significativi, incentrati su dilemmi semplici ed esistenziali, risulti coinvolgente e aiuti la memorizzazione a lungo termine. Questi esempi, che partono da domande universali e condivise, sembrano toccare corde profonde, rendendo i concetti più facili da comprendere e ricordare.

È quindi essenziale scegliere esempi che esplorano tematiche esistenziali, poiché tali argomenti sono universali e capaci di stimolare una riflessione personale in ciascun studente. L'uso di esempi che rispecchiano la realtà e le esperienze quotidiane degli studenti rende l'apprendimento più significativo e favorisce una memorizzazione duratura.

### BACKGROUND

Gli studenti ritengono che raccontare il background di uno scienziato possa renderlo più umano e vicino a chi ascolta, favorendo così il rispetto e l'interesse verso la sua figura. Questo approccio potrebbe infatti contribuire a una maggiore connessione emotiva con lo scienziato e, di conseguenza, con i concetti scientifici che rappresenta.

Pertanto, per consolidare il legame tra lo studente e il concetto, è essenziale presentare lo scienziato come una figura umana, contestualizzando la sua storia in un'introduzione emotiva e significativa. In questo modo, lo studente potrà sentirsi più vicino alla figura dello scienziato, migliorando l'approccio e la comprensione del contenuto.

### IL RAPPORTO CON LA CLASSE

Il rapporto tra gli studenti della classe risulta essere abbastanza coeso e interconnesso, con un clima generale che, sebbene a volte teso tra due gruppi, rimane comunque capace di alleggerire le giornate. Nonostante alcune difficoltà, gli studenti evidenziano una buona disponibilità alla partecipazione, anche in situazioni sfavorevoli. Tuttavia, alcuni ritengono che i professori non sempre adottino l'approccio giusto nel criticare il loro rendimento, soprattutto quando affermano che non si lavora bene. In generale, la classe è vista come coesa, anche se non perfettamente unita, ma abbastanza per permettere agli studenti di godersi l'ambiente e facilitare le lezioni.

Per questo motivo, è essenziale progettare esperienze che favoriscano ulteriormente l'interazione tra gli studenti, contribuendo a incrementare il senso di coesione, che risulta fondamentale per il loro sviluppo. Tali esperienze potrebbero anche valorizzare l'aspetto positivo condiviso del gruppo classe, come la capacità di alleggerire le lezioni, trasformando questi momenti in opportunità di divertimento e unità.

# Personas

A seguito delle interviste e dei questionari, sono state create delle personas per rappresentare in modo eterogeneo una potenziale utenza di studenti: ogni personaggio mantiene le proprie peculiarità ed esigenze, offrendo un quadro realistico e diversificato. Le personas, basate principalmente sulle interviste, includono il professore e cinque studenti.

Averle a disposizione durante la fase progettuale consente di sintetizzare in modo chiaro e non generico i risultati della ricerca sull'utenza, facilitando un approccio centrato sulle persone.

Per ciascuna persona viene fornita una panoramica generale, seguita dall'analisi del rapporto con la classe e con la fisica, fino ad approfondire bisogni, desideri e frustrazioni.

# Roberto il professore



## Panoramica generale

Roberto è un professore di fisica del liceo, noto per il suo carattere allegro, la passione travolgente per la materia e il sincero interesse verso i suoi alunni. Grazie al suo approccio originale, si è guadagnato il rispetto e la stima di tutte le classi. Le sue lezioni, spesso vivaci e non convenzionali, includono momenti sperimentali e interattivi che si distaccano dalla didattica tradizionale: ama coinvolgere gli studenti con un tocco di ironia e leggerezza. Fuori dalla scuola, Roberto è appassionato di motori e di ciclismo. Ricorda sempre con affetto i suoi alunni e il loro percorso, considerandoli una parte significativa della sua esperienza di docente.

## Rapporto con la fisica

Roberto è innamorato della fisica e adora raccontarla. Crede fermamente nella possibilità di trasmettere questa passione ai suoi studenti, al punto che spesso amplia il programma ufficiale per includere argomenti extra. Tuttavia, questa sua inclinazione può risultare impegnativa per gli studenti, che talvolta faticano a seguire temi complessi.

## Rapporto con la classe

Dopo aver seguito la classe per cinque anni, ha sviluppato un forte legame con i ragazzi, nonostante sia consapevole delle difficoltà legate a studenti più svogliati o indisciplinati. Si sente a suo agio nell'utilizzare metodi stravaganti e sperimentali per catturare l'attenzione e il riscontro emotivo che riceve è generalmente molto positivo. Dichiara di essere molto motivato a continuare a innovare e a cercare nuove strade per avvicinarsi agli studenti, anche se riconosce che per lui è complesso dato come sono cambiati i tempi e le abitudini da quando era lui studente.

## Bisogni

**Realizzazione:** Sentirsi realizzato e soddisfatto del proprio metodo di insegnamento.

**Supporto comunicativo:** Ricevere supporto per coinvolgere i ragazzi e comunicare concetti complessi in modo più efficace.

**Risultati tangibili:** Ottenere risultati tangibili nei test, per confermare la validità del suo approccio didattico.

**Aggiornamento:** Ricevere strumenti, spunti, materiali e consigli che aiutino a visualizzare meglio i concetti di fisica, offrendo un aggiornamento rispetto ai tradizionali testi scolastici, ormai percepiti come poco adatti alle esigenze degli studenti.

## Desideri

**Trasmettere passione:** Trasmettere la passione e l'interesse per la fisica ai suoi studenti.

**Rapporto umano utile:** Sfruttare il rapporto emotivo e la complicità con i ragazzi per rendere le lezioni più coinvolgenti e formative.

**Studio utile:** Far percepire lo studio come una risorsa fondamentale per affrontare l'esame di maturità e le sfide future.

**Avvicinarsi agli studenti:** Essere un punto di riferimento e di supporto per i ragazzi, avvicinandosi il più possibile ai loro bisogni e contesti personali, aiutandoli anche verso il percorso universitario.

## Frustrazioni

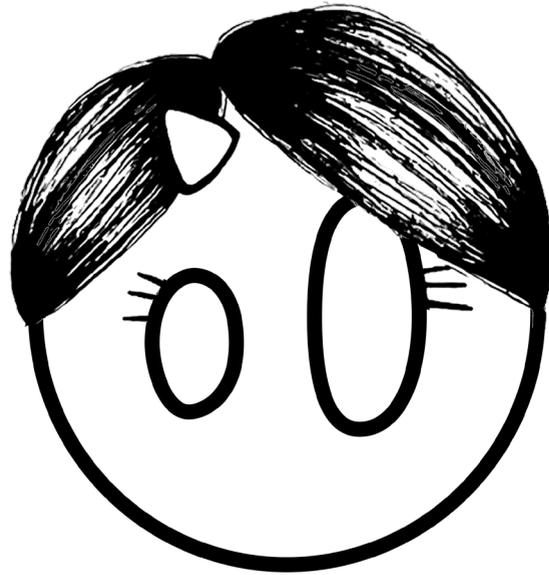
**Risultati mancanti:** Non sempre riesce a ottenere risultati concreti e misurabili.

**Paura di aggiornarsi:** Esita a sperimentare metodi troppo innovativi per paura di compromettere il percorso di apprendimento degli studenti.

**Importanza del metodo:** Fatica a far comprendere l'importanza dello studio e a trasmettere l'essenzialità dei suoi consigli.

**Difficoltà degli studenti:** Non riesce sempre a coinvolgere tutti gli studenti, in particolare quelli con maggiori difficoltà. Gli argomenti complessi, come la relatività generale, richiedono uno sforzo mentale significativo e possono risultare scoraggianti senza una presentazione e visualizzazione adeguate.

# Ginevra la studiosa



## Panoramica generale

Ginevra è una ragazza solare e determinata, che sa il fatto suo. Non cerca di piacere a tutti e, se non desidera la compagnia di qualcuno, non esita a starne alla larga. Tuttavia, si avvicina agli altri con un atteggiamento aperto e amichevole, almeno inizialmente. Le sue più grandi passioni includono le moto, con cui adora sfogarsi tra giri veloci e qualche salto, e le arti marziali. In famiglia le cose non vanno sempre lisce, e lo studio è diventato il suo rifugio. Questo le ha permesso di scoprire il suo talento naturale: nonostante lo studio non sia una vera passione, le viene facile e spesso rappresenta una sfida per dimostrare il suo valore agli altri, a se stessa e ai genitori.

## Rapporto con la fisica

È predisposta naturalmente ad andare bene nelle materie scientifiche ed è una che prende sempre appunti. È particolarmente entusiasta all'idea di studiare la relatività, trovando stimolante comprendere i meccanismi che regolano il mondo. Tuttavia, i concetti più astratti possono risultare complessi e richiedono risorse aggiuntive. La sua curiosità la spinge a cercare approfondimenti, non solo per capire meglio qualcosa spiegato dal suo professore, ma anche per interesse personale.

## Rapporto con la classe

Si trova bene con alcune persone, soprattutto nel "gruppo grande", ma non riesce a legare con certe ragazze. Percepisce una divisione in sottogruppi, ma nel complesso considera la sua classe un ambiente positivo e vivace, capace di alleggerire le lezioni.

## Competizione

La competizione è per Ginevra un aspetto prevalentemente interno: una sfida verso se stessa per migliorarsi e raggiungere risultati di cui possa essere orgogliosa. Non ama confrontarsi con gli altri in modo diretto, ma si trova comunque a vivere situazioni in cui il confronto è inevitabile. Cerca sempre di mantenere un equilibrio sano e costruttivo.

## Bisogni

**Riconoscimento:** Ha bisogno di sentirsi in gamba e di ricevere apprezzamento, soprattutto dai suoi genitori e da se stessa. Questo è il motore che la spinge a impegnarsi al massimo.

**Visualizzazione ed esempi significativi:** Per comprendere appieno concetti come la relatività, ha bisogno di visualizzarli attraverso strumenti grafici o spiegazioni pratiche che possano essere per lei significative e dimostrative del mondo.

**Coinvolgimento:** Necessita di un approccio didattico che renda le lezioni dinamiche e interessanti, evitando la monotonia.

## Desideri

**Carriera accademica:** Sogna di studiare medicina e diplomarsi con il massimo dei voti.

**Conoscenza:** Vuole acculturarsi su molti argomenti

**Metodo:** vorrebbe tenere un metodo ordinato e preciso nello studiare le materie in modo da avere il suo percorso scolastico sotto controllo.

**Equilibrio:** Aspira a mantenere un bilanciamento tra studio e tempo libero, dedicandosi alle sue passioni e alle persone care.

**Didattica leggera:** Desidera che lo studio, pur impegnativo, possa essere reso più leggero e stimolante attraverso approcci innovativi e dinamici.

## Frustrazioni

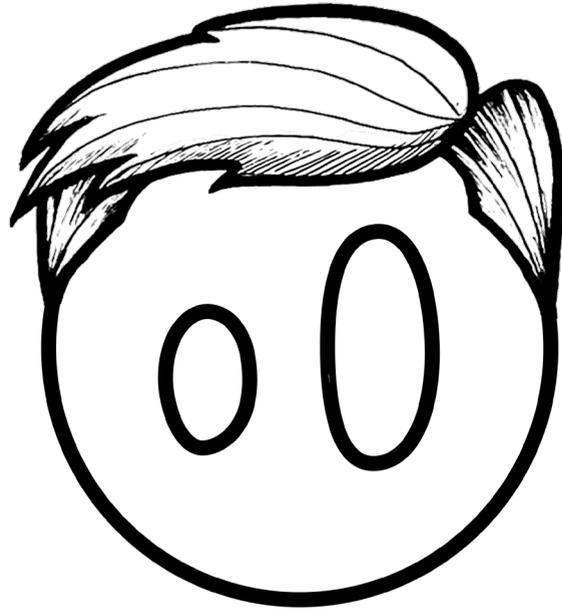
**Difficoltà crescenti:** Anche se non ha mai avuto problemi con la fisica, quest'anno trova gli argomenti più complessi e sente la necessità di strumenti migliori per comprenderli.

**Didattica tradizionale:** Trova i programmi e le risorse visive offerte dai professori insufficienti e poco coinvolgenti.

**Concetti astratti:** Fatica a mettere in discussione nozioni basilari come spazio e tempo, rischiando di affrontare lo studio con passività e senza che le rimangano conoscenze per lei interessanti a lungo termine.

**Libri di testo inadeguati:** Odissea il suo libro di fisica, che giudica male impaginato, confuso e poco chiaro, ma soprattutto non congruente con le lezioni del professore.

# Luca quello convinto



## Panoramica generale

Luca ha un obiettivo chiaro sin dall'inizio del liceo: terminarlo con successo e iniziare subito a guadagnare. È estremamente motivato e tende a stabilire obiettivi rigidi, tracciando un percorso che lo porti rapidamente al successo, anche a costo di mettere da parte i suoi interessi genuini in favore del profitto. Segue le orme di suo padre in una famiglia severa ma affettuosa, che lo sprona a dare il massimo, esercitando anche però una certa pressione. È appassionato di cultura e orientato verso materie come economia o giurisprudenza. Pratica molto sport, in particolare il calcio (gioca anche le schedine), tiene alla forma fisica e cerca di non trascurare la sua vita sociale, godendosi i weekend di svago.

## Rapporto con la fisica

Nonostante non sembri, Luca ama la fisica. Non tanto per i temi trattati, che comunque trova interessanti e a volte approfondisce sui social, ma soprattutto perché gli riesce facile: la sua mente analitica gli permette di affrontare con naturalezza gli esercizi e le verifiche, senza bisogno di risorse esterne al libro, che per lui è uno strumento fondamentale. Questa capacità di intuizione si rivela però poco funzionale con argomenti di fisica complessa.

## Rapporto con la classe

Luca si trova bene in classe, socializza con molti compagni, specialmente con quelli che condividono la sua visione della vita e non vedono i suoi obiettivi come un peso. Ritiene che la classe renda le lezioni più leggere e nutre grande stima per il suo professore. Sebbene non gradisca particolarmente lavorare con persone che non gli stanno simpatiche, è disposto a collaborare se necessario, stringendo i denti e portando a termine il compito.

## Competizione

La competizione è una delle sue principali motivazioni: per Luca è una questione personale eccellere, ottenere i voti migliori ed essere il più preparato nella stanza. Non perde tempo a discutere, per lui l'importante è raggiungere l'obiettivo. Tuttavia, non tollera le ingiustizie e si impegna sempre per ottenere ciò che merita.

## Bisogni

**Coinvolgimento e stimolazione:** sentirsi stimolato per affrontare i propri doveri con voglia e entusiasmo.

**Strumenti didattici:** disporre di strumenti adeguati per comprendere meglio gli argomenti complessi di fisica, che spesso richiedono una messa in discussione delle sue certezze sul mondo.

**Buon rendimento:** andare bene alle verifiche per mantenere i suoi standard personali e familiari, evitando di sentirsi demotivato.

**Supporto migliore:** un supporto migliore del libro, che sia affidabile e coerente con le spiegazioni del professore.

**Competenze sociali:** sviluppare competenze sociali in vista dell'università.

## Desideri

**Velocizzarsi:** velocizzare il suo metodo di studio, che attualmente richiede molto tempo, principalmente per lo studio dal libro e l'integrazione con risorse esterne.

**Lezioni più leggere:** lezioni più leggere che evitino il rischio di burnout, per mantenere alta la voglia di imparare e l'efficacia nello studio.

**Imparare concetti utili:** imparare concetti utili, che possano essere applicati alla vita reale o alle sue esperienze personali.

**Interazioni con il professore:** più interazioni da parte del professore con la classe, come brevi esperimenti per spezzare il ritmo delle lezioni e creare momenti memorabili.

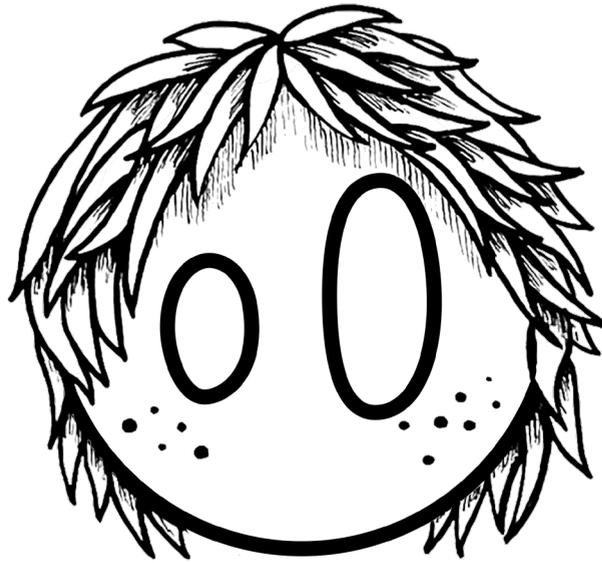
## Frustrazioni

**Comprensione:** fatica a comprendere i nuovi argomenti, che spesso esulano dalla sua capacità di immaginazione e proiezione.

**Competizione tossica:** la competizione, a volte, lo distrae dalla motivazione intrinseca e dall'interesse genuino, portandolo a concentrarsi su conoscenze di breve durata, utili solo per le verifiche.

**Demoralizzazione:** si sente demoralizzato se non viene adeguatamente motivato, o se non gli viene spiegato il valore e l'utilità di ciò che sta facendo.

# Alex il filosofo



## Panoramica generale

Alex è un ragazzo intelligente, riflessivo e tranquillo, molto statico e sedentario ma che tende a viaggiare molto con la mente. È estremamente curioso e sempre alla ricerca di nuovi significati: ha infatti una grande passione per la filosofia e la psicologia, eccellendo nelle materie umanistiche in generale, che gli offrono uno spunto per comprendere i pensieri delle persone. È affascinato da tutto ciò che è diverso da lui e anche se non sembra, non ama particolarmente leggere, è più un ascoltatore attento e apprezza il dialogo. Non coltiva passioni specifiche, se non quella di scrivere occasionalmente, principalmente per sfuggire alla noia e prendere le distanze da un contesto familiare non del tutto sano. La famiglia non gli ha mai imposto pressioni sui voti e Alex non è mai stato uno studente da medie eccellenti: studia per pura curiosità personale e, in classe, spesso si perde nei propri pensieri.

## Rapporto con la fisica

Apprezza molto la fisica per la sua capacità di descrivere il mondo, specialmente quando si addentra in dinamiche complesse e astratte. Tuttavia, non eccelle nei temi più classici, mantenendo una media sufficiente. Quando, però, si affrontano argomenti che lo appassionano, Alex prende appunti e partecipa attivamente.

## Rapporto con la classe

Non è particolarmente interessato alla dinamica della classe. Ha un gruppo ristretto di amici e non cerca di interagire con tutti, anzi, evita alcune persone che lo mettono a disagio. Trova divertente il caos della classe, ma non si sente pienamente coinvolto, lasciandosi più che altro trasportare dalla situazione. Ha sufficiente confidenza per chiedere appunti ai compagni, purché appartengano alla sua cerchia ristretta.

## Competizione

Detesta la competizione, sia con gli altri sia con se stesso, considerandola distruttiva. Non è interessato a essere il più intelligente della stanza, convinto che ognuno abbia le proprie potenzialità. Si sente motivato solo dall'idea di arricchire la sua cultura personale e seguire i suoi interessi.

## Bisogni

**Ispirazione:** sentirsi ispirato dagli argomenti che studia per riuscire a mantenere l'attenzione durante le lezioni e apprendere.

**Supporto:** disporre di un supporto che lo aiuti a recuperare i contenuti persi in classe a causa delle sue frequenti distrazioni.

**Visualizzazione:** avere una chiara visualizzazione dei concetti, per stimolare la sua memoria visiva.

## Desideri

**Coinvolgimento:** distaccarsi dai libri, dalle formule e dalla parte più noiosa della fisica, desiderando spiegazioni coinvolgenti accompagnate da esempi e situazioni sorprendenti.

**Conoscenze significative:** comprendere meglio il mondo che lo circonda e individuare le relazioni significative tra la fisica e il suo contesto, per essere orgoglioso delle conoscenze apprese e del loro valore pratico.

**Connessioni interdisciplinari:** fare connessioni interdisciplinari tra gli argomenti studiati, creando collegamenti che si riflettano sulla sua realtà.

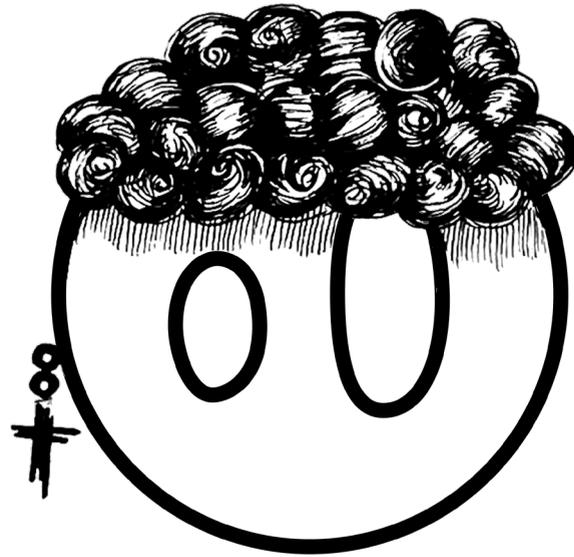
## Frustrazioni

**Distrazione facile:** si distrae facilmente e necessita di metodi che lo coinvolgano, rendendo il materiale semplice e accattivante.

**Rigetto dei libri:** detesta i libri di testo e spesso non trova supporti che considera utili o stimolanti.

**Valutazioni:** si sente a disagio con i voti, che lo demotivano dal puntare a una buona media.

# Christian il maranza



## Panoramica generale

Christian è un ragazzo con una gran testa, ma spesso non sa come valorizzarla. Cresciuto in un contesto familiare difficile, ha assorbito modelli e schemi sociali che lo hanno portato a sviluppare un senso di rigetto verso la scuola e lo studio, concentrandosi maggiormente su divertimento, musica e svago. Nonostante sia insicuro, si mostra agli altri come una persona sicura di sé, con atteggiamenti spavaldi, anche se spesso preferisce rimanere in disparte. Ama il calcio, il basket e passare il tempo con i suoi amici. È furbo, sfacciato e disinteressato alla scuola: non si fa problemi a saltare le lezioni quando ne ha voglia o quando ho un'interrogazione, pur consapevole che prima o poi dovrà comunque portare a termine il percorso scolastico.

## Rapporto con la fisica

Christian non è molto interessato alla fisica. La vive come una materia da affrontare velocemente, senza particolare coinvolgimento. Non prende appunti, non prova curiosità per argomenti come la relatività e tende ad evitarli, anche perché li percepisce come difficili. L'idea di dedicare impegno alla fisica prendendo appunti per esempio, lo demotiva ulteriormente.

## Rapporto con la classe

Christian si trova bene con alcuni compagni, ma non si interessa particolarmente al clima generale. Tuttavia, apprezza il professore: trova che le sue lezioni siano piacevoli, soprattutto quando include esperimenti caciaroni. Grazie al buon rapporto con alcuni compagni, o al suo menefreghismo di fare brutta figura, riesce spesso a ottenere gli appunti necessari per studiare.

## Competizione

Pur essendo competitivo di natura, quando si tratta di voti non mostra interesse: il suo unico obiettivo è evitare le insufficienze, con il minimo sforzo possibile.

## Bisogni

**Coinvolgimento:** Ha bisogno di sentirsi coinvolto e di percepire le lezioni e il professore come accessibili e vicini ai suoi interessi, magari tramite esperienze ad esempio di laboratorio.

**Esempi significativi:** Necessita di trovare connessioni con la sua vita tramite spiegazioni e punti di vista significativi e pratici per lui.

**Insicurezze:** Ha bisogno mascherare le sue insicurezze, mantenendo un'immagine sempre fresca e sicura agli occhi degli altri.

**Supporto:** Ha bisogno di supporto concreto per comprendere i concetti di fisica complessi, che considera particolarmente difficili e incomprensibili.

## Desideri

**Concludere il percorso:** Vorrebbe finire la scuola il più presto possibile, dato che non ha più voglia di proseguire.

**Minimo sforzo:** Desidera avere solo le risorse strettamente necessarie per superare le verifiche, senza preoccuparsi di eventuali lezioni o concetti persi.

**Lezioni più leggere:** Vorrebbe lezioni più leggere, interattive e stimolanti, arricchite da esperimenti coinvolgenti.

## Frustrazioni

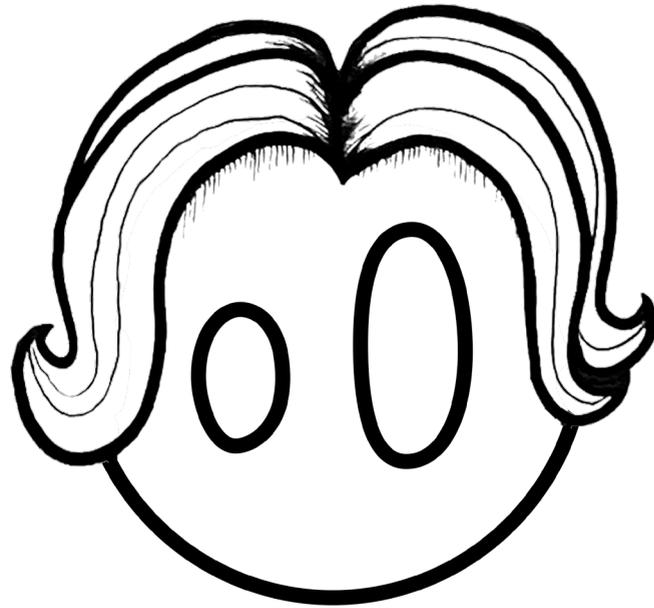
**Noia:** La didattica tradizionale lo annoia: nonostante apprezzi il professore, non riesce a seguire le lezioni con attenzione.

**Nozioni a lungo termine:** Si arrende facilmente alla mancanza di voglia, e ciò che apprende non gli rimane impresso.

**Percezione della complessità:** Percepisce gli argomenti come complessi e non ha la motivazione per mettersi in gioco.

**Lontananza dall'ambito:** Considera l'ambito scientifico distante dai suoi interessi, dalla sua quotidianità e dai suoi valori.

# Marco il golden boy



## Panoramica generale

Marco è un ragazzo solare, sempre pieno di impegni, che si annoia facilmente. Ama i cani, specialmente quelli affettuosi e festosi. Gli piace avere gente intorno e dà grande valore ai rapporti umani, privilegiando l'amicizia: è il tipo da avere tanti amici ma anche buoni. Ama essere al centro dell'attenzione, cerca di essere gentile con tutti, e se commette un torto, puoi star certo che non lo ha fatto intenzionalmente. Nel tempo libero gioca a tennis o esce con gli amici, con cui parla di tutto, spaziando da discussioni esistenziali a battute sceme. Sogna un lavoro che gli permetta di viaggiare e incontrare persone nuove, un desiderio che riflette in parte la sua insicurezza di restare solo. Si distrae facilmente e cambia spesso idea, è "nel chill".

## Rapporto con la fisica

Apprezza la fisica, ma non più di altre materie, di certo la preferisce a quelle che richiedono molta lettura, attività che lo annoia. Ascolta volentieri il professore e si lascia coinvolgere dagli argomenti spiegati bene, anche se a volte, quando manca la motivazione, non prende appunti o non si applica. In generale, la fisica gli piace, soprattutto quando si tratta di temi interessanti e meno noiosi o didattici.

## Rapporto con la classe

Non si interessa ai gruppi o alle divisioni: parla con tutti ed è capace di trovarsi a suo agio in qualsiasi compagnia, pur avendo alcuni amici più stretti. Gli piace la sua classe, ci sta bene; non ne è entusiasta, ma nemmeno la svaluta. Si lascia spesso trascinare dagli altri e partecipa alle situazioni divertenti.

## Competizione

Non è particolarmente motivato dalla competizione. Quando c'è, la vive serenamente e ne trae piacere, ma non si abbatte se prende un voto più basso di un compagno. Non si vanta dei voti alti, quando li ottiene, ma prova un po' di fastidio a non essere il più preparato nella stanza.

## Bisogni

**Visualizzazione:** ha bisogno di visualizzazioni chiare degli argomenti e di spiegazioni coinvolgenti che catturino la sua attenzione.

**Contatto umano:** ha bisogno di rimanere in contatto con i suoi amici.

**Metodo:** ha bisogno di capire che la mancanza di appunti lo penalizza in vista delle verifiche.

## Desideri

**Scaricare energie:** desidera scaricare le sue energie: è molto attivo e ama muoversi, non riesce a stare fermo.

**Conoscenze stimolanti:** desidera imparare cose nuove e stimolanti, soprattutto se significative per lui e utili a fare bella figura quando le racconta agli altri.

**Lezioni leggere:** desidera lezioni più leggere e meno impegno nello studio a casa, per dedicare più tempo alle sue attività senza sentirsi in colpa.

**Senza matematica:** desidera affrontare argomenti complessi di fisica in modo filosofico, lasciando da parte, per quanto possibile, gli aspetti matematici.

## Frustrazioni

**Distrazione facile:** si distrae facilmente con il telefono e ha un breve span di attenzione, specialmente durante spiegazioni tradizionali ricche di matematica.

**Perdita di motivazione:** perde motivazione se non gli viene presentato un motivo valido per prestare attenzione.

**Competizione eccessiva:** se la competizione diventa eccessiva, ne rimane intrappolato, trovandola opprimente.

# Linee guida

Insight  
Supporto a lungo termine  
Supporti innovativi  
Esperienze  
Storytelling  
Visualizzazione

# 1) Essere vicini agli insight, alla vita e agli interessi degli studenti, studiando esempi e contesti appositi, che siano semplici e il più comprensibili possibile

Questa linea guida risponde alle seguenti necessità:

- ✦ Necessità del professore di far studiare più volentieri gli alunni e favorire l'adozione da parte loro di un metodo di studio funzionale.
- ✦ Necessità del professore di rendere più accessibili esempi e concetti di fisica che mettono in dubbio la nostra concezione della realtà.
- ✦ Necessità dello studente di valorizzare ed essere orgoglioso del suo sapere, traendone piacere e utilità.
- ✦ Necessità dello studente di ricondurre il suo sapere alla sua vita e ai suoi significati.

## Declinazioni progettuali

Bisogna spiegare allo studente il perchè essere entusiasti di un certo effetto del concetto espresso, della sua applicazione.

Bisogna presentare la matematica con calma e a basso impatto, anche usandola come risorsa ma con molta cautela e senza dare nulla per scontato.

Devono riuscire ad essere talmente convincenti da far dare allo studente per scontata la soluzione che l'esempio propone, facendo così internare il concetto veicolato.

Se possibile, è meglio se si riconducono a situazioni reali o per lo meno che abbiano un contesto attorno che può essere reale o verosimile, in modo da essere più significativo per gli studenti.

Se possibile, impostarli in modo che risolvano o vadano a confutare concezioni del mondo intrinseche e scontate degli studenti, che una volta stimolate, diventano memorabili.

Scegliere esempi che siano sempre i più semplici e comuni possibile per tutti gli studenti, arricchiti da insight che li appartengono, per potersi poi permettere di spiegare concetti complessi.

Scegliere dei contesti narrativi che possano generare esempi e che facilitino la comprensione del concetto.

## 2) Fornire un supporto a lungo termine e incisivo nelle prestazioni scolastiche degli studenti

### Declinazioni progettuali

Preparazione di supporti di diversa natura, in grado di presentarsi periodicamente e non essere parte di un touchpoint monouso.

Favorire la memorizzazione dei concetti con i test di ripetizione dilazionata.

Questa linea guida risponde alle seguenti necessità:



Necessità del professore di trasmettere nozioni utili alla vita ma anche di ottenere risultati nelle verifiche.



Necessità degli studenti di un supporto continuo che gli aiuti a soddisfare le aspettative proprie o della loro cerchia sociale stretta.

# 3) Fornire dei supporti affidabili, utili e coinvolgenti, superando il concetto tradizionale di libro

## Declinazioni progettuali

Va fatto in modo graduale e con strumenti che possano distaccarsi dalla didattica tradizionale ma senza essere una rivoluzione.

Devono essere vicini agli strumenti che utilizzano gli studenti, quindi utilizzando anche piattaforme come i social media.

Devono non essere una copia sotto un'altra forma del libro, ma devono seguire le esigenze degli utenti, ad esempio in caso di video, devono essere non troppo lunghi o pesanti.

Va fatto coinvolgendo gli studenti su più touchpoint significativi per loro e stimolandoli, se possibile, su diversi livelli sensoriali, attraverso ad esempio l'uso del suono.

Vanno creati supporti in grado di aiutare gli studenti nelle verifiche e nel recuperare le lezioni per i fatti propri, ma senza invalidarli nel momento in cui il supporto manca.

Devono essere inerenti alle lezioni, presentando concetti ben concatenati logicamente e non inutili in ottica di una verifica

Questa linea guida risponde alle seguenti necessità:

- ◆ Necessità del professore di far studiare più volentieri gli alunni e favorire l'adozione da parte loro di un metodo di studio funzionale.
- ◆ Necessità del professore di materiale didattico che possa davvero soddisfare ed essere volentieri consultato dagli studenti, più dei libri classici.
- ◆ Necessità del professore di fornire uno strumento agli alunni che sia affidabile e utilizzabile anche durante le verifiche per facilitare la prova.
- ◆ Necessità degli studenti di un supporto più affidabile e utile per acquisire le conoscenze necessarie alla verifica.
- ◆ Necessità degli studenti di avere un supporto nonostante le lezioni del professore non segua i programmi dei libri
- ◆ Necessità degli studenti di nuovi metodi di fruizione della didattica, tramite touchpoint più vicini a loro e lontani dalla sola lettura

# 4) Creare esperienze che possano essere utili per l'apprendimento, leggere e significative per gli studenti

Questa linea guida risponde alle seguenti necessità:

- ✦ Necessità del professore di favorire la coesione tra gli studenti in vista dell'università
- ✦ Necessità del professore di sfruttare il legame emotivo che ha con gli studenti per migliorare i loro risultati accademici
- ✦ Necessità degli studenti di alleggerire le lezioni, in modo da renderle più fruibili, potenziando la risonanza di ciò che si impara
- ✦ Necessità degli studenti di introdurre una componente divertente e di stacco che possa potenziare il messaggio didattico di ciò che si è fatto a lezione, stimolando passione e interesse

## Declinazioni progettuali

Il professore dovrebbe essere al centro di ogni attività, vista la stima nei suoi confronti e il rapporto empatico che ha con gli studenti.

Devono essere attività che possibilmente stimolano il lavoro di squadra e la coesione, anche in maniera un po' superficiale e non forzata.

Devono essere un pretesto per divertirsi e creare situazioni memorabili

# 5) Sfruttare le potenzialità della narrazione, per veicolare passione e alleggerire le lezioni

Questa linea guida risponde alle seguenti necessità:

- ◆ Necessità del professore di far studiare più volentieri gli alunni e favorire l'adozione da parte loro di un metodo di studio funzionale.
- ◆ Necessità del professore di trasmettere passione, interesse e curiosità per i temi trattati.
- ◆ Necessità degli studenti di un coinvolgimento maggiore per valorizzare e ricordare i contenuti appresi.
- ◆ Necessità degli studenti di una spiegazione dal professore, molto più utile di una lettura del libro in solitario.
- ◆ Necessità degli studenti di percepire lo scienziato come una figura umana, in cui riflettersi e da stimare, non noiosa e boriosa.
- ◆ Necessità dello studente di semplificare le spiegazioni e di non essere sopraffatto da termini e tecnicismi complessi e sconosciuti.

## Declinazioni progettuali

Bisogna presentare lo scienziato e il suo contesto storico di vista come vicino allo studente, mettendo in risalto il lato umano dello scienziato e le domande semplici che si è posto.

Riconoscere i limiti della scienza e sfruttarli per generare curiosità nel superarli.

Bisogna partire da premesse e obiettivi semplici, accessibili e il più comuni possibile a tutti gli studenti, preparando un terreno che non demotivi ma, al contrario, stimoli curiosità, concludendo la lezione con delle soluzioni e dei punti di vista nuovi, altrettanto significativi.

Si può puntare su temi e domande esistenziali per settare la lezione in quanto sono argomenti comuni e che riguardano tutti gli studenti, oppure fare la stessa cosa magari confutando teorie, modi di dire o concezioni comuni errate, ecc...

Bisogna collegare gli argomenti passati in modo semplice e con un espediente in grado di giustificare come mai si torna su temi già visti o come mai si devono affrontare visioni della realtà così complesse e particolari, senza dare nulla per scontato.

Bisogna dividere la spiegazione dei concetti in piccoli step al fine di aumentare l'accessibilità e la comprensione, senza gettare lo studente nei tecnicismi. Imbarcare chi ascolta in un viaggio narrato con passione, entusiasmo ed emotività.

Sfruttare gli accenti e il tono della voce per creare suspense e hype nei momenti corretti.

Mettersi sullo stesso piano degli studenti, parlando come uno di loro e cercando di impersonificare le loro difficoltà e i loro dubbi, fornendo un senso di ritrovo, reciprocità e complicità.

# 6) Sfruttare le potenzialità della visualizzazione per semplificare concetti complessi e arricchire di significato gli esempi e i contesti esposti

Questa linea guida risponde alle seguenti necessità:

- ✦ Necessità del professore di far studiare più volentieri gli alunni e favorire l'adozione da parte loro di un metodo di studio funzionale.
- ✦ Necessità del professore di rendere più accessibili esempi e concetti di fisica che mettono in dubbio la nostra concezione della realtà.
- ✦ Necessità degli studenti di una semplificazione e visualizzazione dei concetti, soprattutto se complessi e astratti.
- ✦ Necessità degli alunni di ritrovarsi nel concetto, nel suo significato o nella sua applicazione affinché possa essere stimolante.

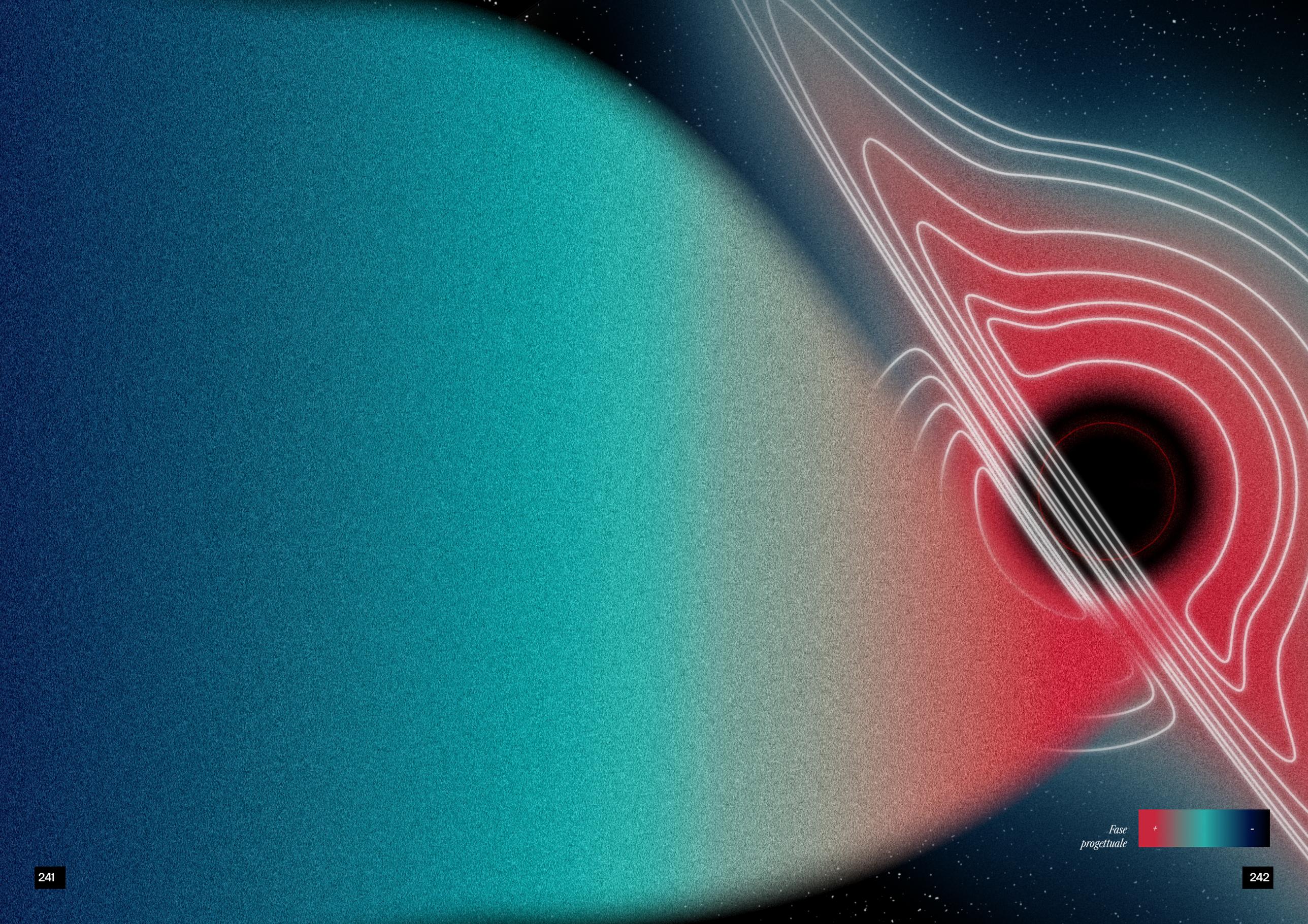
## Declinazioni progettuali

Bisogna partire da un'introduzione senza matematica e con molta visualizzazione, anche finalizzata a creare stupore, curiosità e coinvolgimento.

Bisogna sfruttare anche l'animazione per essere più comprensibili e aumentare l'aiuto che la visualizzazione può dare.

Adottare un buon connubio tra virtuosismo estetico e rappresentazioni più semplici e funzionali: il primo per visualizzare, per generare stupore e coinvolgimento, il secondo per spiegare, per veicolare in modo semplice e pulito concetti complessi

???



*Fase  
progettuale*





Benvenuti nella sezione progettuale di questa tesi, dove verranno presentati il concept, l'identità visiva del progetto e tutti i touchpoint sviluppati.

Buon viaggio



# progetto

## Il Concept

## L'identità visiva

- Linee guida visive
- Ispirazioni e direzione progettuale
- Moodboard
- Palette e gradiente
- Font
- Immagini e illustrazioni

## La presentazione

- Le scelte progettuali
- Griglie e replicabilità
- Coinvolgimento sensoriale
- Script e istruzioni
- I risultati
- L'innovazione

## Gli altri touchpoint

- Il "formulario"
- I test periodici
- I social
- Le esperienze
- Schema dei touchpoint

# **Il Concept**

**Vi siete mai chiesti cosa ci tiene attaccati a terra? Einstein di sicuro sì, e ci ha sviluppato sopra una teoria tanto affascinante quanto complessa: la relatività generale. Questo progetto è un viaggio coinvolgente attraverso**

**le sue mille sfumature, pensato per mostrare, sentire e immergersi nei i suoi concetti e nei suoi strani teoremi, un servizio completo che offre supporto nei momenti di confusione e aiuta a comprendere anche gli aspetti più complessi, passando per buchi neri, pianeti, ascensori, e molto altro, sempre alla giusta distanza dalla matematica.**

# L'identità visiva

## Linee guida visive

### Semplice e accessibile

Bisogna scegliere uno stile semplice, evitando di inserire nei visual troppi elementi che possano generare una sensazione di overwhelming. L'obiettivo è aumentare al massimo l'accessibilità sia a livello di complessità visiva, sia rispetto ai gusti soggettivi del pubblico grafico.

L'identità visiva evita di seguire trend specifici, puntando invece su visual semplici, minimali e di forte impatto.

Viene utilizzato un sans-serif semplice da leggere e simile a quelli già presenti nelle UI di servizi e touchpoint digitali consultati dal target.

### Chiaro e strategico

I tratti utilizzati per spiegare visivamente i concetti devono essere puliti e coerenti tra loro. Lo stile dovrebbe tendere al minimalismo elegante, sfruttando il testo o le spiegazioni del professore per non dare nulla per scontato, garantendo una comprensione semplice e senza distrazioni. Le forme e i colori devono rappresentare al meglio le sfaccettature del concetto da esprimere.

Vengono utilizzate linee monocromatiche bianche in contrasto con lo sfondo per evidenziare gli aspetti principali di una rappresentazione o creare piccole grafiche di supporto alla spiegazione.

Si adotta una palette con gradienti, ideale per rappresentare variazioni di campo e chiarire fenomeni come le accelerazioni di corpi o i colori dei shift gravitazionali.

### Identitario

L'identità visiva deve essere impattante e riconoscibile, distinguendosi dagli stili anonimi e percepiti come noiosi dei libri didattici tradizionali.

Una palette cromatica insolita con contrasti rende i visual memorabili e unici rispetto alle altre illustrazioni scientifiche, pur rimanendo coerenti con il contesto tematico.

L'uso di un font secondario classico ma raffinato aggiunge un contatto con la notazione scientifica e contribuisce a definire uno stile visivo distintivo

### Accattivante

L'approccio visivo deve mostrare il più possibile la realtà di un evento o di un oggetto, arricchendola con elementi come linee e gradienti che chiariscano il concetto sottostante. L'obiettivo è stimolare fascino e curiosità

L'uso del rumore grafico richiama l'idea di invisibile e concettuale, rendendo i visual accattivanti e in linea con i gradienti apprezzati dalla generazione di riferimento.

Lo stile mantiene un equilibrio tra semplicità ed eleganza, dando centralità all'immagine per creare stupore e coinvolgimento.

# Ispirazioni e direzione progettuale

Per iniziare a delineare un'identità visiva coerente con le linee guida stilate e i dati raccolti dalle ricerche, ho esaminato i trend più popolari tra i ragazzi di circa 18 anni, declinati in ambiti come videogiochi, social media, animazioni, pubblicità e altro ancora. L'obiettivo era entrare il più possibile in sintonia con il loro universo e il loro modo di comunicare, adottando un approccio vicino alle loro esigenze, come richiesto dal progetto, e cercando un metodo comunicativo significativo e comprensibile per loro.

Questa indagine è stata condotta mantenendo sempre uno sguardo attento ai casi studio analizzati e tenendo a mente che si tratta di progettare materiali didattici: sebbene possa essere virtuoso allontanarsi dalla didattica tradizionale, i supporti progettati devono rimanere accessibili e comprensibili a un pubblico ampio, senza aderire esclusivamente a preferenze di nicchia.

Tra i trend analizzati, alcuni si sono distinti per caratteristiche che mi hanno permesso di selezionare elementi utili, sia positivi che negativi, da considerare nel processo creativo:

## Minimalismo Tech

Questo stile comprende un'ampia gamma di modelli visivi, dalle identità visive dei grandi colossi della tecnologia alle interfacce utente delle applicazioni di uso quotidiano. Si tratta di un trend visivo e comunicativo che, negli ultimi due anni, ha fortemente influenzato la presentazione dei prodotti tecnologici innovativi, sia di grandi che di piccole aziende (esempi includono Apple, Rabbit Tech, Nothing, Oura, ecc.). La parola chiave è semplicità: i visual sono spesso caratterizzati da colori neutri arricchiti da un colore d'accento, e gli annunci pubblicitari presentano un unico soggetto principale: il prodotto, progettato in 3D, che interagisce con pochi e semplici elementi. I font utilizzati sono sans serif, leggibili ma non banali, capaci di trasmettere unicità. Le palette cromatiche, inoltre, sono accessibili e visivamente appaganti. Questo stile è particolarmente apprezzato dai giovani, sempre più appassionati di tecnologia e fortemente interconnessi a essa.

## Gradienti

Questo stile, sebbene meno popolare negli ultimi tempi, ha avuto un forte impatto nel mondo della grafica pura, nelle identità visive di diversi brand e nella promozione di eventi, sia grandi che piccoli. È particolarmente apprezzato nei poster e nei social media, dove artisti, designer e freelancer hanno sperimentato ampiamente con questo approccio, portandolo a influenzare altri stili come il 3D, il minimalismo e il neo-brutalismo. Quando utilizzato con cura, il gradiente può risultare molto affascinante, offrendo una grande flessibilità nella gestione delle palette cromatiche.

## Illustrazioni e doodle

Uno stile fresco e giovanile, adottato da molte aziende nel 2024 per comunicare un'immagine divertente e leggera (ad esempio Dropbox, TikTok, Airbnb) e utilizzato anche nel mondo videoludico. Nonostante lo stile più doodle e "sketch" sia prevalso, non tutte le illustrazioni seguono uno stile fluido e giocoso: alcune sono più squadrate, altre più spesse o sottili, in base alle esigenze espressive e allo stile del designer o artista. L'illustrazione si presta a numerosi utilizzi grazie alla sua malleabilità e adattabilità, risultando un ottimo strumento per favorire l'identificazione dell'utente con il contenuto visivo e per raccontare una storia.

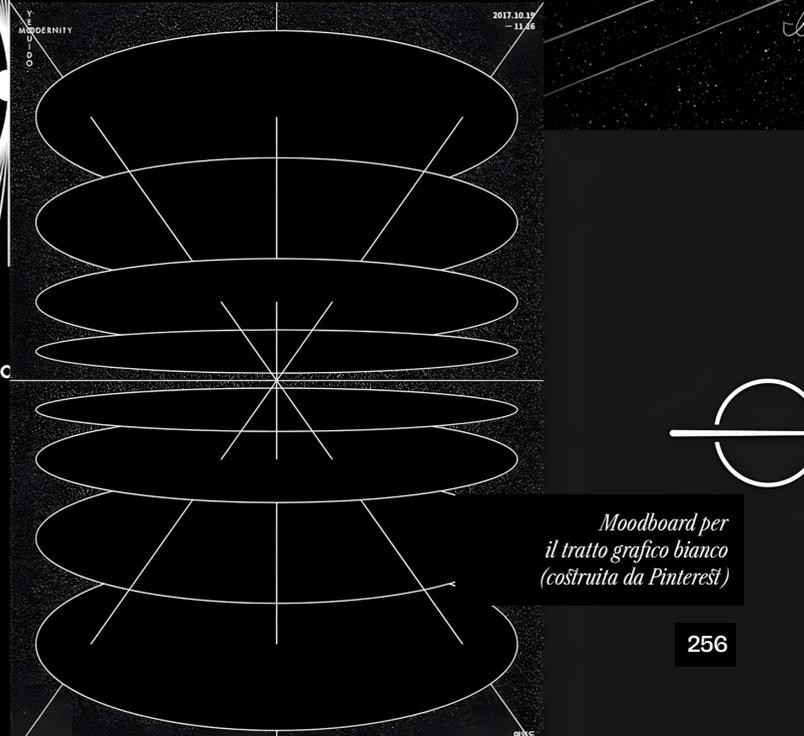
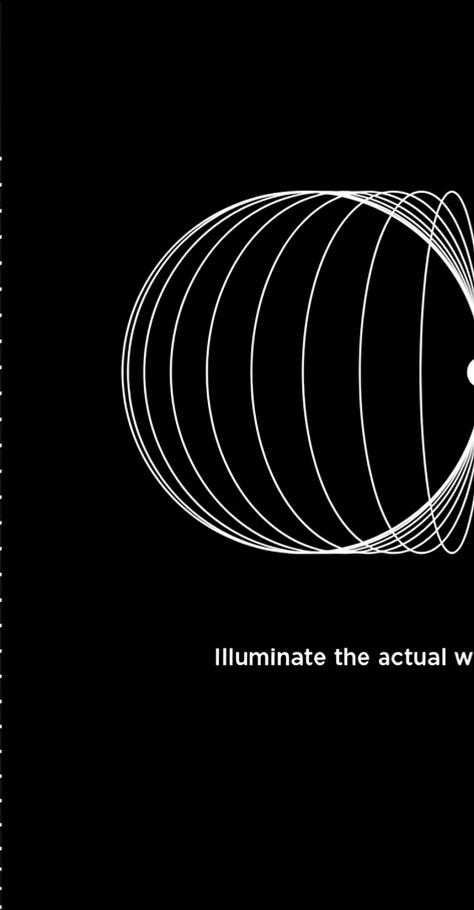
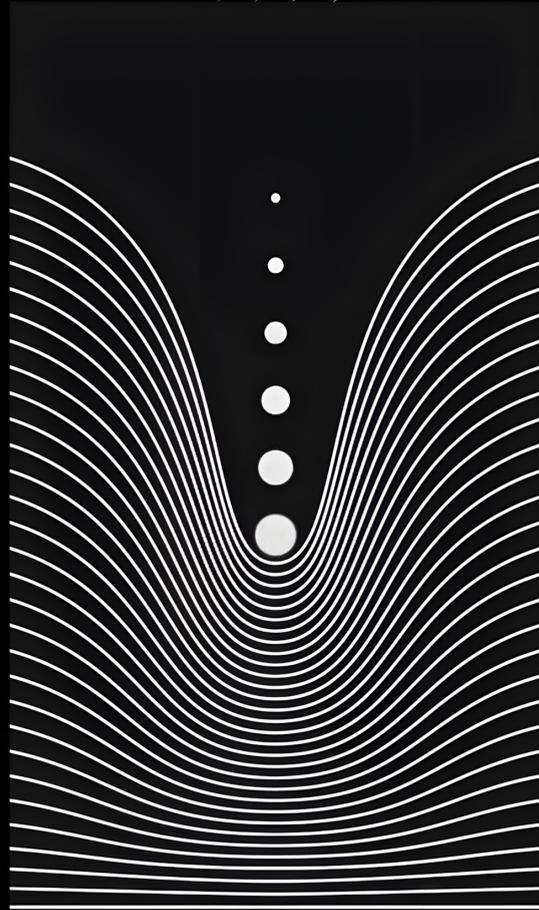
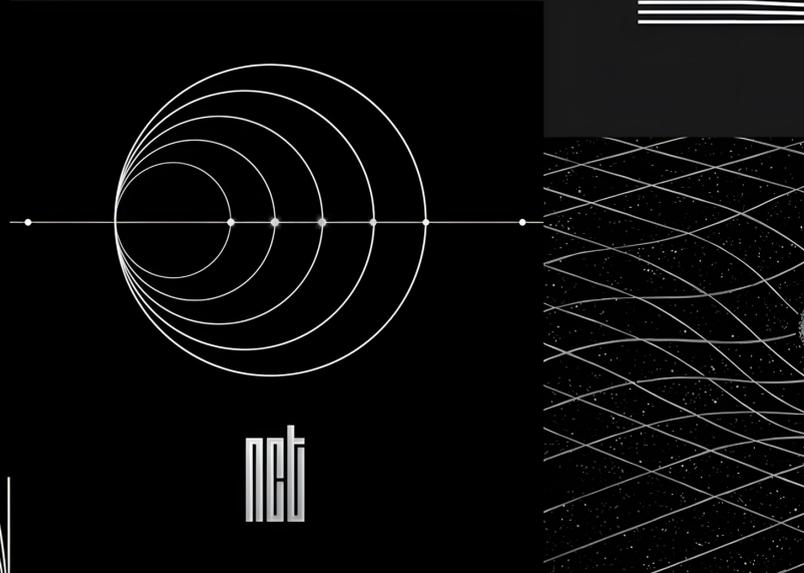
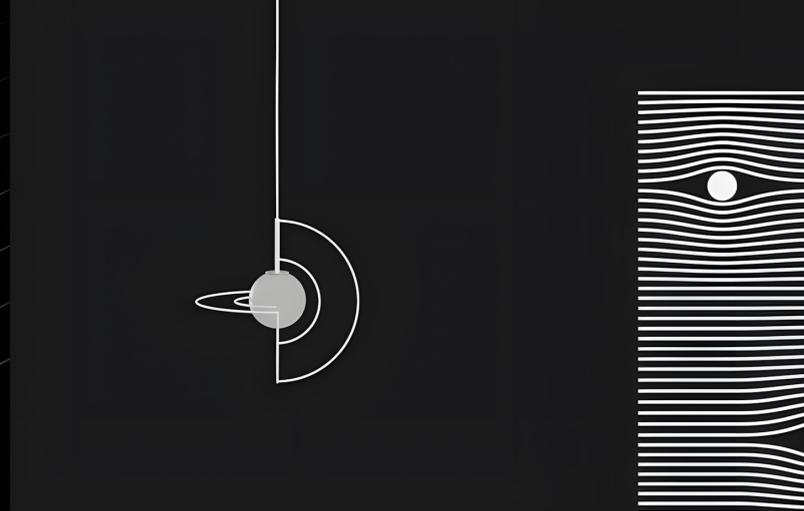
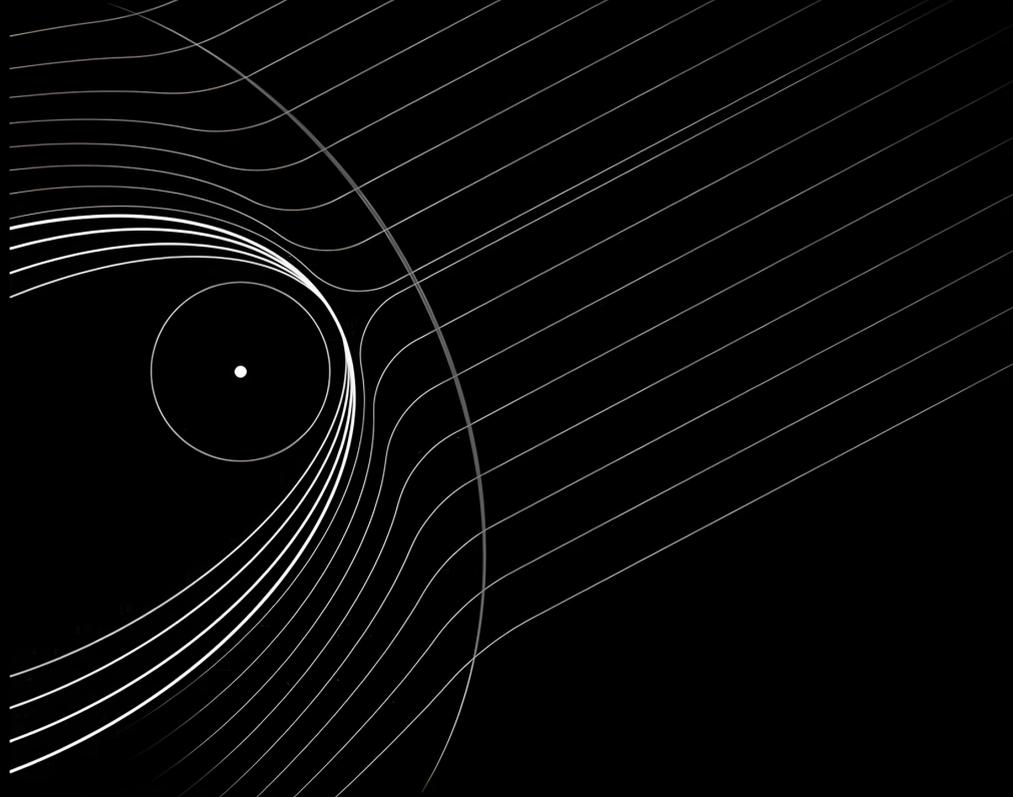
Nell'analisi e selezione degli stili, l'attenzione si è concentrata principalmente sui contenuti social, sui lavori grafici presenti su piattaforme dedicate come Behance e Dribbble, e su immagini diffuse su piattaforme popolari tra i giovani, come Pinterest. Il mondo videoludico ha offerto meno ispirazione, poiché i titoli più giocati dai ragazzi tendono a presentare uno stile fotorealistico, poco in linea con il progetto e difficile da realizzare efficacemente. Tuttavia, un aspetto interessante è rappresentato dai giochi 2D, che spesso utilizzano illustrazioni e, in misura minore, uno stile gradiente retrò.

A seguito di questa analisi, la direzione progettuale si è orientata verso la semplicità espositiva e la chiarezza visiva, guidata dalla necessità di garantire accessibilità e di non sovraccaricare lo studente, già impegnato nella comprensione dei contenuti: se la visione deve semplificare, non ha senso che essa stessa non sia semplice. Con questa premessa, l'analisi degli stili in voga ha assunto una funzione più ispirazionale che imitativa: non si è puntato ad adottare il trend più popolare o parti di esso, ma a stabilire le basi per un'identità visiva riconoscibile, semplice e funzionale, capace di rispondere sia alle esigenze espositive dell'argomento sia a quelle interpretative dello studente.

# Le moodboard



Sono quindi state create delle moodboard, 2 per la precisione, una per identificare un trattamento idoneo della linea grafica, elemento che è stato riconosciuto come essenziale per l'attività di semplificazione prefissata e protagonista delle illustrazioni del progetto, e una per visualizzare come l'elemento del gradiente potesse integrarsi con il resto degli elementi e per vedere come potesse interagire con la linea e anche adattarsi al tema dello spazio.



南部青年設計

學習協作計劃

255

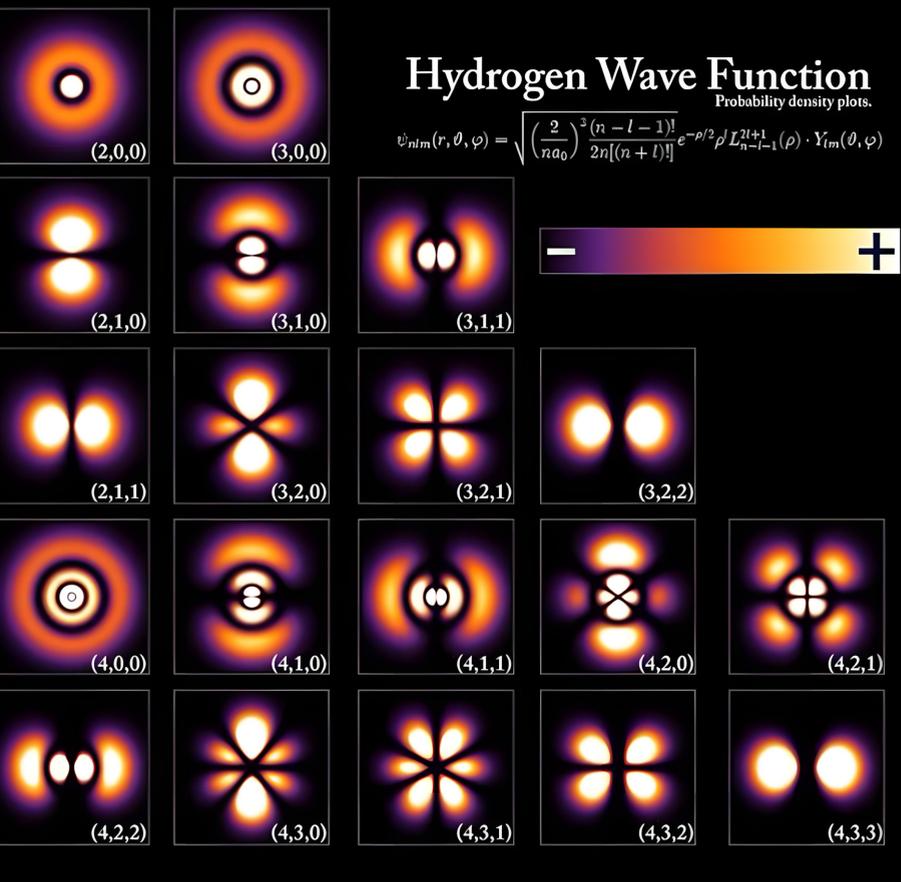
VSR

Poem

We have not understood Descartes

Illuminate the actual wo

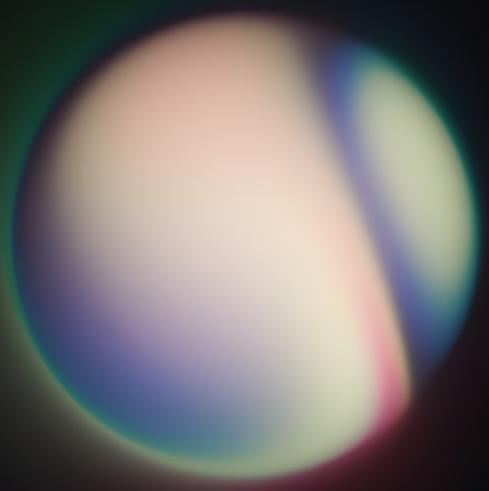
Moodboard per il tratto grafico bianco (costruita da Pinterest)



THOBY  
— HALLUCINATE

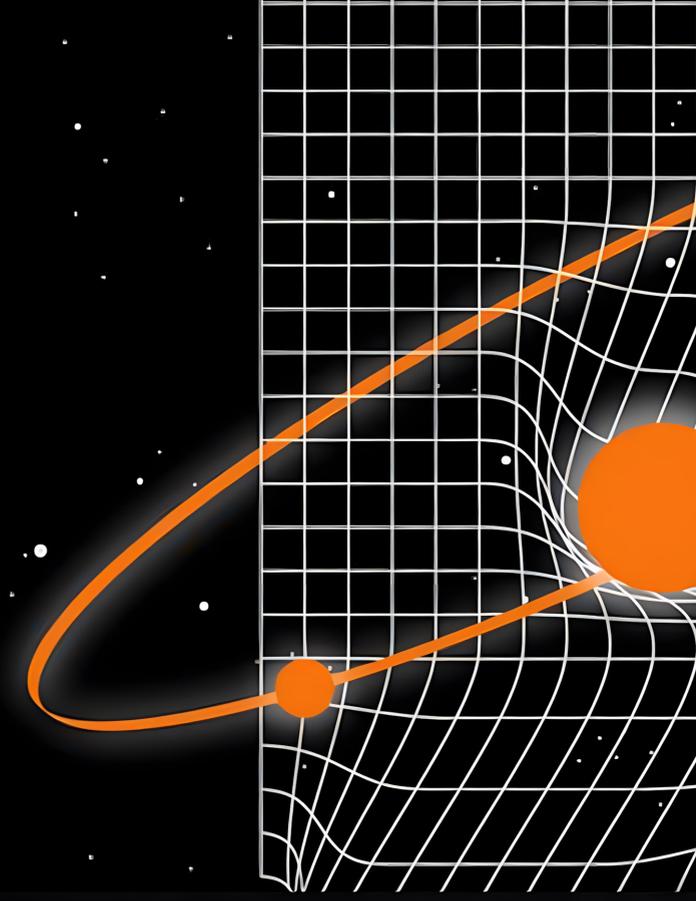
ULR — 001

ORIGINAL MIX



12 — 22 — 2017

UNLICENSED  
RECORDS



*We are*  
 en creative  
 used on  
 tion,  
 imation.

*What we do*  
 We create impactful &  
 up to date visual content  
 that helps brands interact  
 in the current world.

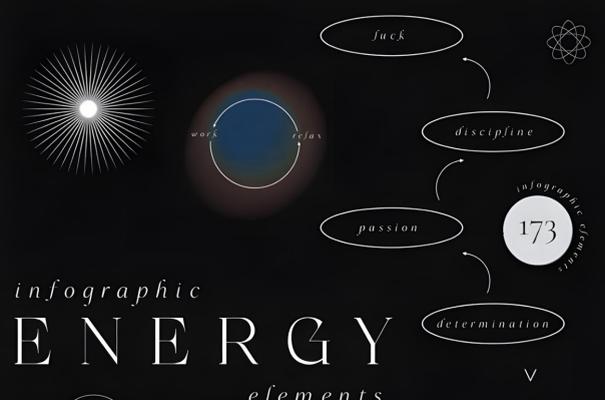
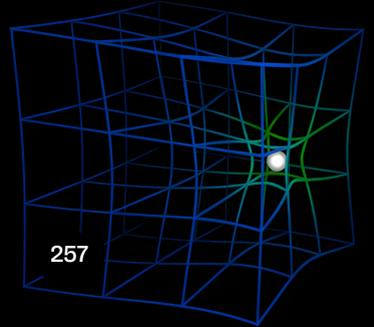
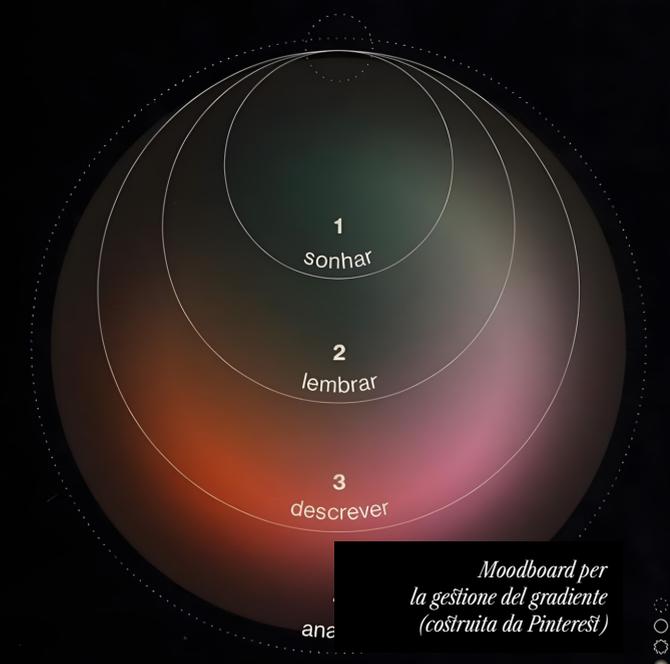
*Our Mission*  
 Bring more joy and color  
 to the world, uplifting  
 the standards of the  
 universal visual language

*How we*  
 Co-creating,  
 best creativi  
 possible will  
 project opp

## PILLARS OF WELLBEING

WORK PLAY  
 SOLITUDE SOCIALIZING  
 DISCIPLINE FREEDOM  
 STILLNESS MOVEMENT

INTERPRETAÇÃO DOS SONHOS



ATÉ ONDE VOCÊ VAI?

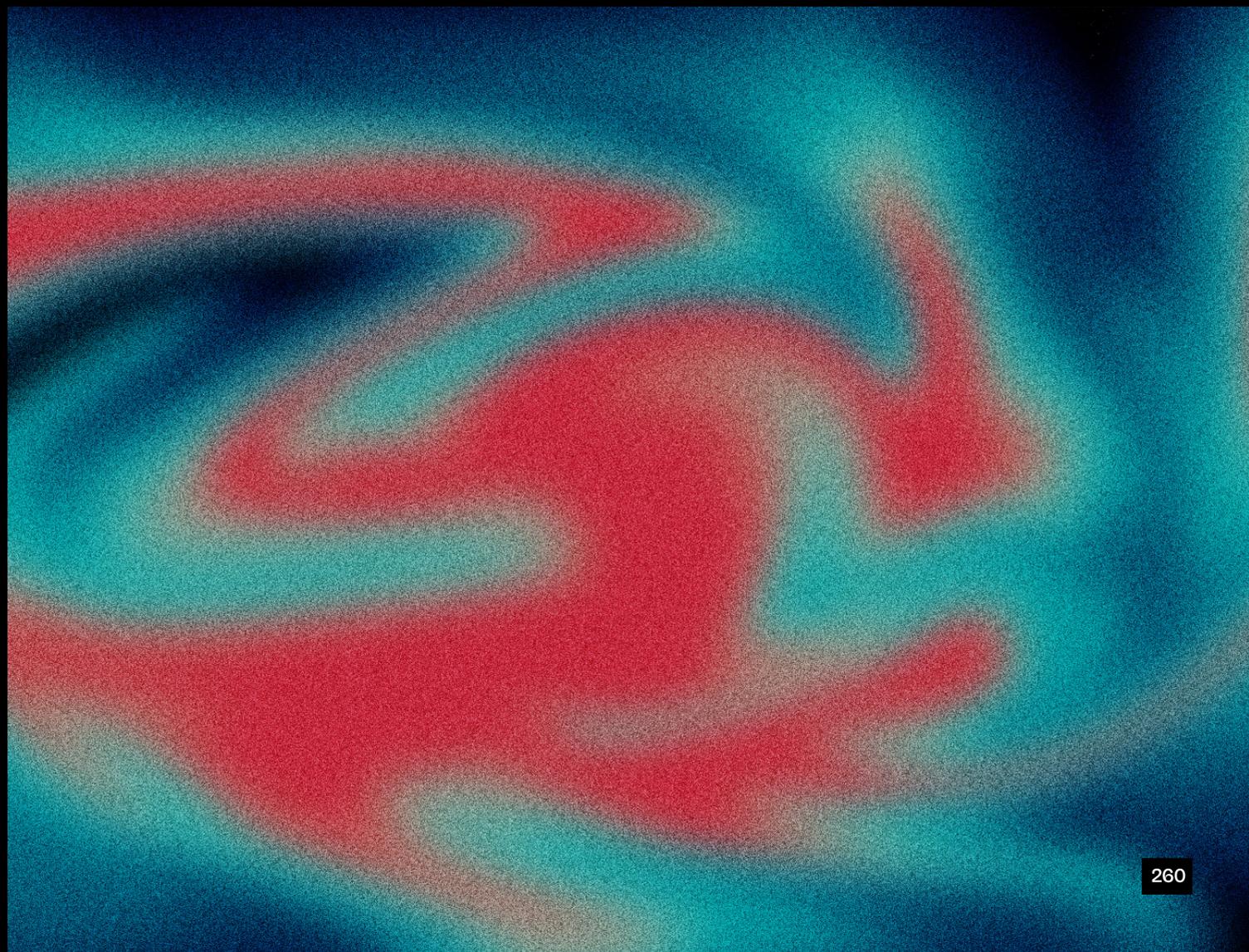
# Palette e gradiente

La scelta di una palette ricade su colori che spaziano dal rosso al blu fino a sfumare nel nero (con l'aggiunta del bianco), ispirandosi all'effetto Doppler applicato alla luce. Questo fenomeno, influenzato dalla gravità o dal movimento relativo tra una fonte di luce e l'osservatore, altera le lunghezze d'onda della luce, modificandone il colore percepito. Quando una fonte luminosa si avvicina a noi a velocità relativistiche, la lunghezza d'onda si contrae, facendo apparire la luce di colore blu. Al contrario, se la fonte si allontana costantemente a velocità relativistiche, la lunghezza d'onda si allunga, dando luogo a un colore rosso. Questo fenomeno, noto come redshift (spostamento verso il rosso), può manifestarsi anche a causa della gravità e della curvatura dello spazio-tempo. In prossimità di un buco nero, ad esempio, dove il campo gravitazionale è estremamente intenso, il tempo scorre diversamente a seconda della distanza dall'orizzonte degli eventi. La luce emessa da un oggetto molto vicino al buco nero perde energia per sfuggire all'intensa curvatura dello spazio-tempo, aumentando la propria lunghezza d'onda e tendendo così verso il rosso.

Da questa idea nasce la palette, ma non si tratta solo di una scelta basata su una connessione concettuale. Infatti, nell'ottica di rappresentare il rosso in corrispondenza di fonti gravitazionali molto dense, si sviluppa l'idea di utilizzare un gradiente al posto di una palette fissa. Questo gradiente ha l'obiettivo di fungere da "evidenziatore del valore di un campo", diventando uno strumento visivo per identificare, ad esempio, dove l'attrazione gravitazionale è più intensa (rosso) e dove è meno presente (blu-nero), dando forma visiva a un fenomeno invisibile. L'idea di rappresentare le sfumature di un campo attraverso un gradiente può essere applicata anche ad altri ambiti oltre a quello gravitazionale: ad esempio, si potrebbe creare una legenda in cui il rosso indica oggetti altamente soggetti alle deformazioni di Lorentz, sfumando gradualmente verso il blu e il nero per rappresentare deformazioni minori, traducendo anche in questo caso visivamente un concetto invisibile, sfruttando non solo la variazione cromatica, ma anche elementi come l'espansione o l'intensità del colore. Viene aggiunto anche un effetto "rumore", uno strato di granulosità, per passare meglio la sensazione di star rappresentando qualcosa di immateriale e sfuggente, non materico.

Oltre a essere funzionale, questa scelta getta le basi per un'identità visiva solida, riconoscibile e accattivante, grazie all'uso di colori intensi e distinti tra loro, risaltati da tonalità neutre come il bianco e il nero che fanno da palcoscenico. Il nero richiama lo spazio, caratterizzato dal buio naturale, mentre il bianco offre il massimo contrasto, migliorando la leggibilità e dirigendo l'attenzione sul soggetto desiderato. Il bianco, inoltre, viene utilizzato in linee sottili e pulite, risultando meno distraente rispetto ad altre opzioni cromatiche ugualmente visibili su sfondi neri.

*Esempio di stesura del gradiente con l'effetto granulosità*





#c9273e



#988185



#29ada8



#011140

# Font

Sono stati scelti due font per il progetto: il Bricolage Grotesque per titoli e copy principali e il Libre Caslon Text per didascalie e scritte di minore rilevanza.

Il Bricolage Grotesque è un sans-serif ad assi variabili, leggibile e pulito, che si ispira ai grandi classici ma con un tocco più dinamico e accattivante. Le sue componenti ink-trap conferiscono curve chiare e semplici, pur mantenendo una certa originalità. Questo font aggiunge un carattere fresco e personale al testo, rispondendo bene alle esigenze di leggibilità, un punto cardine del progetto. La sua versatilità è evidente grazie ai molteplici pesi disponibili e alle variabili libere, che consentono di creare gerarchie visive e enfatizzare parole o concetti specifici. Appartenente a una famiglia di font moderna, in crescita e ampiamente adottata su piattaforme popolari tra i giovani (ad esempio TikTok, Satispay, ecc...) il Bricolage Grotesque risulta familiare e apprezzato.

Il Libre Caslon Text invece è un font serif, in grado di creare un contrasto visivo armonioso con il Bricolage Grotesque. In particolare, la sua variante Italic richiama i caratteri tipici utilizzati nei libri di testo per scrivere formule, un elemento fondamentale per gli studenti. Questa caratteristica consente di evidenziare immediatamente, all'interno dei visual, relazioni tra componenti e focus concettuali al di fuori dello storytelling.

Nell'ottica di definire delle gerarchie di utilizzo, il Bricolage Grotesque deve essere utilizzato esclusivamente per i copy informativi o narrativi, nonché per i titoli di slide o capitoli. Non è adatto per date, numerazioni, formule, indicazioni di pagina o didascalie minori. Negli elaborati si possono utilizzare più dimensioni combinate con diversi pesi anche se è sempre meglio scegliere meno alternative possibili, definendo delle gerarchie: ad esempio, per i titoli è preferibile utilizzare pesi superiori al Regular per mantenere un carattere distintivo di grande impatto visivo. Bisogna inoltre lasciare sempre la variabile della larghezza del font al massimo, senza mai comprimerlo.

Il Libre Caslon Text, invece, è destinato a tutte le funzioni non adatte al Bricolage Grotesque, come formule, variabili nei grafici, notazioni scientifiche, date, orari, numeri di slide o pagine. Può anche essere usato per didascalie descrittive di immagini, per indicare l'origine di citazioni o artefatti, o per citare collaboratori e autori. Il peso del Libre Caslon Text dovrebbe rimanere uniforme, con l'eccezione di variazioni tra Italic e non Italic, al di fuori delle notazioni scientifiche o matematiche che devono mantenere la versione Italic.

9.81

*m/s<sup>2</sup>*

**Bricolage Grotesque**  
**Bricolage Grotesque**  
**Bricolage Grotesque**  
**Bricolage Grotesque**  
**Bricolage Grotesque**  
**Bricolage Grotesque**  
**Bricolage Grotesque**

*Bricolage Grotesque  
diversi pesi  
e diverse variabili*

*Libre Caslon Bold Italic*

**Libre Caslon Bold**

**Libre Caslon Semibold**

*Libre Caslon Medium Italic*

**Libre Caslon Medium**

*Libre Caslon Italic*

**Libre Caslon Regular**

# Immagini e illustrazioni

Nel progetto vengono implementate sia immagini fotorealistiche che illustrazioni astratte, semplici ed esplicative, ognuna con uno scopo ben diverso al fine di arrivare ad una buona sinergia di tutti gli elementi.

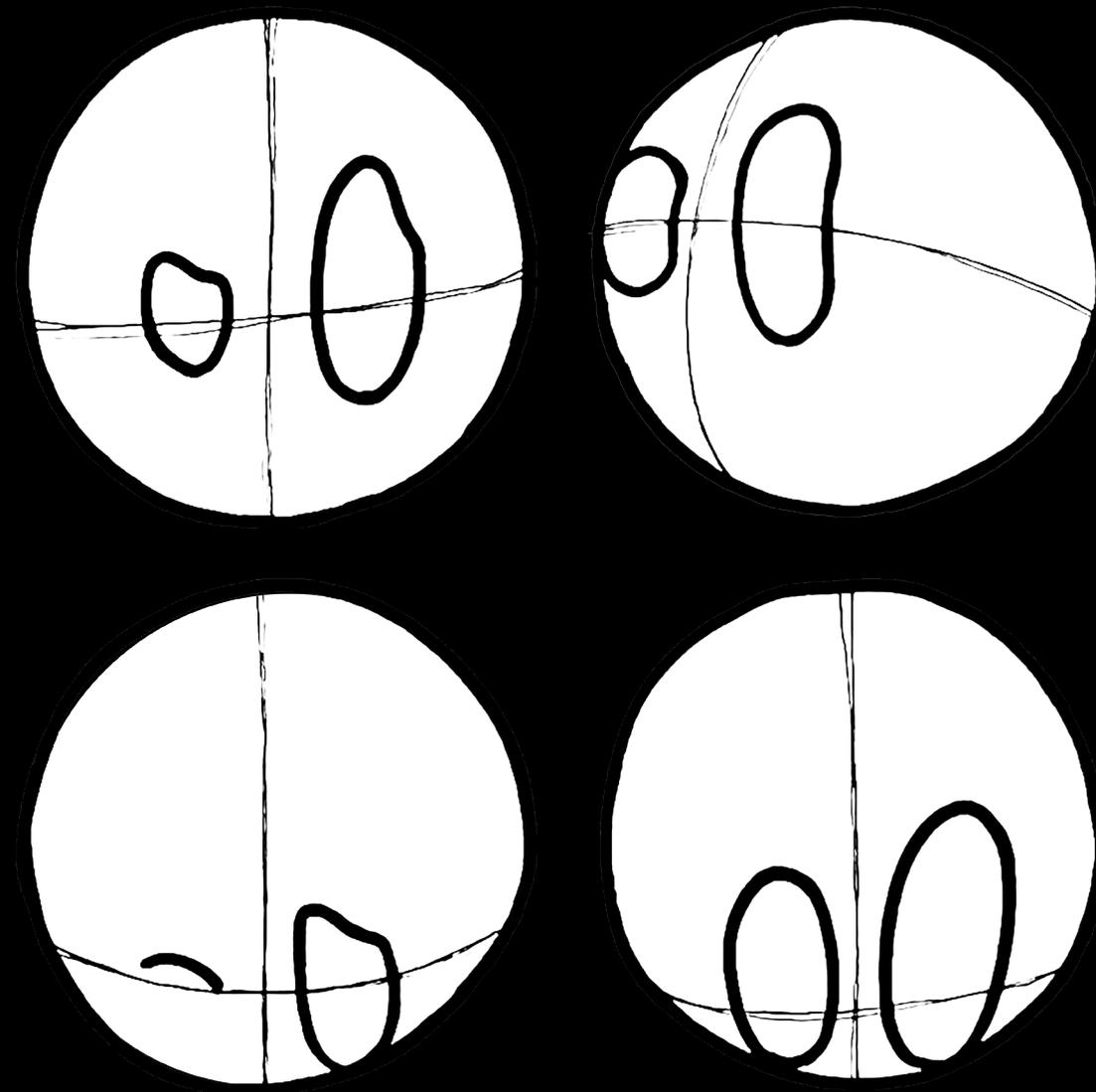
Le immagini fotorealistiche sono impiegate principalmente per rappresentare corpi celesti ed elementi dello spazio, assieme agli scienziati protagonisti della relatività generale e degli studi sulla gravità (Newton e Einstein). Questo approccio mira a creare un legame tra ciò che viene mostrato a schermo (che, per diversi motivi, nel caso dei corpi celesti non è mai completamente realistico, soprattutto considerando che molti elementi non sono direttamente fotografabili) e la realtà, per quanto limitata possa essere questa connessione. L'obiettivo non è sostituire la realtà con tecniche illustrative, ma arricchirla visivamente per veicolare messaggi più significativi agli studenti. Ad esempio, l'utilizzo di immagini autentiche come quelle della Terra o di Marte, anziché rappresentazioni generiche o disegni, consente di rendere più accessibili concetti teorici, come quelli gravitazionali, poiché il riferimento visivo a corpi celesti familiari rende l'esercizio mentale e la teoria più comprensibili e concreti.

Le illustrazioni costituiscono l'altra componente fondamentale del progetto. Grazie a uno studio accurato e a una composizione attenta, esse veicolano messaggi complessi attraverso forme e linee essenziali. Queste illustrazioni compongono disegni, scene e grafici, che vengono integrate con le immagini fotorealistiche per arricchire la scena e potenziare lo storytelling delle spiegazioni fisiche. Si rivelano uno strumento potente per rappresentare concetti astratti, spesso legati a corpi fisici, e per favorire la memorizzazione, soprattutto se risultano coinvolgenti per gli studenti.

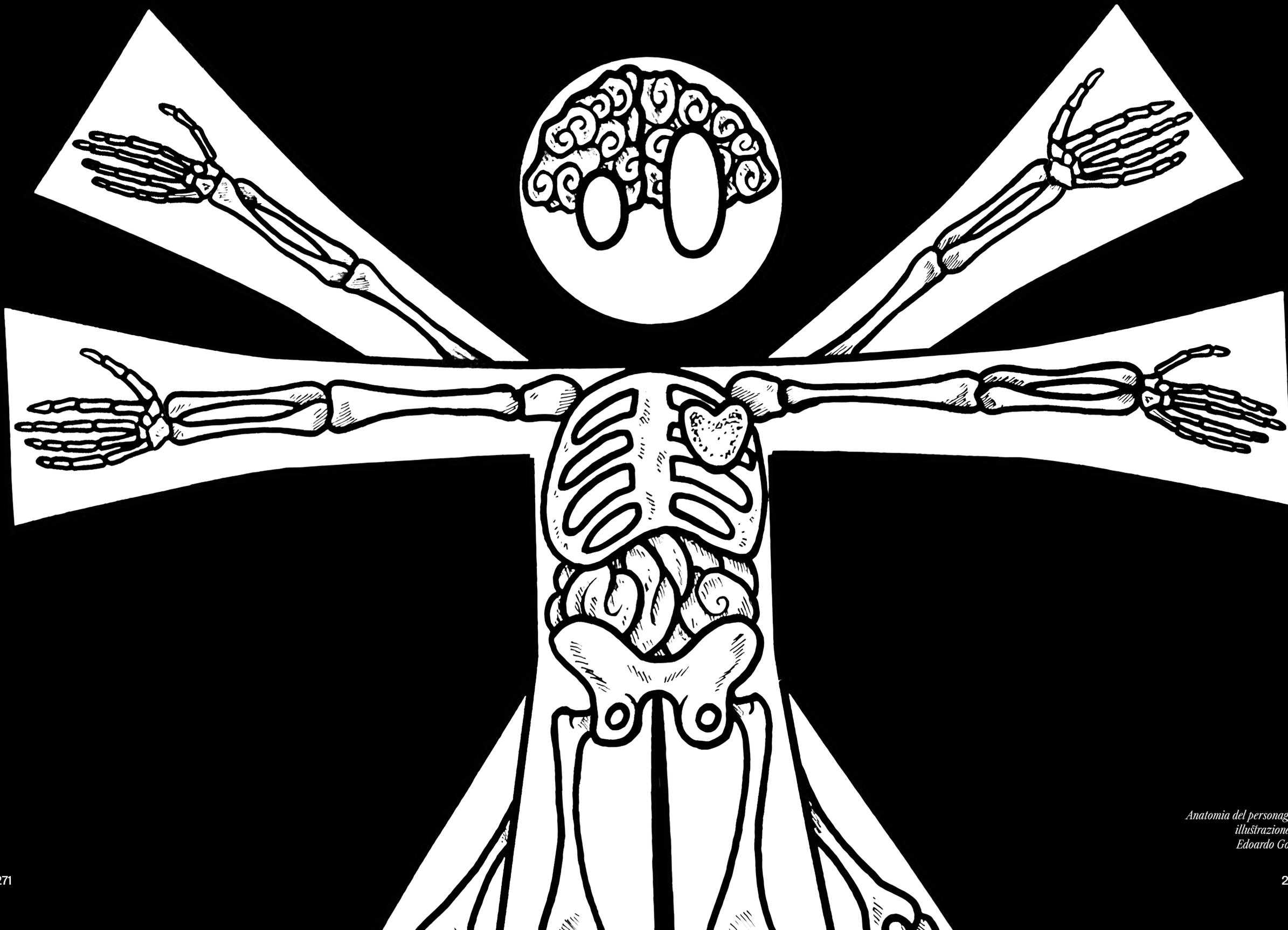
Seguendo la parola chiave "coinvolgente," è stato progettato un personaggio studiato per far ritrovare lo studente nella sua figura, particolarmente utile durante la presentazione, uno dei touchpoint principali, dove si ipotizzano scenari narrativi che coinvolgono gli studenti. La figura è stata progettata con un design neutrale, privo di sesso e di caratteristiche riconducibili a stigma o pregiudizi, per rappresentare tutti e nessuno allo stesso tempo. Nonostante la sua semplicità, il personaggio risulta molto espressivo, grazie ai suoi grandi occhi, che gli conferiscono un aspetto comunicativo ed empatico. Questo personaggio, insieme ad altri elementi grafici creati (come la mela, l'orologio, ecc.), ha il potenziale per diventare una delle icone del progetto, una fonte di affezione e base per future

strutture grafiche. Sia le illustrazioni che il personaggio sono realizzati in bianco e nero: Le illustrazioni sono state fatte sia in 2D, che in 3D con un'apparenza bidimensionale, e si compongono principalmente di linee bianche che delineano onde, oggetti e funzioni dinamiche, arricchendo

visivamente scene più o meno astratte. Il personaggio, invece, è rappresentato con un corpo bianco e un contorno nero che evidenzia e distingue le diverse parti del corpo in movimento, garantendo una chiara leggibilità delle sue azioni.



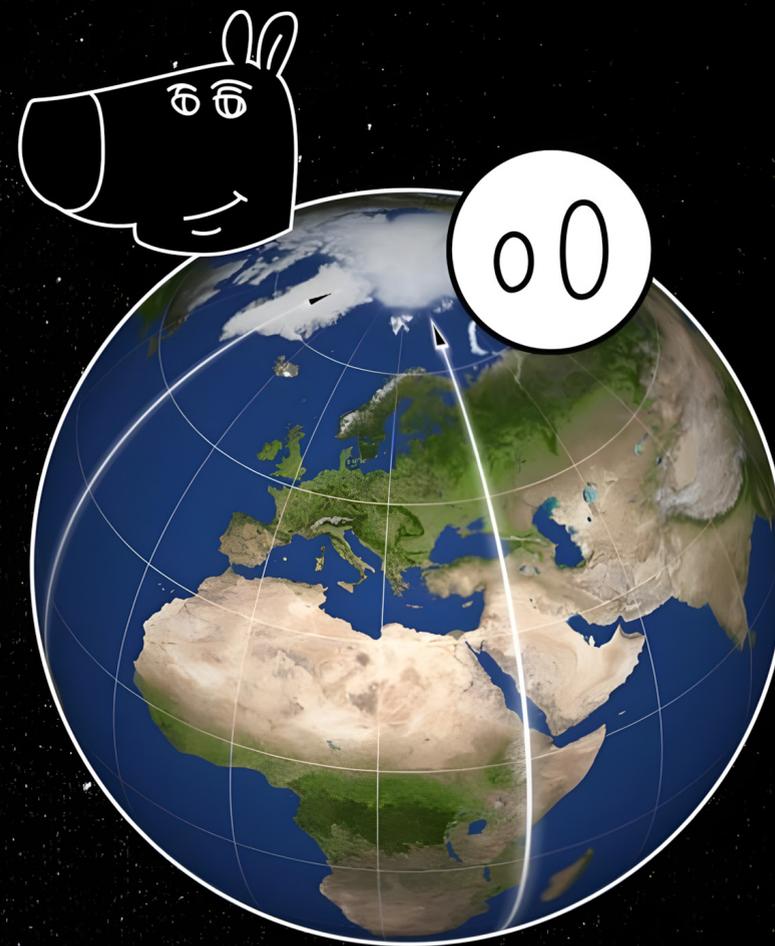
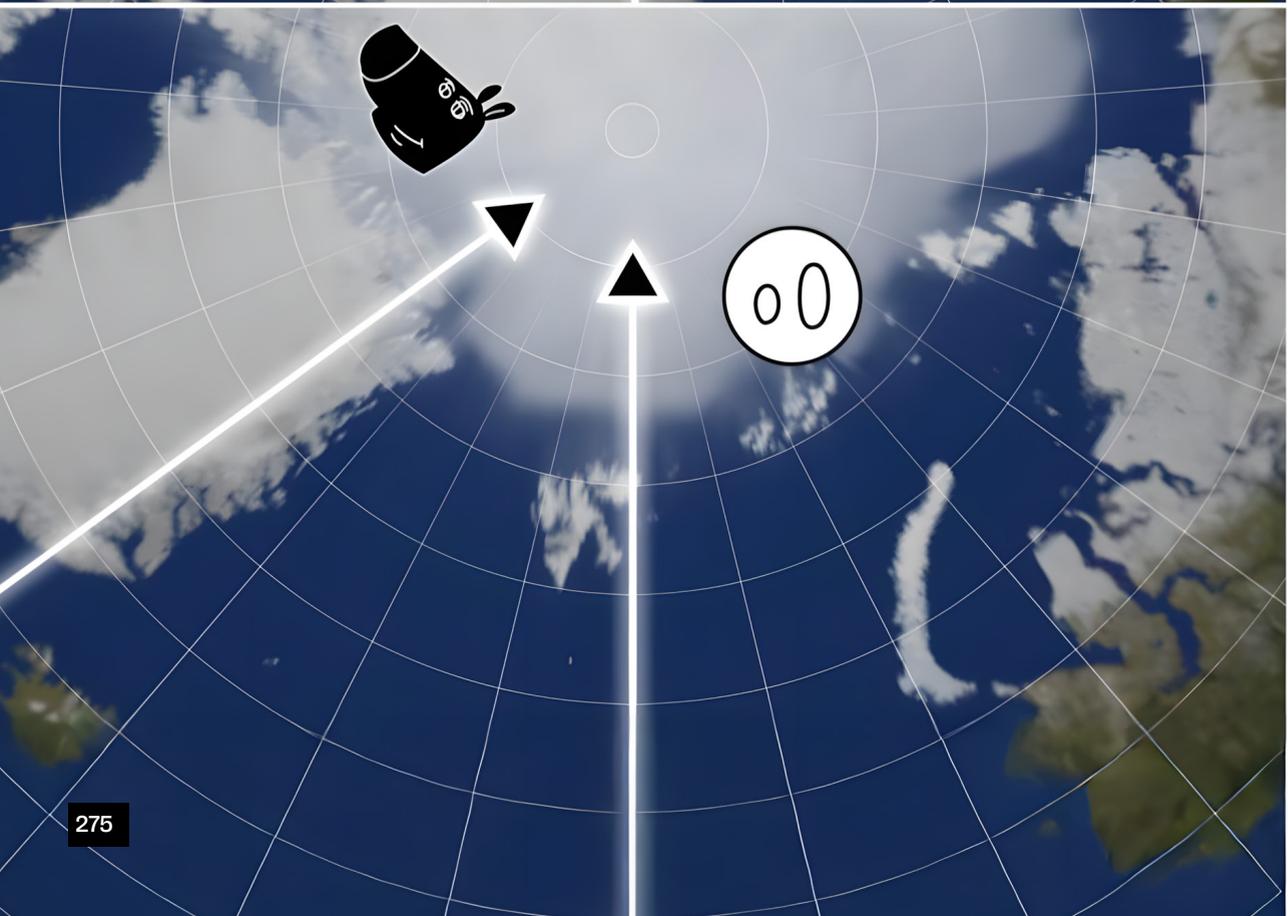
Sketch della faccia del personaggio

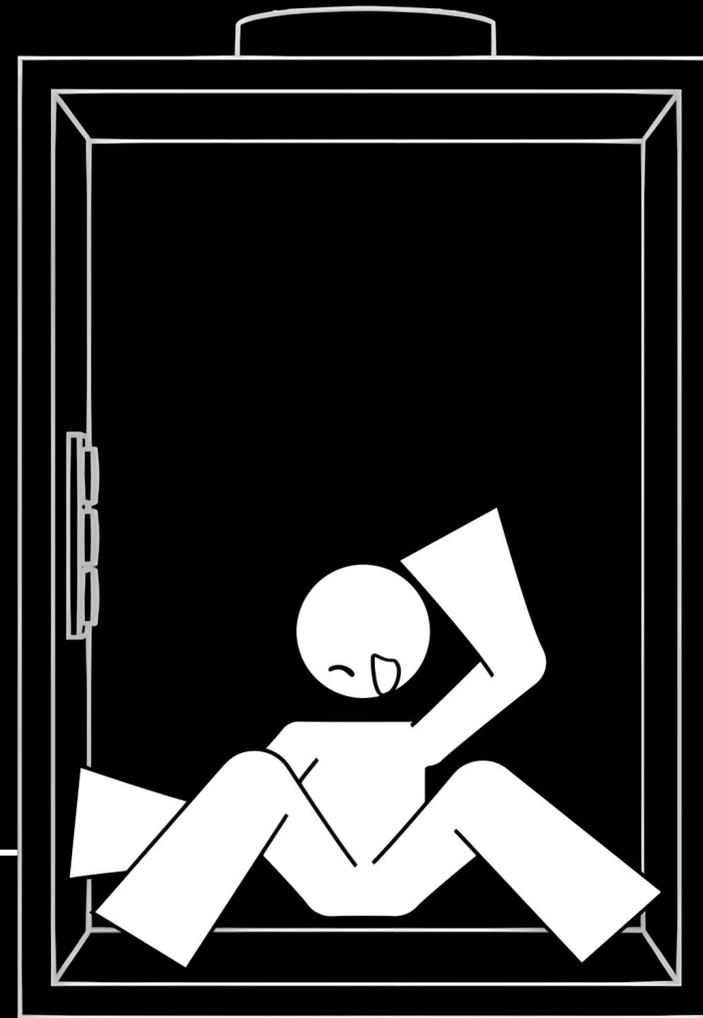
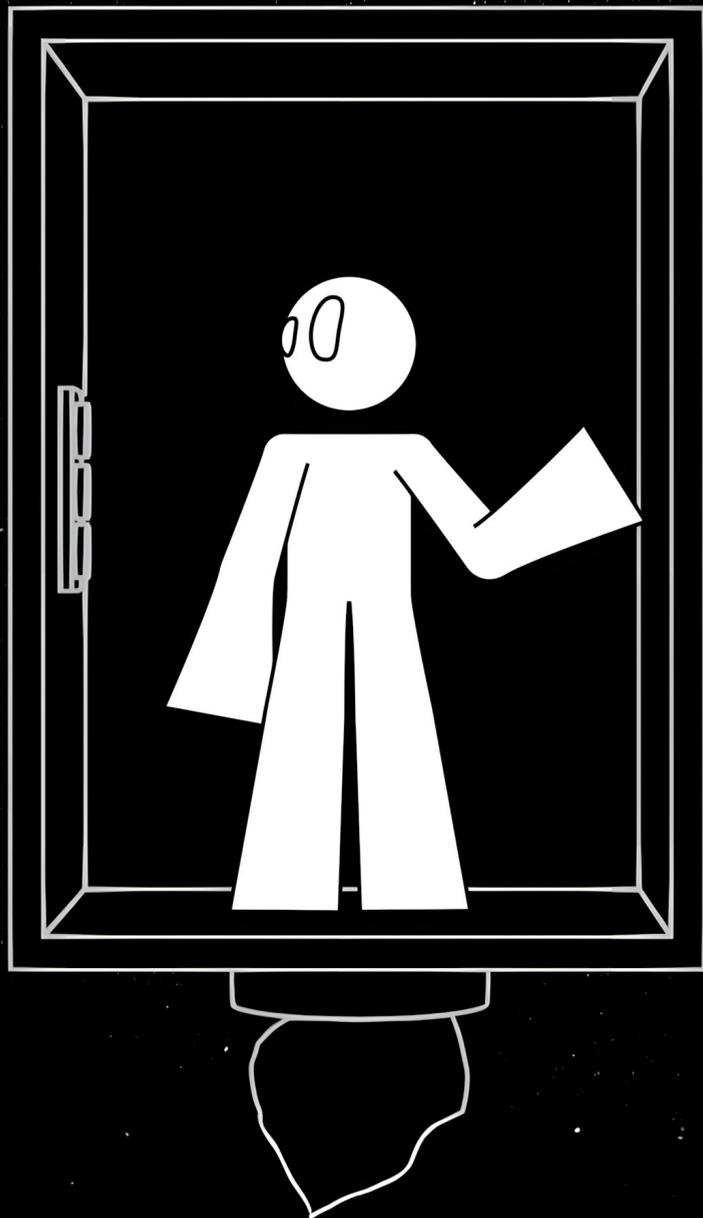


*Anatomia del personaggio  
illustrazione di  
Edoardo Golia*



*Newton e Einstein  
in un visual*





*Illustrazione con i personaggi  
in un visual*

# La presentazione

Creazione di un organizzatore anticipato (strumento didattico studiato durante il processo di ricerca) progettato in conformità con le linee guida 1, 4, 5 e 6. Il supporto consiste in una presentazione arricchita da immagini statiche e animate, progettate ispirandosi ai metodi divulgativi, accompagnata da uno script (una serie di indicazioni, istruzioni e consigli) per uso efficace dello storytelling da parte del docente. Verrà presentata le prime 2 ore dedicate alla spiegazione della relatività generale.

La presentazione è priva di contenuti matematici ed è progettata per suscitare interesse e sottolineare le connessioni tra l'argomento trattato e la vita nonché i significati degli studenti, rispettando le indicazioni specifiche riportate nelle corrispondenti linee guida.

Da questa presentazione potranno poi essere estratte e arricchite delle specifiche slide o gruppo di slide al bisogno, a seconda delle richieste del professore durante le lezioni successive

La presentazione è stata il touchpoint più curato in assoluto per diversi motivi. Innanzitutto, poteva essere implementata immediatamente al momento giusto, con la possibilità di ricevere feedback prima della conclusione del percorso di tesi, poiché l'introduzione all'argomento nel programma didattico coincide con i tempi di completamento della presentazione.

Un altro motivo è che la presentazione è il touchpoint con più espressione a livello visivo: consente di visualizzare l'identità visiva della tesi ed è quindi fondamentale per valutare e valorizzare le linee guida visive stipulate. In questo senso, la presentazione può fungere da miglior touchpoint di collaudo sotto molti punti di vista.

Infine, è sicuramente il touchpoint che richiede maggiori attenzioni da parte del progettista, mentre gli altri, pur necessitando di un intervento, richiedono un focus minore e dipendono molto di più dai contenuti che il professore intende veicolare, non solo nel modo, ma soprattutto nei tempi. Questo ha portato a incompatibilità con la produzione effettiva degli altri touchpoint, poiché, a causa di intrecci temporali, mancavano le materie prime per la loro realizzazione. Nonostante ciò, tutti i supporti sono stati curati e progettati con l'ottica di poter essere realizzati e implementati in futuro.

La presentazione, come già detto, funge da organizzatore anticipato, un concetto della teoria degli Organizzatori Avanzati di David Ausubel (trattato nel capitolo "La didattica scientifica" della ricerca) e, pertanto, rispetta alcune caratteristiche specifiche. Prima di tutto, essendo un'introduzione all'argomento, ha il compito di presentarlo gradualmente attraverso concetti e collegamenti che gli studenti possono facilmente riconoscere e che possono essere per loro significativi. Questi elementi vengono enfatizzati per offrire un solido supporto alla comprensione della teoria successiva, posizionando la presentazione nella testa degli studenti, come un supporto ben consolidato che può fungere da base mnemonica per potenziare la comprensione di altri concetti che ne derivano. Un altro aspetto essenziale è il legame con gli argomenti già affrontati, a cui è dedicato l'intero primo capitolo della presentazione, con l'obiettivo di valorizzare le conoscenze pregresse degli studenti.

Infine, una caratteristica intrinseca dell'organizzatore anticipato è quella di essere più una "preview" dell'argomento che un percorso didattico completo e autonomo: per questo motivo, la presentazione copre diversi temi in modo volutamente "superficiale" (lasciando la profondità teorica al professore, che è comunque informato sullo scopo della presentazione) ed evitando approfondimenti matematici. Questa introduzione si inserisce nel percorso di valorizzazione delle conoscenze precedenti e aiuta gli studenti a inquadrare ciò che stanno per studiare. Presentando l'argomento in modo coinvolgente e significativo, si evita un impatto spiazzante e si favorisce una motivazione autentica allo studio.

# Le scelte progettuali

Durante la realizzazione della presentazione sono state fatte diverse scelte progettuali basate sui bisogni degli studenti e del professore, raccolti e analizzati. Queste scelte rispettano quindi le linee guida e, attraverso un'eterogeneità di slide, le traducono in applicazioni concrete.

## Slide di stacco

Sono le prime slide di ogni capitolo e sanciscono la divisione in capitoli. La loro funzione, così come la motivazione principale della suddivisione in capitoli, è creare momenti di stacco e "depressurizzazione" tra un capitolo e l'altro, presentando un copy informale che cerca di strappare una risata o incuriosire sugli argomenti successivi. Questi momenti sono più pause mentali che fisiche o temporali: il professore non è obbligato a interrompere la spiegazione a ogni inizio capitolo, ma permettono comunque agli studenti di tirare un respiro. Inoltre, come evidenziato nella ricerca, questa suddivisione aiuta a mantenere una buona concatenazione logica degli argomenti, rendendo il discorso più fluido e meno pesante da seguire. Un'ulteriore funzione secondaria di queste slide è offrire, all'inizio del capitolo, una preview dello stesso, anche attraverso domande o constatazioni più "esistenziali" e rivelazioni comuni a tutti gli studenti, con l'obiettivo di creare curiosità e stimolare la voglia di capire il funzionamento di determinati fenomeni. Anche visivamente si distinguono, con un titolo colorato e animato che si posiziona in una gerarchia superiore rispetto agli altri testi con la stessa dimensione. Queste slide corrispondono, ad esempio, alla 1-1, 2-1, 3-1, 4-1.

## Dare voce e anticipare i dubbi degli studenti

Ci sono alcune slide che sono "dalla parte dello studente", con la funzione di esprimere ad alta voce eventuali domande e dubbi che lo studente potrebbe avere dopo una spiegazione. In questo modo, danno voce alle difficoltà degli studenti, accogliendole e trattandole a livello collettivo, facendo sentire lo studente più compreso dal progetto e aumentando il riconoscimento e il valore che può attribuirgli.

Queste slide possono essere più didascaliche, affrontando in modo diretto dubbi concreti sull'argomento, oppure più scherzose, immedesimandosi nella poca voglia dello studente di mettersi in gioco o nella difficoltà di approcciarsi all'argomento: queste empatizzano con i suoi interrogativi, rendendo l'esposizione meno pesante e noiosa. Questo consente anche al professore di giustificare l'impegno richiesto agli studenti, spiegando perché un determinato concetto è importante o anche solo perché potrebbe interessargli. In questo modo, si favorisce la trasmissione di conoscenze significative e si aumenta l'affezione dello studente al progetto.

Queste slide sono composte da domande, retoriche o reali, come: "Ma chi glielo ha fatto fare ad Einstein...?", "C'era davvero bisogno di una teoria così complessa?" oppure "Se i campi gravitazionali non esistono, come fa \*evento\* ad accadere...?".

Il tone of voice dell'intero progetto riflette un po' questa filosofia di essere "dalla parte dello studente", risultando semplice, fresco, auto-ironico e comprensivo delle difficoltà e della frustrazione che può derivare dall'apprendere qualcosa di nuovo e complesso.

Queste slide "dalla parte degli studenti" corrispondono, ad esempio, alla 1-10, 2-8, 3-2, 4-2.

## Comunicare la figura dello scienziato

Nel bisogno analizzato degli studenti di percepire lo scienziato come una figura umana, in cui riflettersi e da stimare, non noiosa e boriosa, deriva un approccio al racconto dello scienziato e delle sue azioni che lo vede da una parte come un punto di riferimento, una persona che ha compiuto cose straordinarie, interessanti e affascinanti, ma dall'altra anche come un umano, una persona che è stata giovane, che ha dei difetti e che, nonostante la sua fama incredibile, ha avuto delle lacune. È quindi importante cercare rappresentazioni visive di scienziati giovani, piuttosto che vecchi, che prendano parte alle slide in modo dinamico e non statico, senza essere messi semplicemente lì per presentare la loro figura, dando per scontato che gli studenti la apprezzino.

Parte di questo processo di umanizzazione dello scienziato è svolto anche dalle slide citate prima, che danno voce ai dubbi degli studenti. È infatti emerso più volte, durante le interviste, il tema dello studente che si chiede "Ma chi gliel'ha fatto fare a \*scienziato\* di...?", e questo succede proprio perché non esiste una narrazione vicina agli studenti e per loro significativa dello scienziato. In queste slide si cerca di colmare questa lacuna, mettendo letteralmente in gioco in modo innovativo la figura dello scienziato, partendo proprio da domande lette per lo studente, come quella appena citata, per fornire un quadro più stimolante.

Viene anche incoraggiato il professore, nelle istruzioni fornite, a raccontare (compatibilmente con le sue conoscenze) aneddoti sulla vita degli scienziati e sul loro operato. Alcune slide suggeriscono inoltre degli insight precisi che possono essere condivisi per veicolare conoscenze interessanti che lo studente può associare allo scienziato, aumentando la stima verso questa figura storica e facendola percepire come più vicina a loro.

Queste slide corrispondono, ad esempio, alla 1-5, 1-9, 2-2, 4-6.

## Interazioni ed esperienza

Alcune slide (indicate nello script, che fornisce indicazioni su come gestirle quando compaiono) sono pensate per consentire al professore di creare situazioni di interazione con la classe su vari livelli. Si parte da un'enfasi vocale maggiore, fino a un coinvolgimento continuo e mirato, per mantenere alta l'attenzione degli studenti. L'obiettivo è promuovere il più possibile l'interazione, rispondendo al bisogno degli studenti di essere attivamente coinvolti, piuttosto che rimanere passivi durante la lezione.

Alcune slide presentano esempi didattici in cui, ad esempio, il professore seleziona alcuni studenti e li fa immedesimare in un personaggio a schermo, facendoli "intraprendere un viaggio" che fornisce il contesto per spiegare il concetto sottostante. Questo accade soprattutto nel secondo capitolo, con l'esempio degli ascensori che verrà ripreso per tutta la presentazione. Questa modalità risponde anche all'esigenza degli studenti di avere momenti di lezione più leggeri, obiettivo raggiunto anche grazie alla natura della presentazione, caratterizzata da animazioni coinvolgenti e visivamente accattivanti, in contrasto con grafici grigi e privi di vivacità.

Nel progetto di tesi, come verrà approfondito successivamente, uno degli obiettivi consiste nel progettare esperienze da realizzare in classe insieme al professore. In questo contesto, la presentazione è compatibile con le esperienze proposte, in quanto esse possono essere fruiti in alcuni momenti della lezione, oppure nelle lezioni successive collegandosi a quanto visto nella presentazione. Inoltre, grazie ai suoi livelli di interazione con la classe, la presentazione stessa può essere considerata un'esperienza a sé stante. Le slide in questione sono, ad esempio, la 2-3, 2-4, 2-5 e 3-5.

## L'estetica e i grafici

Nel progettare le slide, si è prestata particolare attenzione alla sinergia tra estetica e funzionalità, piuttosto che concentrarsi solo su uno di questi aspetti. Questo perché, come emerso dall'analisi dei casi studio, l'estetica è spesso sottovalutata nei supporti didattici e istituzionali, portando a un linguaggio visivo poco stimolante e non in linea con le esigenze di fruizione del target. Nelle slide, il virtuosismo estetico è ricercato all'interno di un linguaggio comune che, pur mantenendo coerenza, permette ad alcuni contenuti di spiccare, rafforzando l'identità visiva del progetto e aiutando gli studenti a percepirlo come attuale e vicino alle loro esigenze. Le slide in questione sono, ad esempio, la 1-6, 1-8, 3-9.

Un elemento grafico particolarmente presente nel terzo capitolo della presentazione sono i grafici, già approfonditi nel capitolo della tesi dedicato alla comunicazione della fisica complessa e trattati in linea con le conclusioni emerse in quella sezione. Per valorizzarli e renderli uno strumento di comprensione stimolante, anziché un ulteriore enigma visivo da decifrare, sono stati sviluppati seguendo le linee guida estetiche e visive del progetto. Inoltre, sono stati introdotti gradualmente, con slide dedicate anche solo a spiegare il loro funzionamento e le relazioni che mettono in evidenza. Le potenzialità dell'animazione sono state sfruttate per rendere i grafici più significativi e utili, permettendo di utilizzarli come strumenti di comprensione anche per visualizzazioni via via più complesse. Le slide con i grafici sono, ad esempio, la 3-5, 3-7, 3-8, 4-3.

## Gli insight significativi e lo storytelling

Lo storytelling sostiene gran parte dell'apparato visivo: senza un'attenzione specifica su di esso, l'effetto desiderato e auspicato per la presentazione non potrebbe essere raggiunto in alcun modo. Questo va oltre la semplice assunzione che il professore debba essere lì a spiegare gli argomenti mostrati: è stato infatti studiato un vero e proprio impianto narrativo, comunicato al professore tramite lo script della presentazione, ricco di istruzioni espositive. Questo arricchisce la presentazione, la rende significativa e ne completa l'intento didattico-divulgativo, fungendo da veicolo per trasmettere agli studenti conoscenze per loro importanti, interessanti e significative. L'obiettivo, come citato anche nello script, è sia far sentire lo studente fiero delle conoscenze acquisite, motivandolo a condividerle con gli altri, sia permette anche al professore di valorizzare il rapporto umano con gli studenti, rendendolo fruttuoso in termini di apprendimento. Inoltre, lo storytelling è anche un mezzo per creare esperienze: vengono fornite indicazioni precise su quando e come interagire con gli alunni, studiando un percorso che favorisca il coinvolgimento.

Parte integrante di questo atto di storytelling sono proprio gli insight stessi, veicolati dal professore e suggeriti da alcune slide, che introducono aspetti interessanti, come le anomalie temporali o la storia di Nettuno, e fungono da scivolo per il docente nell'affrontare questi argomenti. Questi insight sono fondamentali per entrare in contatto con la vita degli studenti (un'azione essenziale per una buona didattica) e permettono di costruire quelle conoscenze di cui poi essere fieri.

Le slide in questione sono, ad esempio, la 1-4, 3-3, 3-11 e 4-2.

Un ultimo elemento centrale in alcune slide e in diversi esempi è la presenza dei personaggi. Questi non sono casuali, ma studiati (come già visto nel capitolo sull'identità visiva) per essere riconoscibili dagli studenti, evitando il più possibile qualsiasi forma di esclusione.

Oltre al personaggio principale, compare sporadicamente un secondo personaggio ispirato a un meme molto noto al target: il "chill guy", che funge da figura secondaria quando necessario, aiutando gli studenti a identificarsi nella rappresentazione e rendendo la presentazione più vicina a loro.

Infine, come già accennato, compaiono occasionalmente scienziati che interagiscono nelle slide in modo coerente con il significato della loro figura o delle loro scoperte, come nel caso del passaggio di testimone tra Newton ed Einstein.

Le slide in questione sono, ad esempio, la 1-9, 2-2, 3-10 e 4-6.

# Griglie e replicabilità

Il tema della replicabilità e riutilizzabilità delle slide è stato affrontato su più livelli, rendendo il progetto adattabile in alcuni aspetti e meno in altri. Innanzitutto, la presentazione e lo script costituiscono un insieme autonomo, che può funzionare da solo se interpretato correttamente, ovvero come un'introduzione con uno scopo preciso, finalizzata sempre a presentare il tema della relatività generale.

Se invece si considera la replicabilità come la possibilità di riutilizzare la struttura delle slide con animazioni e contenuti diversi, sono state create delle slide-scheletro con griglie che delimitano gli spazi dedicati agli elementi fissi e specifici. A seconda del layout, queste griglie presentano piccole variazioni. Questo approccio consente di adattare il progetto a un argomento diverso dalla relatività, ma richiede la supervisione di un collega progettista grafico in grado di progettare animazioni e fare scelte coerenti con le linee guida e la struttura proposta.

Diverso è il discorso per gli altri touchpoint che, a differenza della presentazione, possono funzionare autonomamente una volta compresi e supportati da istruzioni precise, criteri chiari per la selezione dei contenuti, regole di organizzazione e le necessarie premesse operative.

Le griglie progettate si dividono in 2 categorie:

Slide testuali  
Slide a contenuto singolo o doppio

Ognuna di queste categorie condivide alcuni elementi fissi. Il primo aspetto comune a tutte le slide è la dimensione (1920x1080 px) e i margini uniformi di 80 px su tutti i lati. Inoltre, ogni slide adotta lo stesso layout di griglia, riportato nella pagina seguente.

Un altro elemento comune a tutte le slide è la posizione del numero della slide, collocato nell'angolo in alto a destra, all'interno dei margini. In linea con i criteri dell'identità visiva, questi numeri sono scritti in Libre Caslon Regular, dimensione 27,73 pt.

Le slide testuali contengono esclusivamente contenuti testuali. Il copy principale è scritto in Bricolage Grotesque, dimensione 73,58 pt, peso 400 e dimensione ottica 80, sempre allineato a sinistra a partire dall'alto e non sillabato. Per evidenziare parole chiave e creare gerarchia, può essere impostato in Extrabold 96, mentre il titolo rimane sempre di dimensione 190pt con peso 600 e dimensione ottica 96 (anch'esso allineato sempre a sinistra partendo dall'alto e non sillabato).

La caption, come i numeri delle slide, è scritta in Libre Caslon Text Italic, mantenendo una dimensione fissa di 27,73 pt (anch'essa come gli altri testi è allineata a sinistra non sillabata). È importante fare attenzione a non far sovrapporre il testo del titolo con lo spazio in rosso dedicato al numero della slide che deve rimanere sempre visibile.

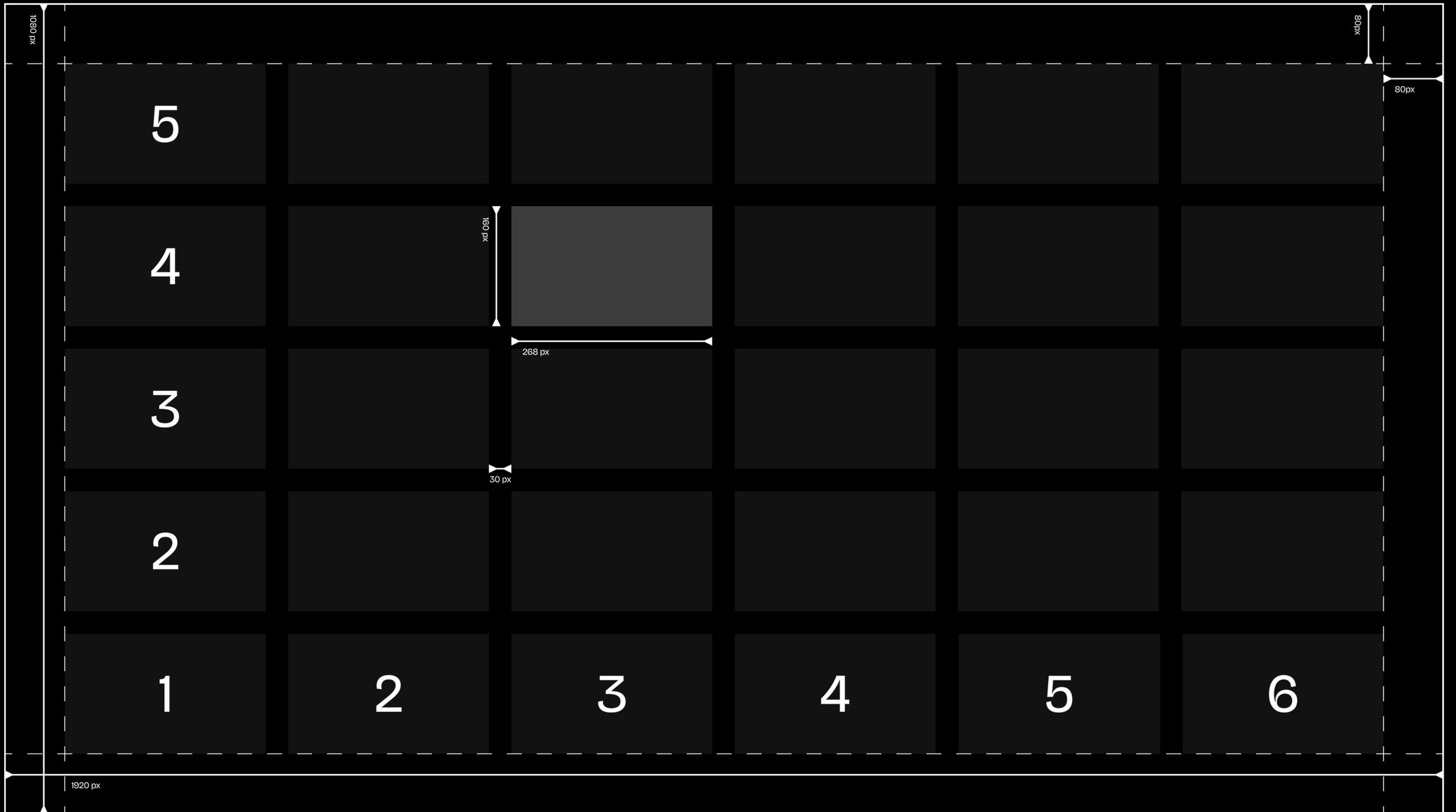
Queste slide si suddividono in due varianti, a seconda della lunghezza del titolo e del numero di righe che occupa:



Layout con titolo di 2 o 3 righe (nell'esempio riportato con 3), seguito da un copy di massimo 4 righe. Può inoltre includere una caption in basso a sinistra, la cui lunghezza è libera purché rimanga su una sola riga, senza andare a capo.



Layout con titolo di 4 righe, seguito da un copy di massimo 2 righe. Non permette la presenza di una caption.



*Griglia applicata  
a tutte le slide*



# Titolo principale o frase/domanda che spiega l'argomento con una riga in più

635 px  
4 righe

Non sovrapporre il testo al numero

50 px

1-1

85 px

dimensione 190pt  
peso 600  
dimensione ottica 96

1760 px (max)

120 px  
max 2 righe

Copy di chiarimento più breve utile a specificare o ad incuriosire gli studenti

dimensione 73,58 pt  
peso 400  
dimensione ottica 80

1460 px (max)

Layout con titolo di 4 righe

# Le geodetiche e lo spazio-tempo curvo

3 - 1

Come capire la gravità e le **geodetiche** ci permette di usare **Netflix** e **Google Maps**

# Noi andiamo sempre dritti, è lo spazio-tempo che curva!

3 - 2

Ma che fatica... c'era davvero bisogno di una teoria così complessa?

Le slide a contenuto singolo o doppio invece costituiscono la maggior parte della presentazione e sono caratterizzate principalmente da un'animazione centrale, che può occupare una parte o l'intero schermo, promuovendo sempre un equilibrio visivo tra il soggetto della slide e il copy.

Il copy è scritto in Bricolage Grotesque, dimensione 73,58 pt, peso 400 e dimensione ottica 80. Per evidenziare parole chiave e creare gerarchia, può essere impostato in Extrabold 96. È sempre posizionato in alto a sinistra (allineato a sinistra, non sillabato) e varia da un minimo di 2 a un massimo di 4 righe. Per garantire la massima leggibilità, soprattutto su contenuti luminosi o bianchi spesso presenti nelle animazioni, viene contornato da una traccia nera di 5 pt e arricchito da un'ombra in offset di 4 px in basso e 4 px a destra, opaca al 100% e con blur a 20.

In basso a sinistra può essere presente una caption, scritta in Libre Caslon Text Italic (non modificabile), con dimensione 27,73 pt e una lunghezza libera, fino a un massimo di 2 righe (allineata a sinistra, non sillabata). Anche alla caption viene applicata una traccia nera di 3 pt e la stessa ombra del copy principale per garantire la leggibilità.

In basso a destra, a volte compare un ulteriore elemento: un gradiente con una descrizione sottostante, che compare quando nell'animazione vengono utilizzati gradienti per veicolare un messaggio, fungendo così da legenda. Questo elemento è circondato da un bordo nero e dalla stessa ombra del copy, mentre la descrizione è scritta in Libre Caslon Text Italic, posizionata sotto al gradiente, con dimensione 27,73 pt, una lunghezza massima di 2 righe, allineata al centro, non sillabata e con una traccia di 3 pt e ombra per garantirne la leggibilità.

Queste slide si suddividono quindi in due varianti, a seconda dell'organizzazione dei contenuti a schermo:



Contenuto singolo protagonista (possono esserci anche più elementi a schermo, ma la visualizzazione rimane di una scena singola)



Doppio contenuto protagonista: può avere 2 scene contemporaneamente con 2 caption, una per ogni punto di vista, con le stesse medesime caratteristiche e gli stessi limiti. Gli altri elementi rimangono invariati

Copy breve che **descrive brevemente** quello che succede nella slide più un'eventuale riga aggiunta

dimensione 73,58 pt  
peso 400  
dimensione ottica 80

864 px (max)

Animazione con  
soggetto della slide  
senza confini definiti

*Caption che descrive la scena*

dimensione 27,73 pt

lunghezza libera



dimensione 27,73 pt

Layout di una slide  
a contenuto singolo

Copy breve che **descrive brevemente** quello che succede nella slide più un'eventuale riga aggiunta

dimensione 73,58 pt  
peso 400  
dimensione ottica 80

864 px (max)

Punto di vista 1

*Caption che descrive la scena*

dimensione 27,73 pt

lunghezza libera



Punto di vista 2



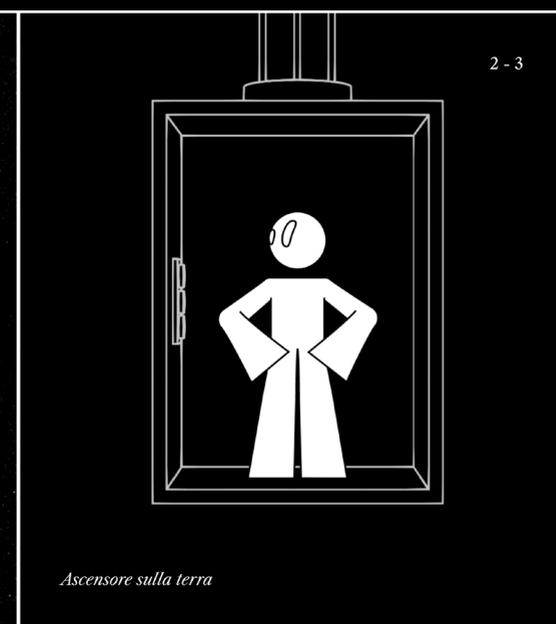
*Caption che descrive la scena*

dimensione 27,73 pt

80px lunghezza libera

*Descrizione con significato gradiente*

Layout di una slide a contenuto doppio



Esempi di slide a contenuto singolo

Esempi di slide a contenuto doppio

# Coinvolgimento sensoriale

Oltre al senso della vista, era stato previsto di coinvolgere gli studenti anche attraverso l'udito, integrando l'audio nelle animazioni, come indicato nelle linee guida. Tuttavia, a causa di vincoli temporali legati all'andamento del mio lavoro e alle esigenze del professore, questa aggiunta non è stata possibile.

Nonostante ciò, rimane una scelta progettuale pensata, auspicabile per eventuali versioni future. L'indicazione resta valida all'interno delle linee guida per la realizzazione della presentazione: il coinvolgimento è una delle parole chiave del progetto ed è sempre fondamentale ricercare modalità per ampliarlo.

La componente progettuale legata ai suoni è stata sviluppata in modo limitato, portando a risultati semplici nella loro formulazione e meritevoli di un ulteriore approfondimento. L'obiettivo era:

- ◆ Conferire matericità ai soggetti e agli oggetti presenti nei video attraverso il suono.
- ◆ Utilizzare suoni distorti e impattanti per enfatizzare la distorsione dello spazio-tempo o fenomeni estremi come i buchi neri.
- ◆ Impiegare un suono mimico per accentuare le espressioni degli occhi del personaggio.
- ◆ Sfruttare un suono bianco, un rumore vuoto, per dare spessore al contesto dello spazio.

# Script e istruzioni

Come già accennato, insieme alla presentazione, una parte fondamentale del supporto fornito è rappresentata dalle indicazioni per un buon storytelling, contenute nello script. Si tratta di un PDF di 17 pagine che fornisce istruzioni pratiche sull'utilizzo delle slide e suggerimenti per un'esposizione efficace dei contenuti, con l'obiettivo di creare la miglior sinergia possibile con la componente visiva, massimizzando la forza comunicativa e l'effetto progettato sull'intero touchpoint.

Lo script inizia con una serie di regole generali, con un focus sul portamento durante l'esposizione e sugli aspetti da tenere sotto controllo per evitare di compromettere l'efficacia della presentazione, come l'inserimento di troppa matematica o il mancato coinvolgimento della classe. Sono inclusi anche consigli per ottimizzare l'interazione con gli studenti e valorizzare gli insight suggeriti. Seguono indicazioni su come fruire al meglio della presentazione, come l'importanza di non suddividerla in parti e di evitare l'inserimento di esempi visivi esterni che potrebbero alterarne il ritmo e la logica progettata. Successivamente, il documento chiarisce la struttura dei commenti slide per slide e fornisce istruzioni sull'utilizzo di Figma, il software attraverso cui è stata realizzata la presentazione e da cui è possibile accedervi.

In ogni slide è possibile mettere in pausa il video premendo la barra spaziatrice, nel caso in cui il professore abbia bisogno di soffermarsi su un momento specifico. Inoltre, per garantire una visione chiara del contenuto video, è possibile nascondere scritte e legende semplicemente posizionando il mouse sul numero della slide in alto a destra, senza cliccare. Una volta rimosso il puntatore, le scritte e le legende riappariranno da sole. Infine, iniziano i commenti specifici per ogni slide che includono suggerimenti su come presentare ed esporre i contenuti, nonché spunti aggiuntivi su cosa trattare, pur lasciando al professore la libertà di sviluppare gli argomenti e interconnetterli secondo il proprio approccio. Particolarmente rilevanti sono le indicazioni sul coinvolgimento della classe, che evidenziano tecniche di interazione che il professore, non avendo una formazione in comunicazione visiva, potrebbe non conoscere a priori. Queste parti sono state appositamente evidenziate per consentire al docente di individuarle rapidamente e concentrarsi sugli elementi chiave durante l'esposizione.

Questo documento permette al professore di comprendere il senso di ogni slide, lo scopo generale della presentazione e di prepararsi al meglio per modellare i propri interventi in modo che siano dinamici e fruttuosi nel contesto della lezione.

# I risultati

Nelle pagine seguenti verrà presentato lo script consegnato al professore (escluse alcune parti minori, come le istruzioni d'uso già spiegate), accompagnato da uno screenshot di ogni slide della presentazione. Sotto ciascuna slide sarà riportato il commento corrispondente presente nello script, con messe in bold le parti più importanti dal punto di vista espositivo.

Per evitare incomprensioni, ribadisco che se le scritte visibili negli screenshot possono in alcuni casi compromettere la visualizzazione completa della slide, nella versione digitale è sufficiente posizionare il mouse sul numero della slide per farle scomparire.

Ricordo inoltre che il copy presente nelle slide è solo indicativo e contestualizzante: la vera spiegazione verrà fatta dal professore in aula ed il successo del touchpoint dipenderà dalla sinergia tra la sua spiegazione e il contenuto delle slide.

Per visualizzare la presentazione nella sua versione digitale, nella pagina seguente è disponibile un QR code che rimanda direttamente al contenuto.



Affinché la presentazione possa avere l'effetto desiderato, è fondamentale concentrarsi sia sul contenuto che sulla sua esposizione, per raggiungere la massima efficacia nel supportare l'apparato visivo, che, insieme allo storytelling, crea una sinergia essenziale per il buon funzionamento del progetto. Di seguito vengono presentate alcune regole generali da tenere a mente, per poi spiegare le slide una per una, illustrandone la funzione, il contenuto da trasmettere e offrendo consigli per un'esposizione efficace.

È ovviamente consentito al professore arricchire le slide con contenuti teorici e commenti pertinenti all'argomento che ritiene utili o necessari, con la possibilità di divagare, tenendo però sempre presente l'obiettivo di presentare l'intera lezione nel tempo a disposizione.

Si consiglia vivamente di non suddividere la presentazione in due parti o in due giornate diverse, a meno che non emerga un segno di difficoltà o stanchezza da parte degli studenti a causa del carico di concetti trattati: in tal caso, interrompere la lezione sarebbe una buona opzione per evitare di perdere completamente l'attenzione degli studenti, rendendo inutile l'intervento.

È altresì consigliato di non alternare la presentazione con altri supporti, sia per evitare eventuali "problemi tecnici", sia perché potrebbe compromettere la fluidità e la logica della scaletta progettata per la presentazione.

Per ogni slide segue una descrizione divisa in 2 parti, con una forma simile a questa:

(numero slide) - (spiegazione della slide e della sua funzionalità)

(consigli su come agire e su cosa dire e come quando si arriva a quella slide)

## **Enfasi**

Immaginarsi su un palcoscenico per mettere nella propria esposizione un'enfasi naturale e genuina, sia nella scelta delle parole, che nel tono e nell'approccio agli studenti, che parte dalla passione del professore per la materia e per la sua divulgazione.

## **Narrazione**

Prestare attenzione agli aspetti più narrativi, ponendosi nell'ottica di raccontare una storia, divagando anche su insight e narrazioni non strettamente teoriche e necessarie, ma propedeutiche alla trasmissione di nozioni trasversali, interessanti e significative per gli studenti. È sempre consigliato, anche se non esplicitato in ogni singola slide, arricchire la spiegazione con qualsiasi spunto, insight o storia che il professore ritenga interessante, stimolante o significativa per gli studenti. L'obiettivo è che gli studenti possano essere orgogliosi di raccontare o sapere ciò che apprendono.

## **No matematica**

Evitare di trattare la matematica come un argomento a sé stante. Parlarne solo quando viene presentata nelle slide, seguendo le modalità suggerite, affinché diventi uno strumento di comprensione e non un ostacolo.

## **Accessibilità**

Fare in modo di non dare mai nulla per scontato, per evitare di perdere l'attenzione degli studenti, che potrebbero avere bisogno di più tempo per recuperare concetti passati.

## **Interazione**

Cercare di interagire il più possibile con gli studenti durante la spiegazione, fare domande alla classe, avvicinarsi fisicamente, gesticolare e interagire con oggetti per aumentare l'efficacia espositiva di un concetto.

La prima parte spiega appunto che effetto si vuole ottenere con la slide, come questa si relaziona con le altre, quale è la sua funzione e quali sono i suoi tratti principali che non si dovrebbero ignorare per un corretto funzionamento della presentazione

La seconda parte contiene i consigli più pratici su come comportarsi in presenza della slide, sul tono da usare e sui contenuti da veicolare, in riferimento appunto alla sua funzione e alla sua utilità, per garantire un corretto funzionamento del visual e una buona sinergia tra essi e lo storytelling fatto dal professore.

**Parte 1:  
Introduzione e  
collegamenti con  
gli argomenti  
passati**

Capitolo che si concentra sui collegamenti con gli argomenti passati, facendo storytelling su come Newton abbia introdotto gli studi sulla gravità, di come questi studi abbiano funzionato molto bene per descrivere molti fenomeni, per poi passare alle sue lacune e concludere con il passaggio di testimone ad Einstein.

# Che cosa ci tiene attaccati a terra?

1 - 1

Un viaggio attraverso la relatività per capire cose assurde della nostra realtà come i **viaggi nel tempo** e l'esistenza dei **bodybuilder**

04 / 02 / 2025

**1-1**

Slide introduttiva che presenta l'argomento da affrontare attraverso una domanda semplice e un claim accattivante. L'obiettivo è stimolare il più ampio numero possibile di studenti, invitandoli a risolvere un quesito comune ma tutt'altro che banale. Questo approccio mira a sfidare i loro preconcetti, rendendo il contenuto memorabile.

È importante quindi che il professore **interagisca con la classe ponendo questa domanda e lasciando che gli studenti rispondano** in modo semplice, creando così un collegamento naturale con la slide successiva.

# La gravità!

1 - 2

O almeno, è quello che ci ha detto **Newton**...



1-2

Slide progettata per entrare in sintonia con gli studenti, valorizzando le loro conoscenze pregresse e preservando la loro visione della realtà. Mette in risalto la figura dello scienziato e favorisce un'introduzione graduale, in continuità con gli argomenti trattati in precedenza.

Il commento è a libertà del professore, può essere un'occasione per appunto riconnettersi agli argomenti passati in modo superficiale in quanto verranno approfonditi gli aspetti importanti nelle slide successive.

La sua teoria funziona molto bene per alcuni sistemi, come il nostro

1 - 3



1-3

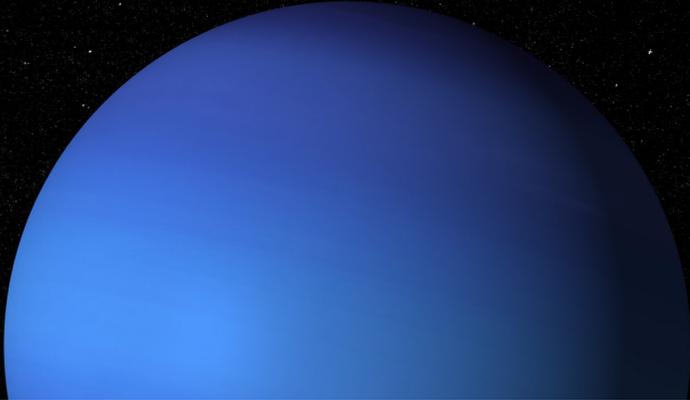
Slide per dare un primo input visivo dell'identità del progetto e della presentazione e per familiarizzare con il concetto di gradiente per esprimere la gravità o altre deformazioni non visibili normalmente.

Si può parlare di come newton abbia fatto una scoperta molto importante **elogiando la figura dello scienziato nella sua passione e nella sua inventiva** che per l'epoca era incredibile. Spiegare volendo cosa Newton ha predetto del sistema solare, come le orbite, le forme dei pianeti, ecc.. (sempre restando lontani dalla matematica).

Talmente bene che grazie  
a lui abbiamo scoperto  
**nettuno...**

1 - 4

Lui >



1 - 4

Slide per raccontare un insight curioso su un pianeta che tutti conoscono come nettuno, creando coinvolgimento e raccontando qualcosa di interessante.

Si tratta di **spiegare l'insight su Nettuno evidenziando l'eccezionale precisione delle leggi di Newton e la fiducia riposta in esse, con un taglio narrativo che enfatizzi lo storytelling.**

**Newton in realtà  
rinuncia a capire fino  
in fondo la gravità**

1 - 5

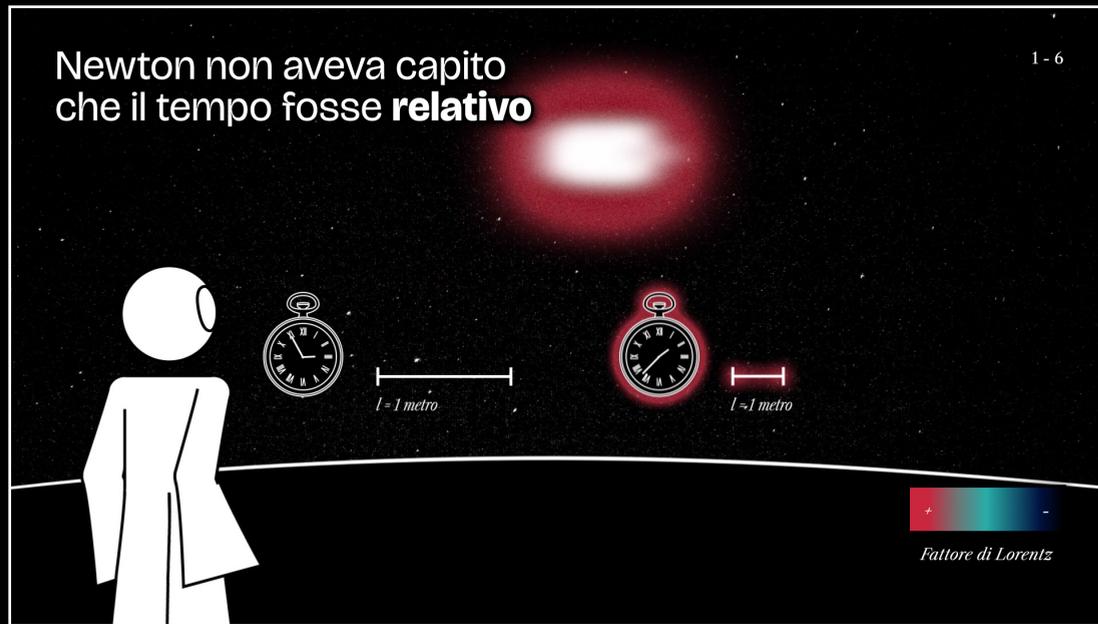
“La gravità deve essere causata da un agente  
[...] Che questo agente sia materiale o  
immateriale, **lo lascio alla considerazione dei  
miei lettori**”

*Lettera a Richard Bentley - 1692*

1 - 5

Slide che inizia a presentare i primi aspetti che non funzionano, presentando Newton come umano e figlio del suo tempo, creando quindi l'apertura narrativa per il nuovo argomento.

A discrezione del professore, si può approfondire l'aspetto storico della rinuncia di Newton o, più in generale, spiegare perché si arrese e quanto sia peculiare il concetto di gravità. Newton ne descrisse il comportamento, ma ignorava completamente la sua natura.



1-6

Slide che rappresenta visivamente il concetto di tempo relativo e le trasformazioni di Lorentz, evidenziando la dilatazione temporale e la contrazione delle lunghezze, con particolare attenzione al punto di vista di chi si trova nel proprio sistema di riferimento. La slide serve anche a richiamare argomenti già trattati, creando collegamenti.

È importante riprendere la differenza tra l'idea di tempo secondo Newton, ossia quella intuitiva che tutti abbiamo, e il reale funzionamento del tempo secondo la relatività generale. Si consiglia inoltre di proporre esempi interattivi, come "Immaginiamo di mettere studente 1 su un razzo: per lui il tempo scorrerebbe..."; per favorire il coinvolgimento degli studenti.



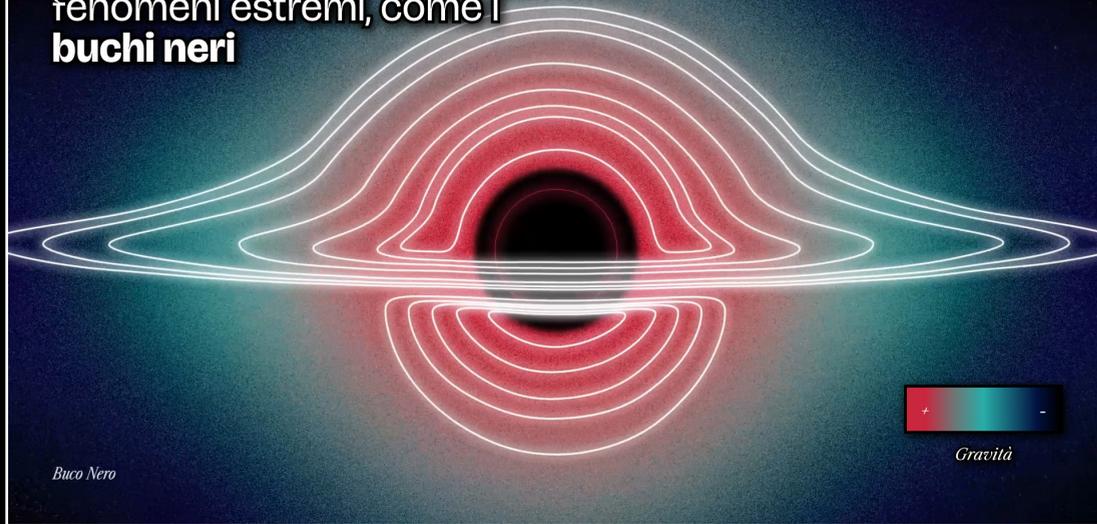
1-7

Slide che riprende quanto studiato sulla relatività speciale e illustra una semplice incongruenza tra la teoria di Newton e quella di Einstein, visualizzando la velocità di propagazione della gravità.

Il professore dovrebbe chiarire questo concetto, collegandolo alla relatività speciale, e sottolineare perché l'ipotesi di Newton non può essere corretta. Infatti, grazie alla relatività generale, sappiamo che nulla può viaggiare più veloce della luce.

E non aveva predetto  
fenomeni estremi, come i  
**buchi neri**

1 - 8



A prendere il testimone per  
scoprire la gravità, è un  
giovane lettore di Newton:  
**Albert Einstein**

1 - 9



1 - 8

Slide dal forte impatto visivo ed estetico, che mostra una mela (simbolo della teoria di Newton) trasformarsi in un buco nero, un'entità cosmica predetta da Einstein ma assente nelle teorie newtoniane.

**Consigliato un commento a scelta del professore sui buchi neri o su insight/storie interessanti che collegano essi con Newton o con la teoria della relatività.**

1 - 9

Slide con l'intento di mostrare il passaggio di testimone riguardo la comprensione della gravità, una slide importante perché fa da veicolo per una narrazione molto umana del lavoro di Einstein: un giovane appassionato che riflette sul mondo che lo circonda e si fa domande semplici ma essenziali.

**È importante trasmettere l'idea di un Einstein giovane, dinamico e appassionato e non vecchio, statico e borioso. Bisogna esprimerlo come dotato di intelligenza ma anche dei difetti di un ragazzo come tanti, che si dedica con perseveranza a riflettere sull'universo per anni interi, al fine di far valere la sua teoria della relatività ristretta, in quanto innamorato della fisica.** Il professore ha la libertà di aggiungere racconti, approfondimenti sulla vita di Einstein, sui suoi fallimenti, successi o qualsiasi altro elemento che possa stimolare l'interesse degli studenti.

# Ma chi glielo ha fatto fare ad Einstein di riscrivere le leggi del cosmo?

1 - 10

Nonostante qualche difetto, alla fine quelle di Newton spaccavano...

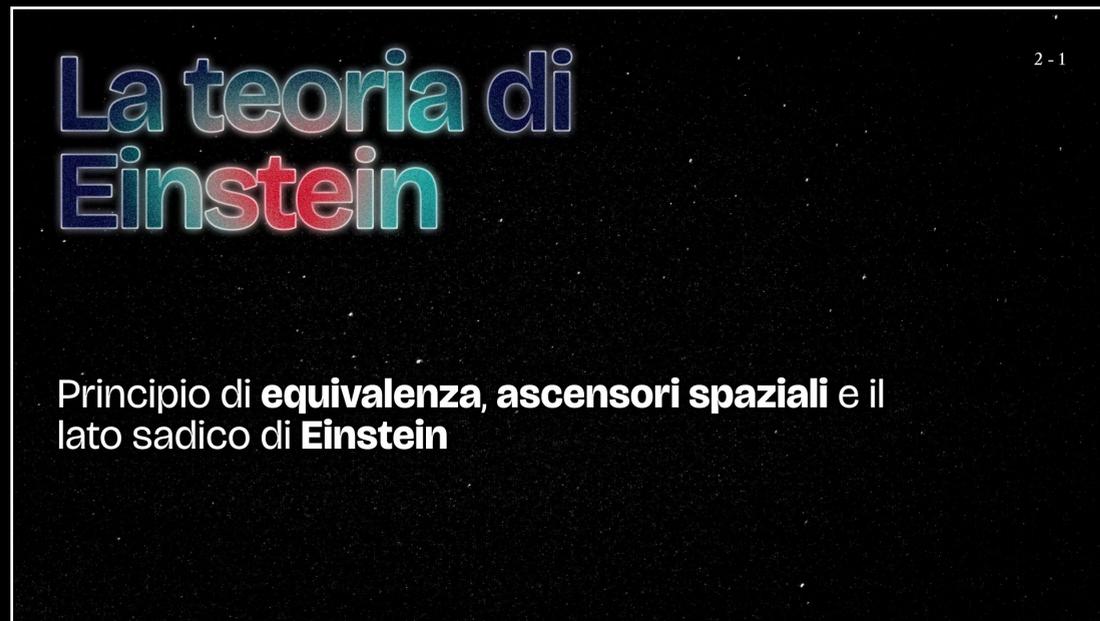
1 - 10

Slide che crea un momento di pausa dalla teoria e si preoccupa di presentare una domanda per gli studenti abbastanza lecita: chi glielo ha fatto fare ad Einstein? Si da quindi modo di **far ritrovare lo studente e di empatizzare con i suoi interrogativi**, per rendere meno pesante e noiosa l'esposizione del lavoro di Einstein che verrà dopo, focalizzandosi sullo storytelling dello scienziato.

È fondamentale continuare la narrazione di come Einstein inizialmente cercò di apportare piccole modifiche alla teoria di Newton senza rivoluzionarla, ma la sua teoria della relatività ristretta era così cruciale per lui che richiese cambiamenti radicali. Tuttavia, non scartò mai i risultati di Newton, che continuano a funzionare perfettamente in molte situazioni. È essenziale **enfaticamente il concetto di passaggio di testimone, con l'idea che "non si butta via nulla", e usare lo storytelling dello scienziato per giustificare l'impegno che gli studenti devono mettere nell'apprendere le nuove teorie.**

## Parte 2: La teoria di Einstein e il principio di equivalenza

Capitolo dedicato al principio di equivalenza, raccontato partendo dall'intuizione e dal pensiero di Einstein. Si parte da un esempio reso coinvolgente per gli studenti, focalizzandosi sulle sensazioni della caduta e del fluttuare, e sulla differenza dei punti di vista per confrontare diverse situazioni e rendere il concetto più intuitivo.



2 - 1

Slide strategica per spezzare la presentazione e rendere i passaggi teorici più facili da seguire e logicamente chiari, sfruttando anche l'elemento del copy simpatico per mantenere l'attenzione.

È a libera scelta del professore se fare un commento introduttivo alla teoria di Einstein.

Il pensiero più felice di Einstein fù immaginarsi una persona **cadere da un tetto**

2 - 2

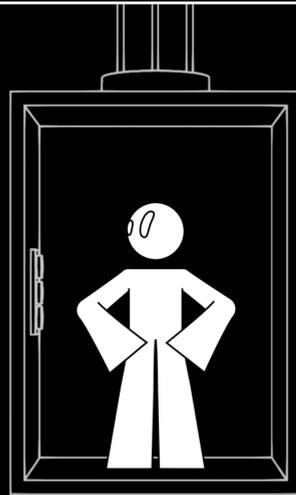


Mettiamo 2 persone in 2 ascensori, uno nello spazio e uno sulla terra

2 - 3



Ascensore nello spazio



Ascensore sulla terra

2 - 2

Slide che aiuta lo studente a paragonare visivamente la caduta libera al fluttuare nello spazio. Nella slide sono presenti degli oggetti tra cui una testa del "chill guy", un meme molto famoso, un insight per scherzarci su e mantenere l'attenzione degli studenti sulla presentazione.

È consigliato **riprendere il tema di "Einstein sadico" facendo storytelling sul "pensiero più felice di Einstein" (Einstein affermò che il suo pensiero più felice, chiave dell'intuizione alla base della teoria della relatività generale, fù immaginarsi un uomo che cade dal tetto) per venderlo prima in modo semi-ironico, per poi approfondire** sull'esperienza che una persona farebbe cadendo da un tetto e sull'esperienza che farebbe fluttuando nello spazio senza gravità, paragonandole e dicendo che non ci sarebbe differenza. È consigliato anche concludere con una domanda retorica come "cosa ne facciamo di questa intuizione?" per accogliere l'esempio che verrà fatto di seguito

2 - 3

Slide introduttiva all'esempio utilizzato per spiegare il principio di equivalenza, pensata anche per favorire il coinvolgimento e l'interazione con gli studenti.

Per mantenere alta l'attenzione, è utile **selezionare alcuni studenti da "inserire" negli ascensori (magari scegliendo i più distratti), con una frase del tipo: "Immaginiamo di mettere studente 1 in un ascensore e studente 2 nell'altro..."** In questo modo, gli studenti resteranno coinvolti e torneranno protagonisti ogni volta che il tema dell'ascensore verrà ripreso nelle slide e nei capitoli successivi. È fondamentale spiegare chiaramente il contesto dell'esempio, specificando che entrambi si trovano in ascensori chiusi, e verificare la comprensione da parte della classe chiedendo se tutte le variabili sono chiare prima di proseguire.



2 - 4

Slide che illustra l'esempio degli ascensori, utilizzando visualizzazioni e frecce per mostrare come, nonostante i due contesti siano completamente diversi, in entrambi i casi non si percepisca la gravità.

L'attenzione va posta sull'esperienza sensoriale: cosa si prova a essere in caduta libera e cosa si prova a fluttuare nello spazio. L'obiettivo è far comprendere che le due situazioni sono equivalenti, poiché gli "studenti" si trovano in ambienti chiusi e, senza alcun riferimento esterno, non possono distinguere tra caduta libera e assenza di gravità.



2 - 5

Slide che conclude l'esempio, sempre con frecce e visualizzazioni, mostrando come, anche al contrario, l'esperienza della gravità sia identica: se l'ascensore nello spazio viene accelerato e quello sulla Terra si schianta, chi si trova all'interno percepirà la gravità nello stesso modo.

È fondamentale sottolineare che, in entrambi i casi, gli ascensori sono chiusi, e chi è dentro non può distinguere tra le due situazioni. Oggetti e persone al loro interno cadrebbero e si comporterebbero nello stesso modo. L'obiettivo è far comprendere che, a porte chiuse, un osservatore non potrebbe dire in quale ascensore si trova (a parte lo schianto finale, ovviamente).

# Principio di Equivalenza

2 - 6

“La massa gravitazionale coincide con quella inerziale”

Non c'è modo per chi è all'interno degli ascensori, di distinguere i 2 scenari. Infatti i **campi gravitazionali non esistono** e i due casi non sono solo simili, **sono fisicamente uguali!**

*Principio di Equivalenza di Einstein*

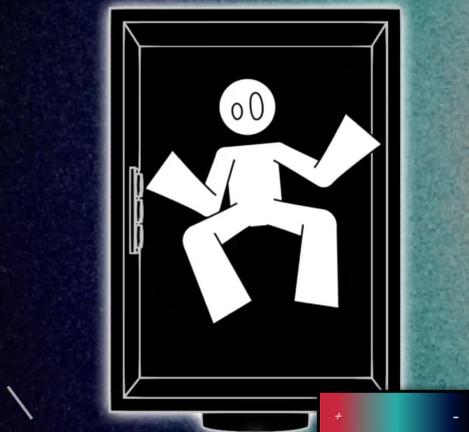
2 - 6

Slide teorica che offre l'opportunità di soffermarsi e spiegare con attenzione il principio di equivalenza, evidenziando come, se \*studente 1\* nello spazio non è soggetto a un campo gravitazionale, lo stesso vale per \*studente 2\* sulla Terra. Le due situazioni sono fisicamente equivalenti e i campi gravitazionali non esistono.

**È fondamentale procedere con calma nel presentare questa rivelazione, senza dare nulla per scontato.** Il docente ha piena libertà nel commento e nel livello di approfondimento dell'argomento, ma è essenziale sottolineare che percepiamo un “campo gravitazionale” solo nel momento in cui impattiamo contro il suolo, ribadendo così l'inesistenza dei campi gravitazionali.

Se incontrassimo un “campo gravitazionale” dentro l'ascensore **non ce ne accorgeremmo**

2 - 7



Gravità

2 - 7

Slide per illustrare il comportamento di un osservatore inerziale al chiuso quando entra in contatto con un campo gravitazionale. L'osservatore continua a essere inerziale e non percepisce alcuna accelerazione interna, come se il “campo gravitazionale” non esistesse.

**Si consiglia di riprendere la situazione dell'esempio precedente per mantenere il filo logico, richiamando verbalmente l'attenzione degli studenti con una frase del tipo: “Torniamo a studente 1 nel suo ascensore e vediamo cosa accade se viaggia vicino a un pianeta...”.** È importante distinguere chiaramente i due osservatori presentati nella slide: quello esterno, a sinistra e l'osservatore inerziale a destra. Solo osservando la scena dall'esterno possiamo notare la deviazione del percorso e l'accelerazione dovuta alla gravità; per chi si trova dentro l'ascensore, invece, non cambia nulla. È essenziale far comprendere che essere in un “campo gravitazionale” o fluttuare nello spazio senza gravità sono esperienze fisicamente equivalenti: entrare in un “campo gravitazionale” e accelerare per effetto di esso non implica la perdita dello stato inerziale.

# Se i campi gravitazionali non esistono...

2 - 8

Quale forza spinge l'ascensore nello spazio ad accelerare verso il pianeta e a **cambiare traiettoria?**

2 - 8

Slide dedicata alla raccolta di domande, pensata per aiutare gli studenti a **ritrovare i propri dubbi e sentirsi compresi nelle difficoltà di questa tematica**. L'obiettivo è dimostrare vicinanza e disponibilità nel chiarire eventuali quesiti.

È fondamentale ascoltare con attenzione ogni domanda e rispondere in modo chiaro prima di proseguire. Bisogna sottolineare che non esiste alcuna forza che spinga l'ascensore spaziale verso il pianeta e che l'unico momento in cui percepiamo gli effetti del "campo gravitazionale" è lo schianto dell'ascensore sulla Terra. È l'incontro con la superficie a farci avvertire la gravità, proprio come nell'ascensore-razzo è il pavimento che si avvicina a noi a creare quella sensazione. Altrimenti, come già visto, non ne abbiamo percezione. Se utile, si consiglia di tornare alle slide precedenti per recuperare immagini e concetti che possano facilitare la comprensione di eventuali domande.

### Parte 3: Le geodetiche e lo spazio-tempo curvo

Capitolo dedicato alla curvatura dello spazio-tempo, con l'obiettivo di far comprendere fin da subito l'importanza di questa visione e il motivo per cui dovrebbe interessare agli studenti. Utilizzando elementi del capitolo precedente, si introducono i grafici per spiegare in modo graduale cosa significa che lo spazio-tempo si curva e cosa implica seguire la nostra geodetica in uno spazio di questo tipo. Il capitolo si conclude con un confronto tra la versione semplificata del concetto e la sua applicazione nella realtà, aprendo la possibilità di esplorare insight interessanti e significativi sul tempo.

# Le geodetiche e lo spazio-tempo curvo

3 - 1

Come capire la gravità e le **geodetiche** ci permette di usare **Netflix** e **Google Maps**

3 - 1

Slide strategica per spezzare la presentazione in parti più piccole e rendere più digeribili e logicamente chiari i passaggi teorici, giocando anche sul fattore simpatia del copy che nel mentre fa scivolare verso la slide successiva.

**È consigliato anticipare il fatto che si andrà ad introdurre il funzionamento di dispositivi che usiamo tutti i giorni, senza però entrare troppo nel merito dato che ci sarà in seguito una slide dedicata.** Eventuali commenti aggiuntivi sull'argomento sono a discrezione del docente.

# Noi andiamo sempre dritti, è lo spazio-tempo che curva!

3 - 2

Ma che fatica... c'era davvero bisogno di una teoria così complessa?

3 - 2

Slide di rivelazione, utile a presentare una premessa che verrà giustificata in seguito. Serve anche a introdurre il motivo per cui si studia questa teoria complessa invece di affidarsi a leggi più semplici, impersonificando la confusione e l'eventuale frustrazione degli studenti.

È importante sottolineare come **questa affermazione alla base della relatività sia effettivamente impegnativa da capire e internare, ma che allo stesso tempo è molto importante per diversi aspetti, e non solo noiosi e teorici ma anche connessi alla nostra vita di tutti i giorni.**

Grazie alla relatività possiamo guardare **Netflix** e usare **Google Maps**

3 - 3



3 - 3

Slide dedicata ai principali servizi che dipendono dalle correzioni relativistiche, pensata come base per permettere al docente di approfondire il funzionamento di strumenti vicini al mondo dei giovani, come Netflix, Google e altri.

Il docente ha piena libertà nel commentare il funzionamento di queste piattaforme e l'importanza delle correzioni relativistiche. **Tuttavia, è fondamentale offrire qualche insight interessante per catturare l'attenzione degli studenti e trasmettere conoscenze che siano per loro curiose e rilevanti.**

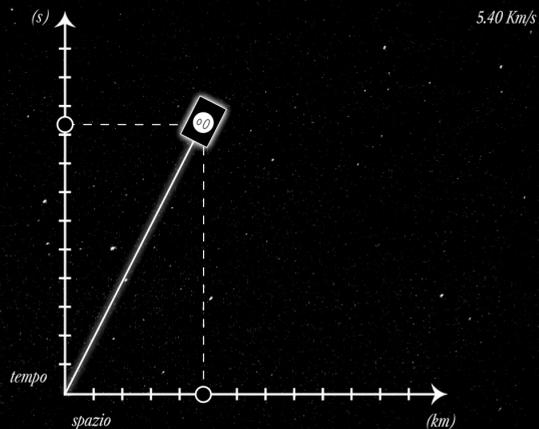
# Ok... Ma cosa vuol dire che lo spazio-tempo curva?

3 - 4

E che c'entra con la **gravità**?

## Torniamo nell'ascensore spaziale...

3 - 5



*ascensore inerziale (fluttua a velocità costante)*

3 - 4

Slide di apertura che accompagna lo studente nell'esplorazione del meccanismo appena reso eventualmente interessante dalla slide precedente, provando a impersonare i possibili dubbi emersi e creando un collegamento emotivo con lo studente. L'obiettivo è raccogliere il suo interesse e predisporlo alla spiegazione successiva.

A libera scelta del professore se presentare alla classe altri quesiti possibili o se fare determinate premesse a piacere.

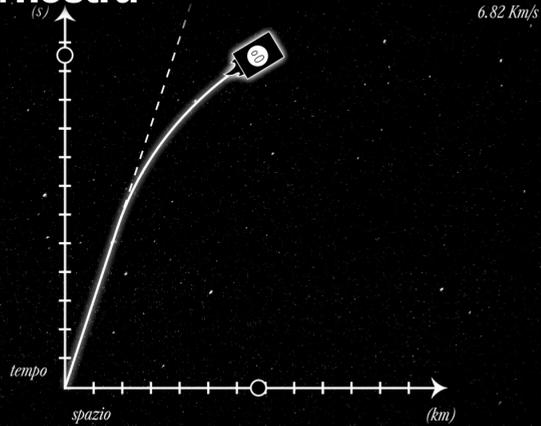
3 - 5

Slide introduttiva dell'esempio, pensata per essere inclusiva e per aiutare gli studenti a raccogliere le nozioni necessarie per comprendere i grafici che seguiranno. Essa spiega come in un grafico spazio-tempo viene rappresentata l'inerzia/la velocità costante e come invece viene rappresentata un'accelerazione. Mantiene allo stesso tempo alta la concentrazione andando a ripescare lo \*studente 1\*.

Per valorizzare il coinvolgimento creato in precedenza, è utile **recuperare l'attenzione degli studenti riprendendo il meme dello studente 1, che nel frattempo "è rimasto nell'ascensore". È importante non dare nulla per scontato e ribadire chiaramente come si comportano nel grafico un osservatore inerziale e uno accelerato.** Il docente deve essere disponibile per qualsiasi chiarimento, eventualmente anche **sottolineando che nessuno verrà giudicato nel fare domande per capire meglio il grafico nonostante sia semplice, creando così uno spazio di dialogo che favorisca una buona comprensione dei visual da parte di tutti.**

## Quando acceleriamo, deviamo dalla nostra geodetica

3 - 6



ascensore con razzi accesi (accelerato)

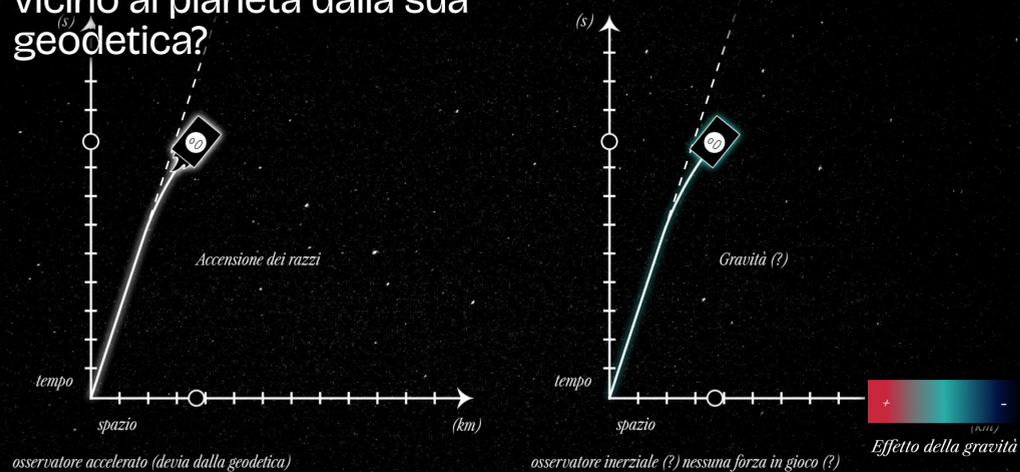
3 - 6

Slide che chiarisce e visualizza il concetto di geodetica, mostrando nel grafico il comportamento dell'ascensore razzo quando accende i propulsori. Questo passaggio funge da scalino intermedio per un apprendimento a step, rendendo il contenuto accessibile e coinvolgente per tutti.

Il professore ha qui l'occasione di spiegare bene e in modo rigoroso cosa è una geodetica, approfondendo la teoria quanto crede sia necessario. È però fondamentale sottolineare che, in questo scenario, una forza provoca un'accelerazione, facendo deviare il razzo dalla sua geodetica e rendendo l'osservatore al suo interno non inerziale. Evidenziare la presenza di questa forza e la fine dell'inerzia faciliterà la comprensione della slide successiva.

## Cosa fa deviare l'ascensore vicino al pianeta dalla sua geodetica?

3 - 7



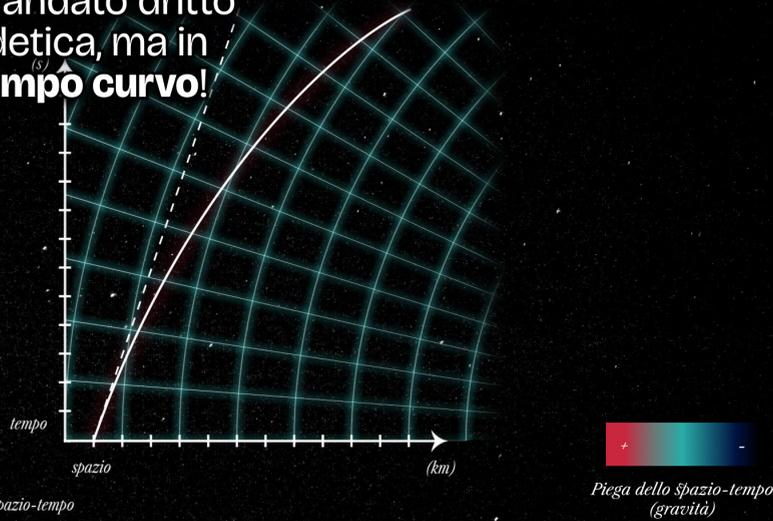
3 - 7

Slide che mette a confronto le differenze e le somiglianze tra il grafico dell'ascensore-razzo in accelerazione e quello dell'ascensore-razzo attratto dalla gravità. Attraverso una domanda semi-retorica e l'uso di didascalie, evidenzia alcuni apparenti controsensi per stimolare il ragionamento degli studenti sulle possibili soluzioni prima di rivelare la risposta.

È essenziale sottolineare le somiglianze e le differenze dei grafici, ricollegandosi al concetto già affrontato: i due scenari dei razzi presentati nella parte 2 non sono solo simili, ma fisicamente identici, e di conseguenza anche i loro grafici devono coincidere. Tuttavia, è altrettanto importante evidenziare le differenze concettuali: nel caso dell'ascensore-razzo, è evidente la presenza di una forza che lo fa deviare dalla geodetica, rendendo l'osservatore non inerziale. Al contrario, nel caso della gravità, pur avendo un grafico identico, l'osservatore rimane inerziale, poiché (come già discusso) non esiste alcuna forza che spinga chiaramente il razzo verso il pianeta, causandone l'accelerazione. È inoltre consigliato stimolare il dibattito tra gli studenti ponendo loro la domanda, guidandoli nell'esclusione delle opzioni meno plausibili, ma sempre valorizzando le loro intuizioni. L'obiettivo è condurli gradualmente a uno scenario in cui la soluzione dello spaziotempo appaia quasi inevitabile.

L'ascensore è andato dritto sulla sua geodetica, ma in uno spazio-tempo curvo!

3 - 8



3 - 8

Slide che visualizza in modo chiaro e comprensibile il concetto di curvatura dello spaziotempo, rivelando la soluzione ai dilemmi posti nella slide precedente: rimaniamo inerziali vicino a un pianeta e acceleriamo senza forze perché non abbiamo mai abbandonato la nostra geodetica, ma ci troviamo semplicemente in uno spaziotempo curvo.

Dopo aver introdotto il quesito e discusso le possibili opzioni, la soluzione dello spaziotempo curvo emerge come l'unica possibile. È fondamentale spiegare con assoluta chiarezza come questa visualizzazione risolva le apparenti incongruenze: se lo spaziotempo è curvo, non deviamo mai dalla nostra geodetica, il che significa che non acceleriamo e rimaniamo inerziali. Queste erano proprio le contraddizioni emerse nel confronto tra i due grafici (propulsione e gravità). Data la complessità e la natura controintuitiva del tema, è consigliato esporlo con enfasi, come se fosse (e di fatto è) una rivelazione di estrema importanza cercando di essere il più lineari e logicamente semplici possibile.

Vicino al pianeta lo spazio si deforma facendoci curvare verso di lui, creando un'orbita

3 - 9



3 - 9

Slide con l'obiettivo di tradurre in modo più pratico e significativo il concetto di curvatura dello spazio-tempo, concentrandosi momentaneamente sullo spazio, la dimensione più intuitiva. Si propone di veicolare un'informazione interessante e rilevante per gli studenti, ovvero la formazione delle orbite di pianeti, satelliti e altri corpi celesti.

Si consiglia, ma resta a discrezione del docente in base alle proprie conoscenze e preferenze, di arricchire la spiegazione con storytelling, insight o curiosità sulle orbite, piuttosto che soffermarsi esclusivamente sul classico esempio degli astronauti che fluttuano nello spazio (essendo in caduta libera lungo la loro geodetica, quindi privi di accelerazioni). Si può anche fare l'esempio della Hot Wheels che compie il giro della morte sulla pista: dal punto di vista del guidatore, il percorso sembra sempre rettilineo, poiché il volante non gira e il pedale viene premuto con la stessa intensità lungo tutta la pista. In realtà, però, è stato effettuato un giro della morte perché la pista (ovvero lo spazio) è curva sotto l'auto. È fondamentale evidenziare la differenza tra il grafico precedente (spazio-tempo con una dimensione per ciascuno, utile a mostrare come la geodetica risulti dritta in uno spazio curvo) e quello attuale, che rappresenta solo lo spazio in due dimensioni.



3 - 10

Slide per rappresentare visivamente il concetto di avvicinamento dovuto alla curvatura dello spazio, anziché a una forza, sfruttando l'esempio della curvatura naturale della Terra: due linee di latitudine parallele si incontrano ai poli. Riprende i personaggi del Chill Guy e del protagonista "umano" delle slide precedenti, mantenendo coerenza visiva e continuità narrativa per favorire il coinvolgimento degli studenti.

È importante ricordare che si tratta di una visualizzazione semplificata e non realistica del funzionamento della gravità, utile solo a illustrare il concetto di movimento lungo una traiettoria curva senza cambiare direzione. A discrezione del docente eventuali approfondimenti sulla curvatura dello spazio, i tensori, Riemann, ecc...



3 - 11

Slide di chiarimento sulla corrispondenza reale di quanto appena visto, con l'obiettivo di trasmettere nozioni affascinanti sul funzionamento del nostro mondo e offrire uno spazio al professore per la spiegazione del docente, che può approfondire gli effetti temporali della gravità, rendendo il tema coinvolgente e significativo per gli studenti.

Questa slide introduce il concetto di piega del tempo, offrendo l'opportunità di esplorare le anomalie temporali causate dalla gravità. **Si possono fare collegamenti a contenuti di interesse per gli studenti, come il film Interstellar, e arricchire la spiegazione con storytelling e curiosità, come ad esempio "chi è più basso invecchia letteralmente più lentamente..." o collegandosi a come i viaggi nel tempo siano teoricamente possibili orbitando attorno a un buco nero prima di tornare sulla Terra. Questi sono solo alcuni esempi, ma si incoraggia il docente a introdurre altri spunti rilevanti a sua discrezione.** La slide serve anche come base per eventuali approfondimenti più teorici sulle conseguenze della dilatazione temporale, permettendo di integrare concetti utili per le lezioni future non trattati direttamente nelle slide.

**Parte 4: Seguire una geodetica, muoversi e stare fermi**

Capitolo focalizzato sul concetto di movimento causato dalla gravità e sulla nozione di caduta, con l'obiettivo di fare chiarezza su dove si verificano realmente accelerazioni, dove c'è movimento e perché cadiamo verso la Terra. Si parte da una situazione in cui si è fermi, spiegando come il movimento nel tempo si traduca in movimento nello spazio. Successivamente, si esplora come per "stare fermi" sia necessario accelerare e come funzionano le accelerazioni in gioco, chiarendo perché a volte queste non producono movimento visibile. Il capitolo si conclude riprendendo l'esempio del capitolo 2 per fare ulteriore chiarezza e concludere la spiegazione del concetto.

4 - 1

**Seguire una geodetica**

Perché non stiamo mai **fermi** e se vogliamo stare a terra, dobbiamo **accelerare verso l'alto**

**4 - 1**

Slide strategica per spezzare la presentazione in parti più piccole e rendere più digeribili e logicamente chiari i passaggi teorici, giocando anche sul fattore insolito del copy che nel mentre fa scivolare verso la slide successiva.

Eventuali commenti aggiuntivi sull'argomento sono a discrezione del docente.

# Ok seguire le geodetiche, ma io sento la gravità anche se sono fermo

4 - 2

In realtà, nello spazio-tempo, **non stiamo mai fermi**, seguiamo sempre la nostra geodetica

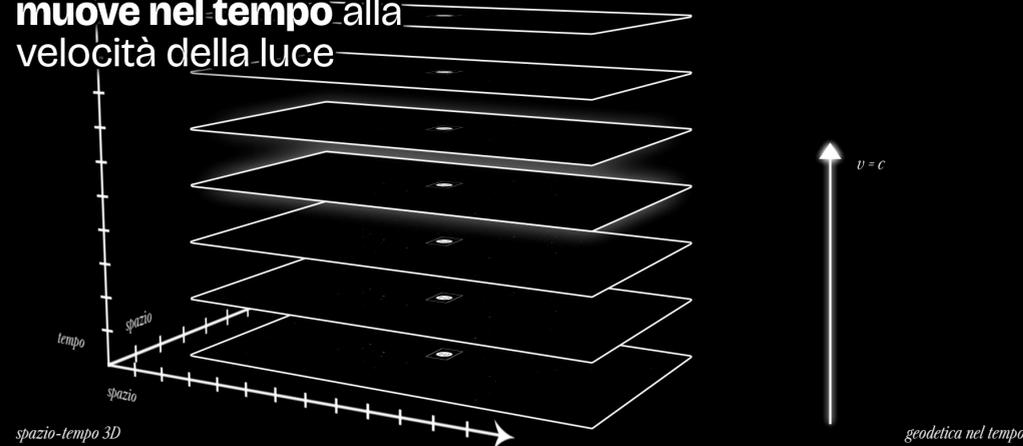
4 - 2

Slide pensata per anticipare una possibile domanda spontanea degli studenti sul funzionamento delle geodetiche, impersonificando i loro dubbi per rendere la spiegazione più coinvolgente e significativa. Il copy guida naturalmente verso la slide successiva, facilitando la transizione concettuale.

**Si consiglia di approfondire il concetto di stare fermi, poiché è molto vicino agli studenti (come a tutti, d'altronde: tutti stiamo fermi), magari chiedendo loro cosa significhi per loro stare fermi, ponendo domande retoriche su quanto sia realmente possibile essere fermi al 100% nello spazio-tempo, oppure facendo esempi, raccontando insight e creando interazione con la classe.**

Anche quando siamo fermi, la nostra geodetica **si muove nel tempo** alla velocità della luce

4 - 3



4 - 3

Slide che si ricollega agli argomenti precedenti per rafforzare il concetto che, secondo la relatività generale, siamo sempre in movimento nel tempo alla velocità della luce e seguiamo costantemente la nostra geodetica. Questa slide propone una nuova visualizzazione dello spazio-tempo, aggiungendo una dimensione spaziale in più per chiarire meglio il concetto di tempo e il passaggio degli istanti.

È importante rendere chiaro il visual, mostrando come ci muoviamo nel tempo istante per istante e ribadendo che non siamo mai realmente fermi. Si può inoltre cogliere l'occasione per ripescare se serve il concetto di geodetica, invitando gli studenti a fare domande se hanno dubbi e mantenendo un atteggiamento aperto e disponibile al dialogo.

La nostra geodetica solo temporale, **diventa anche spaziale**, ecco perché "cadiamo" verso una massa.

4 - 4



4 - 4

Slide che risponde al quesito iniziale del capitolo sul perché cadiamo anche se sembriamo fermi, mostrando visivamente come la curvatura dello spazio-tempo declini la nostra geodetica solo temporale anche nello spazio.

È fondamentale chiarire il funzionamento del grafico, specificando che si tratta di un grafico spazio-tempo e non di uno spazio bidimensionale o di altri tipi di rappresentazioni che potrebbero generare confusione. Se necessario, si possono riprendere slide precedenti con grafici simili per rafforzare la comprensione. **È altamente consigliato collegarsi ai commenti e agli insight precedenti sulla piega del tempo, sottolineando non solo come la curvatura generi spazio dal nulla, ma anche come modifichi il tempo. Il docente ha la libertà di stabilire connessioni tra il grafico e gli insight raccontati, adattandoli alla lezione.**

In realtà,  
non stiamo cadendo  
a  $9,81 \text{ m/s}^2$

4 - 5

**Mentre cadiamo**, non c'è nessuna forza che ci spinge in basso, stiamo solo andando sulla nostra geodetica, **siamo inerziali, non acceleriamo**

4 - 5

Slide che sfata un mito fondamentale, quello dell'accelerazione di gravità, collegandosi a quanto visto in precedenza e ribadendo concetti chiave come l'essere inerziali e il non subire accelerazione.

**È importante enfatizzare, questo punto, raccontarlo con tono entusiasta, presentandolo come un importante rovesciamento delle idee comuni.** Inoltre, è cruciale ricordare come nelle slide precedenti si sia dimostrato che, nonostante "l'attrazione esercitata dalla gravità", non agisca alcuna forza su di noi. Questo significa che rimaniamo in uno stato inerziale e, paradossalmente, non stiamo accelerando nel nostro sistema di riferimento inerziale.

Togliendo la forza di gravità  
però, la **forza normale**  
sembra dover spingere noi  
e tutto il mondo in alto...

4 - 6

Velocità = 2,04

$F_n$



La forza di gravità non esiste

4 - 6

Slide che presenta uno degli aspetti più sorprendenti derivanti dalla constatazione precedente, mostrando in modo semplice, accessibile e didascalico come, in realtà, stiamo tutti accelerando verso l'alto. Questo concetto viene visualizzato chiaramente, eliminando dalla tradizionale rappresentazione delle forze la forza di gravità che, come abbiamo visto, non esiste. Le conseguenze che si vedono nella slide non sono però realistiche: il fatto che alla fine tutto si alzi in aria è stata una scelta di rappresentazione per rendere il concetto più riconoscibile.

È importante ribadire l'inesistenza di una forza che ci attira e quindi l'inesistenza della forza peso, enfatizzando la semplicità dello schema di forza proposto (letteralmente solo 2 forze, viste e riviste dagli studenti) per dimostrare come letteralmente, l'unico motivo per cui ci fermiamo a terra è che questa sta costantemente accelerando verso di noi. **È consigliato anche ribadire e sottolineare la stranezza di tale comportamento, essendo pronti a rispondere a qualsiasi eventuale domanda degli studenti. Si consiglia anche di introdurre un quesito quasi logico: Se la Terra accelera verso di noi ed è tonda, quindi accelera da tutti i lati, perché non si distrugge? Annunciando che la risposta arriverà tra poche slide, per mantenere alta l'attenzione e stimolare la curiosità degli studenti.**

Infatti è così,  
da fermi, sulla terra,  
stiamo accelerando  
verso l'alto

4 - 7

Non vediamo le cose salire perché sia noi che tutto ciò che ci circonda stà **accelerando**

4 - 7

Slide che conferma quanto visto nel visual precedente, spiegando perché il comportamento degli oggetti intorno a noi non corrisponde a tale rappresentazione: le cose non si "alzano" e non accelerano verso l'alto perché anche noi, a terra, non siamo osservatori inerziali e stiamo "salendo", accelerando verso l'alto insieme a loro.

È fondamentale ricordare che noi non siamo osservatori inerziali e, se necessario, rispiegare il concetto di osservatore inerziale in caduta. È importante chiedere se ci sono domande e mantenere un atteggiamento aperto e disponibile al dialogo inclusivo. **Si consiglia di anticipare che ci accorgiamo di ciò che "sale" solo quando diventiamo realmente inerziali, ossia quando siamo in caduta libera, argomento che viene affrontato nella slide successiva.**

Seguendo la nostra geodetica (cadendo), è chiaro come **per stare fermi, bisogna accelerare**

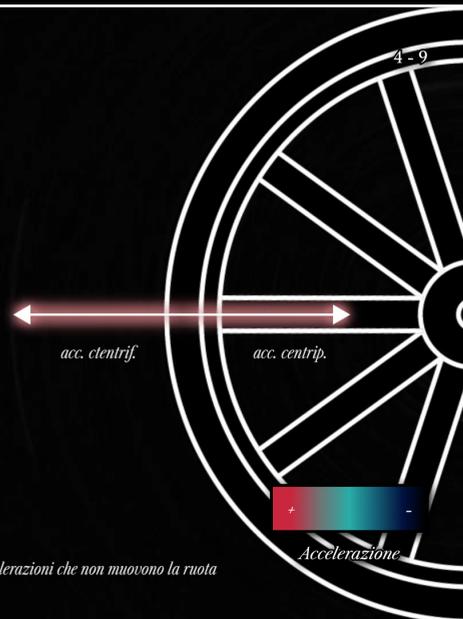


4 - 8

Slide che riprende i personaggi protagonisti per spiegare il concetto di accelerazione per stare fermi, con l'enfasi sul vero osservatore inerziale: colui che è in caduta libera. Si spiega come questo osservatore percepisca tutto ciò che sembra "fermo" salire verso l'alto con la stessa accelerazione con cui lui stesso "sta cadendo".

È importante chiarire che il punto di vista "corretto" inerziale è quello di chi è in caduta, poiché chi cade sta effettivamente seguendo la propria geodetica in uno spazio-tempo curvo, mentre chi sembra "stare fermo" sta deviando dalla propria geodetica, accelerando (come evidenziato nel visual e visto in precedenza).

Anche da fuori sembriamo fermi perché l'accelerazione **non genera movimento**, come in una ruota che gira



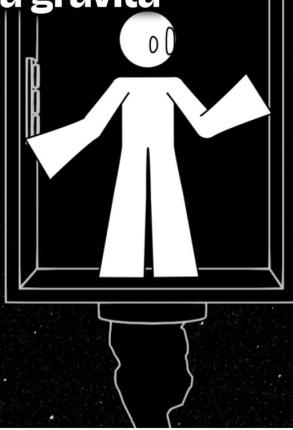
4 - 9

Slide che risponde al quesito: "Se la Terra accelera verso di noi ed è tonda, quindi accelera da tutti i lati, perché non si distrugge?" mostrando come le accelerazioni che agiscono sulla Terra verso "l'alto" non generano movimento. Queste accelerazioni vengono paragonate a quelle che agiscono su una ruota (un oggetto semplice e tangibile, molto più comprensibile per gli studenti) e che, in casi non estremi, non generano movimento.

Sebbene si utilizzi la ruota, un esempio noto e facilmente comprensibile, questa parte della spiegazione potrebbe risultare un po' complessa, poiché il concetto di accelerazione che non produce movimento non è intuitivo. È quindi importante avere pazienza nel spiegare questa somiglianza. Se durante la spiegazione vengono in mente altri esempi o paragoni, il professore ha la libertà di utilizzarli per chiarire meglio il concetto.

Il concetto è letteralmente lo stesso dell'ascensore che ci accelera sotto i piedi, "simulando" la gravità

4 - 10



$9.81 \text{ m/s}^2$

*L'ascensore accelera verso l'alto*

#### 4 - 10

Slide che riprende l'esempio dell'ascensore del capitolo 2, concentrandosi su studente 1 lasciato a fluttuare nello spazio con il suo ascensore, completando così il cerchio aperto all'inizio, dove si dimostrava l'uguaglianza dei due scenari: quello nello spazio e quello sulla Terra. Si mostra visivamente come, in uno spazio-tempo piatto, il concetto di accelerazione verso l'alto per stare fermi risulta più chiaro, utilizzando un propulsore sotto il razzo. Questa chiusura del cerchio concettuale aiuta gli studenti a consolidare meglio la spiegazione, valorizzando l'intero processo e il percorso fatto fino a quel punto.

**È importante mantenere alta l'attenzione della classe, soprattutto in queste fasi finali dove la concentrazione tende a calare. Per questo motivo, è consigliato riprendere l'esempio dello studente nell'ascensore con un tono coinvolgente, ad esempio: "Torniamo da studente 1, che poverino è ancora chiuso nell'ascensore spaziale...".** Da lì, si può riaffermare il concetto dei due scenari identici, tornando, se necessario, alle slide precedenti che mostrano la relazione tra i due ascensori. Si sottolinea come i due scenari siano davvero identici, ma con due forme di spazio-tempo diverse, e si spiega nuovamente che, proprio come il razzo ci accelera sotto i piedi, lo stesso fa la terra.

**Parte 5:  
L'equazione di  
campo**

Capitolo che introduce brevemente l'equazione di campo, spiegandone in modo generale il significato, e presentando la necessità dei tensori per comprendere appieno la connessione tra massa e geometria.



**5 - 1**

Slide strategica per spezzare la presentazione in parti più piccole e rendere più digeribili e logicamente chiari i passaggi teorici, con un copy che anticipa parte dell'argomento che si presenterà.

Eventuali commenti aggiuntivi sull'argomento sono a discrezione del docente.

L'equazione descrive come  
**massa e curvatura si  
influenzano**

5 - 2

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}R g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

Deformazione dello spazio-tempo

Massa ed energia

Equazione di campo di Einstein

5 - 2

Slide che presenta l'equazione di campo, illustrando rapidamente a quale dimensione si riferiscono le diverse parti dell'equazione e come queste si relazionano.

È essenziale che il professore arricchisca la spiegazione in base al livello di profondità teorica desiderato, chiarendo il funzionamento della formula. Inoltre, è utile sottolineare quanto questa equazione rappresenti un risultato straordinario della fisica moderna, magari aggiungendo alcuni insight o racconti su Einstein, il tempo che ha impiegato per arrivarci, o sulla costante cosmologica. L'obiettivo è sempre quello di stimolare interesse e coinvolgimento, mantenendo viva la curiosità degli studenti.

**Per capire davvero  
la curvatura abbiamo  
bisogno dei tensori**

5 - 3

Lo spazio-tempo si basa su una **geometria non euclidea** (dato che curva e non è piatto) e per descrivere la curvatura si usano degli oggetti matematici chiamati **tensori**

5 - 3

Slide che introduce brevemente i tensori e la loro importanza per comprendere la geometria dello spazio-tempo, offrendo al professore l'opportunità di approfondire l'argomento come ritiene più opportuno.

Il professore ha la libertà di estendere la spiegazione dei tensori, ma è consigliato evitare di entrare troppo nei dettagli, data l'attenzione sicuramente calata e ridotta degli studenti.

Direi che per oggi  
va bene così

Belli i tensori, davvero...  
però per oggi siamo a posto

1

Slide pensata per "depressurizzare" il percorso intenso fatto fino a questo punto, cercando di strappare una risata e interrompere con un "colpo di freno" la spiegazione del professore. L'obiettivo è cogliere lo stato di stanchezza degli studenti, giustamente desiderosi di un po' di leggerezza dopo un intervento così impegnativo. Questa slide è dalla parte degli studenti e aiuta a concludere il ciclo di coinvolgimento e di affezione con il progetto, che si è costruito durante tutta la presentazione, anche attraverso le slide create per riconoscere e impersonificare dei loro dubbi e per giustificare il loro impegno e la difficoltà nell'affrontare concetti nuovi e complessi. Non va sottovalutata: può essere un modo indiretto per valorizzare tutto ciò che è stato appreso.

**È consigliato fare una risata con gli studenti, lasciarli interagire per qualche minuto e restare sempre disponibili per eventuali domande.**

**Fine :)**

*Progetto di laurea in Design della Comunicazione  
con la collaborazione del prof. Roberto Balaudo*

2

Slide finale conclusiva

# L'innovazione

Sembra opportuno chiedersi, a questo punto, quale contributo innovativo il progetto possa offrire al sistema scolastico attraverso la sua identità. Per rispondere, è necessario partire da alcune premesse che conducano a considerazioni adeguate: prima fra tutte è che, sebbene il punto di forza del progetto sia la presentazione in aula, esso non si limita a questa. Il progetto si configura come una sinergia di diversi touchpoint, progettati per influire sia nel breve che nel lungo termine sull'apprendimento delle nozioni legate alla fisica complessa, agevolando una comprensione più profonda e un'assimilazione duratura dei concetti. Detto ciò, l'analisi della presentazione, che rappresenta il touchpoint in cui l'identità del progetto si esprime al massimo e dove le scelte progettuali trovano maggiore applicazione, permette di fare alcune riflessioni.

La presentazione non nasce con l'intento di rivoluzionare o innovare completamente l'apparato comunicativo scientifico, né in senso generale né specificamente rispetto alla teoria della relatività. Non si propone di introdurre esclusivamente nuovi esempi, esercizi mentali inediti o tecniche puramente sperimentali per rappresentare l'astratto. Piuttosto, mira a portare nelle classi e nella didattica scientifica italiana in generale, un metodo espositivo e di fruizione della lezione che possa essere percepito come innovativo. L'input del progetto di tesi riflette infatti chiaramente questa direzione: il focus è sull'adattamento di tecniche divulgative al contesto della didattica, ed è qui che sta l'innovazione. Non risiede più di tanto nell'invenzione di nuove tecniche o modalità espressive, ma nel trasferire strumenti efficaci dal campo della divulgazione scientifica a quello educativo, tenendo conto delle necessità specifiche degli studenti. Questo pubblico, raramente considerato centrale nelle pratiche comunicative e narrative della divulgazione, è qui riconosciuto come riferimento primario.

Oltre a evidenziare l'implementazione di tecniche divulgative, è importante sottolineare la staticità che ancora caratterizza l'ambiente didattico odierno, ancorato a metodi tradizionali e a lezioni frontali. Come analizzato, tali approcci non risultano più pienamente compatibili con le esigenze dell'attuale generazione di studenti, rendendo necessarie alcune modifiche. Parte dell'innovazione risiede quindi anche nell'introduzione di strategie comunicative coinvolgenti, funzionali e significative, con un'attenzione particolare rivolta agli studenti e ai loro bisogni, spesso trascurati dalla didattica tradizionale, non focalizzata su un percorso aggiornato e personalizzato. Questo coinvolgimento, insieme all'attenzione verso la creazione di significati innovativi, si concretizza anche in una ricerca dell'estetica espositiva, che come emerso dalle analisi, viene spesso sottovalutata nei supporti didattici, nonostante rappresenti uno strumento potente per stimolare curiosità, passione e interesse negli studenti più giovani.

Un ulteriore aspetto innovativo deriva dalla sinergia tra l'apparato visivo, l'esperienza multisensoriale e lo storytelling, che trasforma la presentazione in una vera e propria esperienza educativa. Questo approccio valorizza il ruolo e la passione del docente, supportandolo con le potenzialità dell'immagine, sia statica che dinamica. Non si tratta semplicemente di progettare immagini, ma di creare un connubio tra esse e il discorso del professore, arricchito da indicazioni e suggerimenti espositivi che lo aiutano a rispondere meglio alle preferenze e alle esigenze degli studenti. In particolare, viene posta grande attenzione anche al tone of voice, un elemento spesso trascurato nei supporti didattici attuali, soprattutto a livello di scrittura. Il progetto propone infatti un tone of voice fresco e coinvolgente, arricchito da insight e da un tocco di simpatia, che si riflette non solo nel materiale scritto ma anche nel modo di esporre e nel tono del professore. Quest'ultimo viene guidato da indicazioni specifiche per ogni slide, per garantire un'esposizione che sia in linea con i metodi e i linguaggi preferiti dagli studenti.

# Gli altri touchpoint

## Il “formulario”

Creazione di un supporto alternativo al libro che possa contenere al suo interno tutti i concetti importanti che verranno chiesti in verifica, riassunti e funzionalmente rappresentati in modo da fornire un materiale didattico agli studenti affidabile e direttamente dal professore, studiato per evitare le principali criticità rilegate alla fruizione e alla considerazione degli studenti verso i libri.

Esso è conforme e risponde alle linee guida 2, 3 e 6, rispettando le indicazioni specifiche riportate sotto le guide.

Il formulario è il secondo touchpoint che richiede maggiormente l'intervento di un progettista, poiché necessita di un layout aggiornato e adeguato ai metodi di fruizione del target. Tuttavia, a livello teorico, potrebbe funzionare con qualsiasi layout, purché segua indicazioni specifiche.

L'obiettivo principale di questo touchpoint è superare le criticità dei supporti tradizionali, offrendo agli studenti un riferimento anche a lungo termine che sia utile, affidabile, meno pesante e più stimolante, ma soprattutto fruibile senza intoppi in vista delle verifiche. Questo risponde sia alle esigenze degli alunni appena citate, sia a quelle del professore, che punta a ottenere risultati più significativi nelle prove, migliorando le medie.

Il formulario deve quindi contenere materiali selezionati direttamente dal professore, con le informazioni essenziali da sapere prima della verifica, incluse eventuali formule, riassunti e visualizzazioni. Qui l'intervento del progettista può rivelarsi particolarmente utile: una rappresentazione visiva coerente con l'identità del progetto può favorire riconoscibilità e affezione, e l'uso di animazioni, essendo un supporto digitale, potrebbe ulteriormente migliorare la fruizione. Tuttavia, il valore del formulario va oltre la semplice visualizzazione: il suo senso profondo è adattarsi al bisogno degli studenti di fidarsi del materiale didattico e rispondere alle loro necessità, rendendo lo studio più accessibile ed efficace.

Nonostante il “formulario” possa sembrare un concetto scontato, l'innovazione di questo progetto risiede nella sua formulazione, nella sua costruzione e nel modo in cui gli attori coinvolti vi si avvicinano.

Innanzitutto, l'intervento di un progettista rappresenta di per sé un elemento innovativo, almeno per quanto riguarda l'apparato visivo e la fruizione degli schemi, che solitamente vengono lasciati alla realizzazione autonoma dello studente. Il rapporto stretto tra progettista e professore, pensato per l'intero progetto, consente di creare visualizzazioni che rispettano pienamente i concetti che il professore desidera trasmettere, evidenziando non solo quali informazioni devono essere apprese, ma anche come devono essere comprese. Questo permette di realizzare grafici e mettere in luce collegamenti che lo studente, per vari motivi, potrebbe non individuare da solo.

Un ulteriore aspetto innovativo riguarda il coinvolgimento diretto del professore nella selezione degli argomenti fondamentali, garantendogli un ruolo attivo nella realizzazione di questo touchpoint. Gli studenti, infatti, tendono a fidarsi maggiormente dei contenuti condivisi dal professore rispetto a qualsiasi altro supporto (come emerso dall'indagine condotta, che, come sottolineato nei capitoli precedenti, necessiterebbe di un ampliamento del campione studiato). Questo approccio consente di rendere il formulario una risorsa percepita come affidabile, superando le limitazioni del libro di testo, che non sempre viene considerato adeguato, soprattutto per argomenti complessi come la relatività: in questi casi, è infatti spesso il professore a decidere quali sfumature approfondire, colmando eventuali lacune o differenze di livello rispetto al libro di fisica adottato.

Come sottolineato, l'innovazione sta in un maggiore coinvolgimento del professore nella realizzazione degli schemi e dei materiali forniti, un compito che di solito viene lasciato agli studenti, i quali lo gestiscono nel modo che ritengono più opportuno. Ma come può il professore affrontare questo impegno? Ci sono diverse variabili in gioco. La prima è la volontà del professore di venire incontro agli studenti, unita alla disponibilità di comprendere che questa attività potrebbe diventare parte dello sforzo tipico del suo lavoro, al pari della preparazione delle lezioni o delle verifiche, con l'obiettivo di garantire agli studenti risultati migliori. Un altro fattore è la sua consapevolezza della distanza tra il programma seguito e quello presentato nel libro di testo: se sa di affrontare argomenti diversi o di approfondire aspetti e sfumature non trattati nel supporto, dovrebbe sentirsi ancora più motivato ad aiutare gli studenti a orientarsi nello studio.

Ultimo, ma non per importanza, c'è la disponibilità di tempo del professore. Per quanto possa eventualmente accogliere questa pratica come parte integrante del suo ruolo, si tratta comunque di un impegno aggiuntivo: se il tempo a disposizione fosse insufficiente, ci sarebbero comunque alternative per avvicinarsi all'obiettivo di questo touchpoint. È proprio in questa fase che si giustifica il concetto di touchpoint non rigido e schedulato, ma piuttosto come un'azione consapevole per supportare gli studenti. Ad esempio, il professore potrebbe dichiarare di non riuscire a realizzare direttamente il formulario, ma potrebbe comunque fornire indicazioni su fonti, formule o riassunti tratti da altri supporti (non necessariamente solo dal libro di testo, che, come visto, spesso risulta insufficiente), segnalando questi elementi come risorse utili per la preparazione alla verifica. In questo scenario, sarebbero gli studenti stessi a creare i propri schemi (una pratica già diffusa nello studio) ma con il vantaggio di poter attingere a risorse precise e mirate, garantendo che lo sforzo investito nella loro realizzazione sia effettivamente utile in sede di verifica.

In fase progettuale è stata esplorata la possibilità di utilizzare l'intelligenza artificiale per la creazione di schemi, testi o immagini utili alla comprensione di determinati concetti, con l'intento di supportare il professore nella realizzazione di questi materiali. Tuttavia, i risultati si sono rivelati deludenti, soprattutto dal punto di vista visivo, evidenziando l'importanza dell'eventuale partecipazione di un progettista. L'unico aspetto potenzialmente utile emerso da questa sperimentazione è la capacità dell'IA di generare esempi alternativi rispetto a quelli tradizionali, offrendo al professore spunti inediti per chiarire un concetto da una prospettiva diversa o con una spiegazione nuova.

Il "formulario" per gli studenti è quindi un supporto con un grado variabile di oggettività: può essere un materiale strutturato e realizzato dal professore e dal progettista, sia a livello contenutistico che visivo, ma può anche rappresentare semplicemente un aiuto nel rendere più accessibili i supporti già utilizzati dagli studenti, superando le difficoltà tipiche dei materiali didattici tradizionali e avvicinandosi alle loro esigenze di apprendimento.

Sia che gli schemi vengano realizzati dal professore, sia che siano gli alunni a crearli, è fondamentale definire criteri chiari affinché il materiale prodotto rispetti i punti sopra citati.

Questo materiale, che può essere incluso nel formulario, segnalato al progettista o semplicemente consigliato agli studenti, deve essere:

- ◆ **Certificato:** il professore deve garantire che i contenuti richiesti per lo studio saranno effettivamente oggetto di verifica, evitando che gli studenti possano dubitare della loro rilevanza e, di conseguenza, trascurarli, compromettendo il risultato della prova.
- ◆ **Verificato:** il professore deve assicurarsi che il materiale fornito, soprattutto se proveniente da fonti esterne come il web, sia affidabile e corretto.
- ◆ **Fruibile:** in assenza di un progettista, spetta al professore valutare se una determinata fonte sia facilmente accessibile e adeguata alle esigenze di fruizione degli studenti.

# I test periodici

Creazione di test periodici tramite piattaforme di quiz online, progettati per sfruttare il principio della ripetizione dilazionata, favorendo un apprendimento a lungo termine dei concetti spiegati. I test integrano tecniche di gamification per stimolare una competizione sana e offrire un momento leggero e divertente, che rappresenta anche una pausa dalla didattica tradizionale, grazie agli interventi mirati del docente. Il tutto è sviluppato in linea con le linee guida 2 e 4, rispettando le indicazioni specifiche fornite. Gli studenti svolgeranno i test direttamente sui loro telefoni, promuovendo una visione moderna della didattica e limitando l'uso del dispositivo per distrazioni (per quanto sia un tempo breve).

L'ispirazione per questi test deriva dall'analisi di un caso studio specifico: Quantum Country, un sito web che offre schede e pagine per introdurre la computazione quantistica e che, alla fine di ogni capitolo, propone test molto semplici ripetuti nel tempo con intervalli sempre più ampi. Ad esempio, il test del primo capitolo viene presentato subito dopo la lettura, poi il giorno successivo, dopo una settimana, un mese, un anno, ecc., con l'obiettivo dichiarato di rendere, secondo gli autori, "la memoria una scelta", un claim significativo che ha influenzato la decisione di implementare il metodo nel progetto. L'idea che la memoria sia una "scelta" evidenzia infatti un limite del caso studio: la necessità dell'utente di essere motivato a voler apprendere qualcosa di nuovo e di tornare regolarmente al touchpoint, solo così si può assicurare un apprendimento duraturo e significativo. Nell'analisi delle differenze tra il contesto divulgativo e quello didattico, si è osservato che, a scuola, l'apprendimento e i suoi contenuti non sono sempre una scelta dello studente, ma vengono guidati. Questo permette di colmare la lacuna progettuale del touchpoint singolo: gli insegnanti possono proporre questi test agli studenti, spingendoli a completarli e favorendo così un apprendimento a lungo termine.

Questo touchpoint contribuisce a soddisfare le esigenze legate all'apprendimento a lungo termine, svolgendo un ruolo importante nel trasmettere nozioni che possano rendere lo studente un cittadino culturalmente informato e interessato a tematiche che potrebbero, ad esempio, facilitare la scelta del percorso universitario.

Questi test non richiedono la presenza di un progettista in collaborazione con il professore; è sufficiente fornire, in fase progettuale, alcune indicazioni per la loro realizzazione, ad esempio riguardo alle piattaforme consigliate e ai metodi di selezione degli argomenti da trattare. In primo luogo, riguardo alle piattaforme, è importante sapere che la maggior parte delle piattaforme che offrono un buon grado di personalizzazione del contenuto del modulo presenta poi rilevanti limitazioni nella raccolta e nell'analisi dei risultati. Se il professore desidera monitorare l'andamento della classe su un tema o argomento specifico, per orientarsi su eventuali interventi da implementare nella spiegazione, è necessario scegliere una piattaforma che consenta la visualizzazione di un ampio numero di risposte al questionario, come Jotform (<https://eu.jotform.com/>) o Google Forms (<https://docs.google.com/forms/u/0/>), che sono gratis e senza costi aggiuntivi.

Tuttavia, la sua funzione non si limita a questo: se i tempi di dilatazione del test sono adeguatamente progettati, questi test possono essere somministrati, ad esempio, prima di una verifica, per riprendere concetti chiave che sono essenziali per una buona valutazione. I test possono anche eventualmente restituire allo studente un feedback immediato attraverso una panoramica delle sue lacune nozionistiche e quindi aiutarlo a prepararsi meglio in ottica di verifica.

Da una parte, è sempre consigliabile consentire agli utenti di mantenere l'anonimato per evitare di generare ansia tra gli studenti, permettendo loro di percepire il questionario come uno strumento utile piuttosto che una fonte di stress. Dall'altra parte, è possibile optare per strumenti come Kahoot (<https://kahoot.com/>), che consentono la creazione di quiz da condividere con tutta la classe, eliminando l'anonimato e favorendo la partecipazione di gruppo o, eventualmente, la competizione tra singoli studenti. È anche consigliato in ogni caso di rendere obbligatorie tutte le domande per evitare risultati incompleti o imprecisi nell'analisi delle risposte.

Per la scelta dei contenuti, è importante assicurarsi che ciò che viene richiesto sia ovviamente pertinente alle lezioni svolte, che non sia troppo complesso (non si tratta di una verifica) e che sia utilmente mirato a colmare lacune fondamentali in alcuni argomenti, rendendoli utili agli studenti per una preparazione adeguata alla verifica o per un arricchimento delle loro conoscenze generali e culturali a lungo termine. Si può anche decidere di inserire nei test domande su contenuti non trattati sui libri ma comunque trattati in aula, a condizione che siano considerati rilevanti per gli studenti e valutati dal professore come conoscenze significative per il loro futuro o per la verifica. Rispetto ad altri touchpoint però, questo non implica un forte legame con i contenuti di una prova o verifica, anche se è sempre consigliato che si rientri in questa categoria, in quanto consente di presentare il test come uno strumento utile prima di tutto per gli studenti, motivandoli a compilarlo con attenzione e consapevolezza, senza percepirlo come un obbligo fastidioso.

Seguendo questa logica, come proposto dagli studenti stessi, può essere a discrezione del professore decidere che le risposte corrette nei quiz possano essere premiate con un incremento del voto finale nelle verifiche, incentivando ulteriormente la partecipazione attiva e l'impegno. Tuttavia, questa scelta implica sacrificare l'anonimato per valorizzare il merito individuale e potrebbe, come accennato in precedenza, generare dinamiche di competizione. Queste vanno però valutate con attenzione, poiché, secondo alcune fonti, per alcuni studenti la competizione può essere fonte di motivazione, mentre per altri può causare insicurezza e tendenza al ritiro.

I test a ripetizione dilazionata sono strumenti che riprendono il concetto di esperienza e gamification, offrendo una pausa dalla lezione tradizionale con la potenzialità di trasformarsi, se declinati correttamente in risposta alle esigenze del contesto classe, in un'esperienza giocosa, interattiva e in grado eventualmente di rafforzare il legame tra gli studenti (oppure di minarlo, se applicati nel contesto sbagliato). Possono essere organizzati rapidamente e secondo necessità, proponendo esperienze di risposta al questionario in gruppo, favorendo sia la cooperazione che la competizione, oppure si può scegliere un approccio più focalizzato sullo scopo primario del test, ossia le conoscenze a lungo termine, eliminando la competizione e mantenendo l'anonimato del test. In questo modo, il supporto diventa uno spettro di opzioni adattabili alle specifiche esigenze del professore e del singolo contesto.

# I social

Studio a contatto con il professore per la condivisione di materiale didattico tramite i social, in modo da proporre agli studenti del materiale che acquista di significato anche per la modalità con cui viene condiviso, assicurando sempre affidabilità, inerza alle lezioni e utilità per la verifica. Ciò verrà fatto in conformità e rispondendo alle linee guida 2, 3 e 6, rispettando le indicazioni specifiche fornite.

Questo supporto nasce in parte dal riconoscimento da parte del professore delle ottime risorse online disponibili per la visualizzazione di concetti complessi e per l'organizzazione delle lezioni, connettendolo ai risultati di una ricerca che esplora le potenzialità dei nuovi media e l'approccio che ne hanno gli studenti. Uno dei temi principali di questa tesi riguarda i metodi di fruizione dei supporti classici e come questi siano ormai considerati "datati" o comunque non più adeguatamente curati, risultando quindi insoddisfacenti per gli studenti di oggi. Da questa esigenza di nuovi supporti nasce questa risposta progettuale (insieme ad altre), che prevede la selezione di alcuni materiali da parte del professore, eventualmente in collaborazione con il progettista, provenienti da social come Instagram, YouTube, TikTok, ecc. Questi materiali possono essere utilizzati dagli studenti con l'intento di supportare ad esempio la preparazione per la verifica, ma con la differenza di essere innovativi nel modo in cui vengono fruiti, stimolando maggiormente lo studente nello studio.

Questa è un'attività che volendo non richiede l'aiuto di un progettista, anzi, è uno dei touchpoint che meno necessita di un supporto esterno, in quanto i contenuti sono facilmente condivisibili con la modalità che il professore ritiene più opportuna. Le modalità di condivisione possono variare a seconda delle necessità, dall'invio di video in tempo reale a un eventuale gruppo su WhatsApp con gli studenti, fino alla creazione di bacheche o gruppi direttamente sui social di riferimento per una condivisione più mirata e veloce. In questo modo, si crea anche uno spazio dove gli studenti sanno di poter accedere a contenuti utili, con un punto di riferimento fisso per trovarli, senza il rischio che si perdano nelle chat.

La condivisione di questi contenuti su piattaforme che gli studenti utilizzano quotidianamente può anche favorire un avvicinamento all'ambito scientifico e all'argomento trattato. Se i contenuti vengono scelti e veicolati correttamente, si tratterà comunque di materiale prodotto da divulgatori professionisti, supportato da uno studio accurato e con il potenziale di suscitare l'attenzione e la curiosità di chi lo guarda. Questo permetterà allo studente di avere ad esempio un'eventuale visione inedita degli argomenti trattati in classe, con un supporto visivo interessante e uno stimolo maggiore a studiare l'argomento, o addirittura a seguire il divulgatore, appassionandosi alle rappresentazioni che propone e al suo metodo di spiegare i concetti.

Sono stati quindi stipulati criteri fondamentali e premesse essenziali per garantire la buona fruizione di questo touchpoint da parte di tutti gli attori coinvolti nel progetto. Questi criteri sono:

✦ **Pertinenti:** i contenuti condivisi devono essere scelti con la certezza che siano strettamente legati all'argomento di studio, evitando divagazioni che possano risultare logorroiche o inutilmente prolungate.

✦ **Affidabili:** come già sottolineato per altri touchpoint, come quello del "formulario", anche qui i materiali devono essere presentati come "essenziali" o comunque utili al corretto apprendimento delle nozioni necessarie per affrontare una prova o una verifica. Lo studente deve essere sicuro di non star perdendo tempo, e per questo il professore deve chiarire che si tratta di contenuti utili, facendo una selezione di conseguenza consapevole.

✦ **Fruibili:** anche in questo caso si segue una linea guida simile a quella del "formulario", evitando contenuti video troppo lunghi o che non stimolino l'attenzione, come quelli con voci robotiche o privi di stimoli visivi efficaci. Come evidenziato dagli stessi studenti, se il contenuto diventa una "lezione 2.0" per via della sua durata eccessiva o noiosità, non viene considerato utile o stimolante, perdendo così lo spirito di questo touchpoint.

Il ruolo del progettista, qualora fosse disponibile, sarebbe quello di supportare il professore, comunicando a stretto contatto con lui per identificare i contenuti con una forma espositiva corretta, in modo da filtrare e selezionare ad esempio quelli che il professore ha scelto in precedenza. Anche in questo caso, si richiede uno sforzo extra da parte del professore, che però potrebbe vederlo come un impegno utile, pensando che ogni contenuto selezionato contribuirà a un buon svolgimento della prova. In sostanza, si riprendono le stesse considerazioni fatte per il formulario.

Il progettista può anche suggerire contenuti, se si ritiene in grado, utilizzando ad esempio risorse già impiegate per la costruzione della presentazione, che ricordiamo essere basata su contenuti divulgativi che ispirano esempi e metodi espositivi.

In questo contesto, ho selezionato una serie di contenuti, in particolare video da YouTube, utilizzati come base per alcuni concetti espressi nella presentazione. Questi video sono stati consigliati al professore e potrebbero essere inclusi nei materiali suggeriti agli studenti. I video selezionati sono:

### How gravity actually works Veritasium

<https://www.youtube.com/watch?v=XRr1kaXKBsU&t=1s>

Il video spiega che, secondo la relatività generale, la gravità non è una forza ma il risultato della curvatura dello spaziotempo. Einstein capì che un uomo in caduta libera non percepisce il proprio peso, come un astronauta nello spazio, portando al principio di equivalenza che rende la caduta libera indistinguibile da un moto inerziale. Gli oggetti seguono geodetiche, traiettorie curve nello spaziotempo, e stare fermi sulla Terra equivale ad accelerare nello spazio. La teoria di Einstein, confermata da esperimenti come la deviazione della luce attorno al Sole nel 1919, continua a essere testata per comprendere meglio la gravità.

Il video presenta un eccellente storytelling, esempi coinvolgenti e visualizzazioni precise e funzionali, il tutto con uno stile curato e supportato dall'esperienza di un divulgatore molto preparato. Nonostante il minutaggio relativamente lungo, ma comunque accettabile, il video offre una premessa chiara e un punto di arrivo ben definiti e raccontati in modo efficace (17 minuti).

### Gravity is not a force (and acceleration is upwards!) EdwardCurrent

<https://www.youtube.com/watch?v=nR9nE1TalZc&t=162s>

Il video spiega che la gravità non è una forza come il magnetismo ma un fenomeno più complesso descritto dalla relatività generale. Newton la definì una forza, ma la fisica moderna mostra che gli oggetti in caduta libera accelerano senza un'azione esterna. In un sistema inerziale i corpi si muovono per inerzia a velocità costante, mentre in uno non inerziale, come un'astronave in accelerazione, gli oggetti sembrano muoversi senza forze reali. Einstein intuì che la gravità equivale a un sistema di riferimento accelerato in cui il suolo ci spinge verso l'alto creando la sensazione di peso. L'accelerazione può derivare dal moto circolare o dalla reazione del suolo, e la bilancia misura la forza necessaria a contrastarla, evidenziando il legame tra massa e forza.

Il video offre visualizzazioni dallo stile semplice e distintivo, una proposta di argomenti interessante e uno storytelling visivo che consente di aprire e chiudere il discorso in modo chiaro, trasmettendo insight significativi e una comprensione concreta del funzionamento degli argomenti trattati (6 minuti).

## How does the curvature of spacetime create gravity? Universeio

<https://www.youtube.com/watch?v=1Y2H0mnGjlg>

Il video esplora la geometria dello spaziotempo e la gravità, partendo dalla scoperta di Eddington nel 1919, che confermò le teorie di Einstein sulla deflessione della luce. Viene spiegata la legge di gravitazione di Newton e il paradosso della velocità della luce, risolto da Einstein con la dilatazione del tempo vicino a corpi massicci. Si mostra come il tempo scorra più lentamente in un campo gravitazionale e come la massa curvi lo spaziotempo, influenzando il movimento degli oggetti. Il video conclude sottolineando l'importanza di questi concetti per comprendere l'universo.

Il video presenta una serie di visualizzazioni originali e peculiari della curvatura dello spazio-tempo, riuscendo a trasmettere in modo efficace l'idea dietro a questo fenomeno, il tutto in un minutaggio decisamente accettabile (8 minuti).

È consigliato condividere contenuti con una frequenza né troppo alta né troppo bassa, puntando su una media di 1 o 2 post/video per lezione. Questi contenuti potrebbero approfondire l'argomento trattato quel giorno e permettere allo studente uno studio meno stressante e noioso, favorendo anche l'apprendimento graduale, rispondendo a una delle esigenze espresse dal professore e colmando una delle principali lacune nel metodo di studio degli studenti.

La condivisione di contenuti sui social rappresenta un'innovazione che, da un lato, è ben evidente, mentre dall'altro è più sottile: stimolare il professore ad avvicinarsi a questi strumenti è già di per sé un incentivo a innovare i supporti didattici, riconoscendo che esistono nuove possibilità. Questo approccio favorisce la conoscenza di questi strumenti, sia nei loro aspetti positivi che negativi, con l'obiettivo di promuovere una mentalità aperta che cerca di evitare il pregiudizio del professore e di istruire indirettamente lo studente su un buon utilizzo di queste piattaforme. Nonostante questi intenti, sarebbe necessaria una tesi intera per esplorare l'approccio a questi strumenti: sebbene io abbia cercato di descriverne gli aspetti positivi e negativi in relazione alla divulgazione, i vari approcci a questo metodo di fruizione sono molteplici e potrebbero essere studiati più nel dettaglio per ottenere risultati mirati, come ad esempio un'educazione più consapevole di questi strumenti. Tuttavia, credo che questo rimanga un touchpoint esplorabile in un contesto di classe anche in merito alle testimonianze raccolte e alla ricerca fatta per questo progetto, sempre tenendo presente che sia necessario definire dei criteri per la visualizzazione dei contenuti da parte degli studenti, in modo da arginare eventuali disagi derivanti dalla fruizione di questi ultimi.

# Le esperienze

Progettazione di un insieme di esperienze che coinvolgano il docente e la sua relazione con gli studenti, pensate per creare momenti memorabili, leggeri e divertenti. Queste attività mirano a rafforzare la coesione della classe e a valorizzare il legame emotivo che il docente ha costruito nel tempo con gli alunni, trasformandolo in una risorsa didattica.

Le esperienze sono state sviluppate seguendo, per quanto possibile, i principi dell'Inquiry-Based Learning (metodo approfondito durante la fase di ricerca), cercando un equilibrio tra applicabilità pratica, tempo a disposizione e scelte in grado di soddisfare più obiettivi progettuali.

Il progetto sarà realizzato in linea con le linee guida 1, 4 e 5, rispettando tutte le indicazioni specifiche correlate.

Purtroppo, quando si parla di Inquiry-Based Learning, le aspettative su una sperimentazione effettiva sono alte. Tuttavia, nella realtà di un ultimo anno scolastico, con un professore già impegnato e studenti non abituati a questo approccio, come evidenziato nella ricerca, risulta difficile applicare il modello al 100%. Nonostante ciò, è sempre possibile integrare elementi di questo paradigma didattico in esperienze costruite dal docente, con il supporto del progettista, anche se privo di competenze prettamente pedagogiche.

Queste esperienze possono essere progettate da zero attraverso la collaborazione tra il progettista, che definisce linee guida per un buon coinvolgimento, e il docente, oppure si possono adattare attività già proposte dall'insegnante, valutandole e, se necessario, rivedendole per ampliarne l'effetto positivo sugli studenti e sulla lezione. Da questo punto di vista, il progettista ha un ruolo più limitato: non avendo competenze pedagogiche o didattiche, il suo contributo alla creazione di nuove esperienze basate sulla relazione classe-professore è contenuto. Tuttavia, quando si tratta di sviluppare supporti comunicativi specifici per generare esperienze, il progettista può intervenire in modo più significativo: un esempio in questo progetto è la presentazione, che pone le basi per un dialogo tra professore e alunni più dinamico rispetto a quello tradizionale della lezione, con l'obiettivo di stimolare la passione del docente e il suo naturale modo di interagire con gli studenti, creando ricordi emotivi che, al bisogno, possano richiamare alla mente sia il momento vissuto sia i concetti teorici associati.

Inoltre, il progettista può fornire un supporto concreto stilando una lista di criteri e punti fermi da cui il docente può partire per trovare, insieme al progettista stesso, la soluzione più adatta alle proprie esigenze, compatibilmente con il contesto.

In collaborazione con il prof. Balauo, sono state individuate due esperienze principali utili, efficaci e pertinenti all'insegnamento della relatività ristretta. Anche se il numero può sembrare ridotto, rappresenta comunque un progresso significativo rispetto alla media delle esperienze svolte dalla classe, solitamente molto limitate. Va inoltre considerato il concetto stesso di "esperienza": se da un lato si può intendere come un'attività dinamica e interattiva, dall'altro anche l'esposizione a suoni, video, immagini o altri stimoli può rientrare in questa definizione: la presentazione realizzata, ad esempio, può essere vista come parte di questo spettro.

## La caduta libera

Questa esperienza prevede che, durante la spiegazione della caduta libera e della gravità, il docente interagisca con la classe utilizzando un oggetto da lanciare, come una palla. L'oggetto viene inizialmente passato a uno studente vicino, poi a uno più lontano, e così via fino a raggiungere il fondo dell'aula. Questo porta a una domanda che stimola la riflessione degli studenti: "Se potessi lanciare la palla sempre più lontano, e ancora più lontano... cosa succederebbe?" La risposta attesa è "un'orbita", poiché la palla, non trovando un terreno su cui cadere, continuerebbe il suo moto. Da qui si introduce il concetto di orbita e si spiega perché, ad esempio, gli astronauti fluttuano sulla ISS: si trovano in caduta libera, proprio come la palla che, una volta raggiunto il punto più alto della sua traiettoria, tenta di tornare a terra ma, non trovandola, continua a muoversi attorno al pianeta. L'inserimento di un elemento fisico nella spiegazione aumenta il coinvolgimento degli studenti, connettendo l'immaginazione a un gesto familiare come il lancio di un oggetto. Questo aiuta a rendere più comprensibile il concetto teorico, associandolo a un'esperienza quotidiana e sfatando al contempo il mito secondo cui nello spazio si fluttui semplicemente "perché sì".

Tuttavia, questa esperienza ha un impatto e una durata limitati, così come la sua capacità di essere memorabile nel lungo periodo. Rappresenta comunque un valore aggiunto, soprattutto per il suo effetto sorpresa: gli studenti non si aspettano che il professore durante la lezione si metta a lanciare loro qualcosa, il che crea un momento di attenzione e curiosità.

Le esperienze progettate favoriscono il coinvolgimento degli studenti tramite un approccio più fisico rispetto alla normale lezione, con l'obiettivo di trasmettere in modo chiaro e mirato un concetto specifico dell'argomento trattato. Sebbene la loro aderenza al modello Inquiry-Based Learning sia ancora limitata, possono comunque contribuire a rendere la lezione più leggera, coinvolgente e memorabile.

Sebbene questa singola attività possa non essere sufficiente per un apprendimento profondo, un approccio didattico che integri più momenti simili, valorizzando la fisicità e il coinvolgimento attivo, può rivelarsi una strategia efficace.

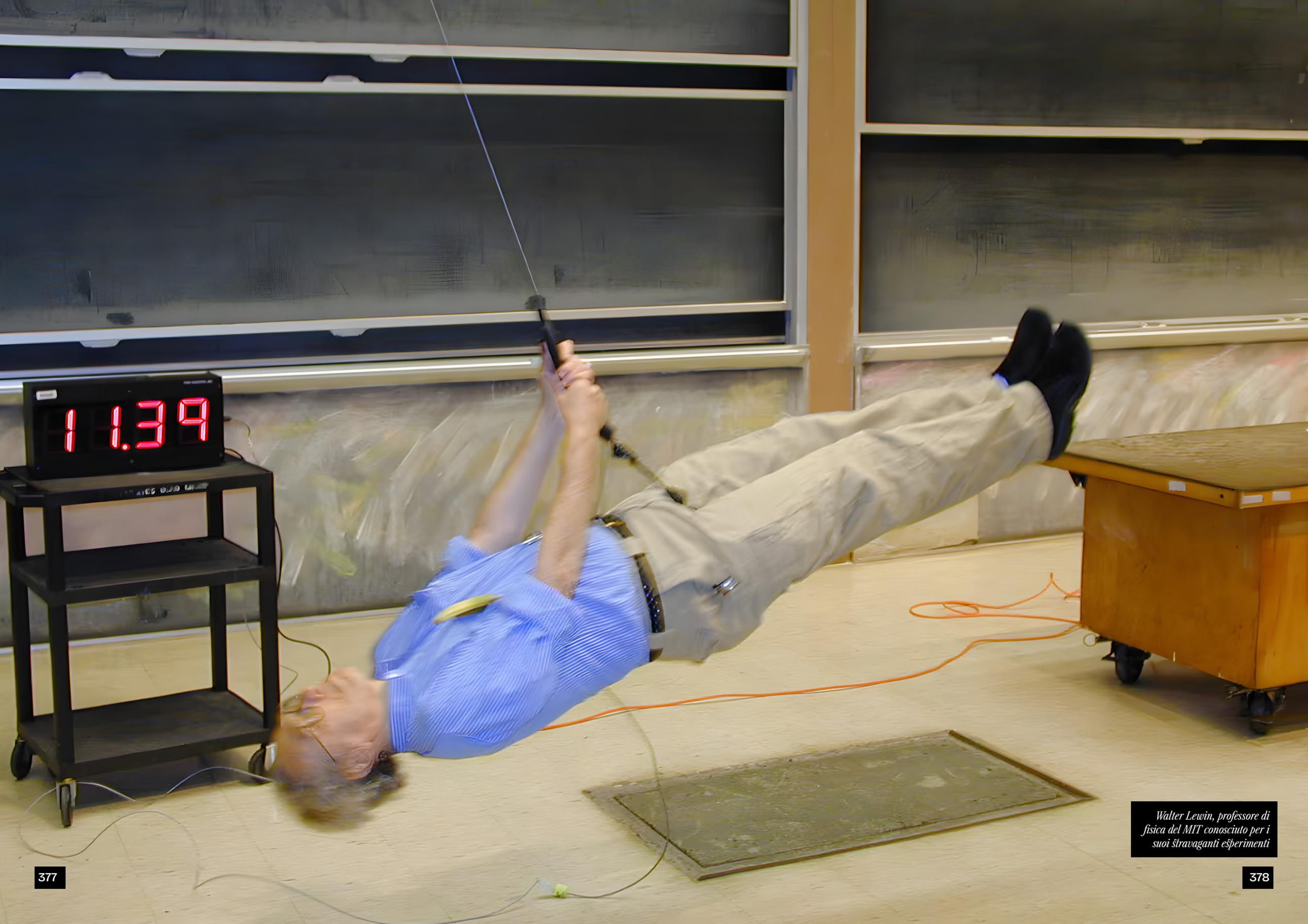
## L' accelerometro

Questa esperienza consiste nell'utilizzare un accelerometro per verificare quanto appreso a lezione sull'accelerazione in presenza della gravità. In particolare, permette di confermare due concetti fondamentali: quando siamo fermi, acceleriamo verso l'alto, mentre in caduta libera non subiamo alcuna accelerazione.

Le possibilità di messa in atto sono diverse: per tutti gli studenti che hanno Android, si può digitare sulla propria tastiera del telefono il codice \*#0\*# per accedere ad un menù nascosto che permette di testare diversi sensori tra cui l'accelerometro. Se si seleziona l'opzione per visualizzare il grafico dell'accelerometro, si può osservare che, quando il telefono è fermo su una superficie, registra un'accelerazione verso l'alto di  $9,81 \text{ m/s}^2$ , dimostrando che stiamo accelerando verso l'alto per rimanere fermi. Al contrario, lasciando cadere il telefono, il sensore rileva un'accelerazione pari a zero, confermando che in caduta libera seguiamo un moto inerziale senza accelerazione effettiva e non stiamo realmente "cadendo" sotto l'azione di una forza. Per i dispositivi iOS, non esiste un metodo integrato per accedere direttamente all'accelerometro, ma questa limitazione potrebbe trasformarsi in un'opportunità per creare un piccolo momento di aggregazione: gli studenti senza Android possono osservare e discutere i risultati insieme ai compagni che eseguono l'esperimento. Poiché far cadere un telefono potrebbe danneggiarlo, è fondamentale prevedere una superficie morbida e sicura per il test, come lo zaino degli studenti, o delle giacche/felpe. Per evitare disparità tra gli studenti, si potrebbe chiedere a tutti di installare un'unica applicazione per l'accelerometro compatibile con iOS e Android, oppure lasciare che sia il docente a eseguire l'esperimento con i propri dispositivi (come già si è dimostrato disposto a fare), riducendo così il rischio di danni ai telefoni personali.

Questa esperienza può essere strutturata in modo da offrire agli studenti un maggiore grado di libertà, ad esempio partendo da una domanda "Come possiamo verificare questo fenomeno?", lasciando agli studenti una traccia, più o meno guidata, che li conduca ad utilizzare un accelerometro.

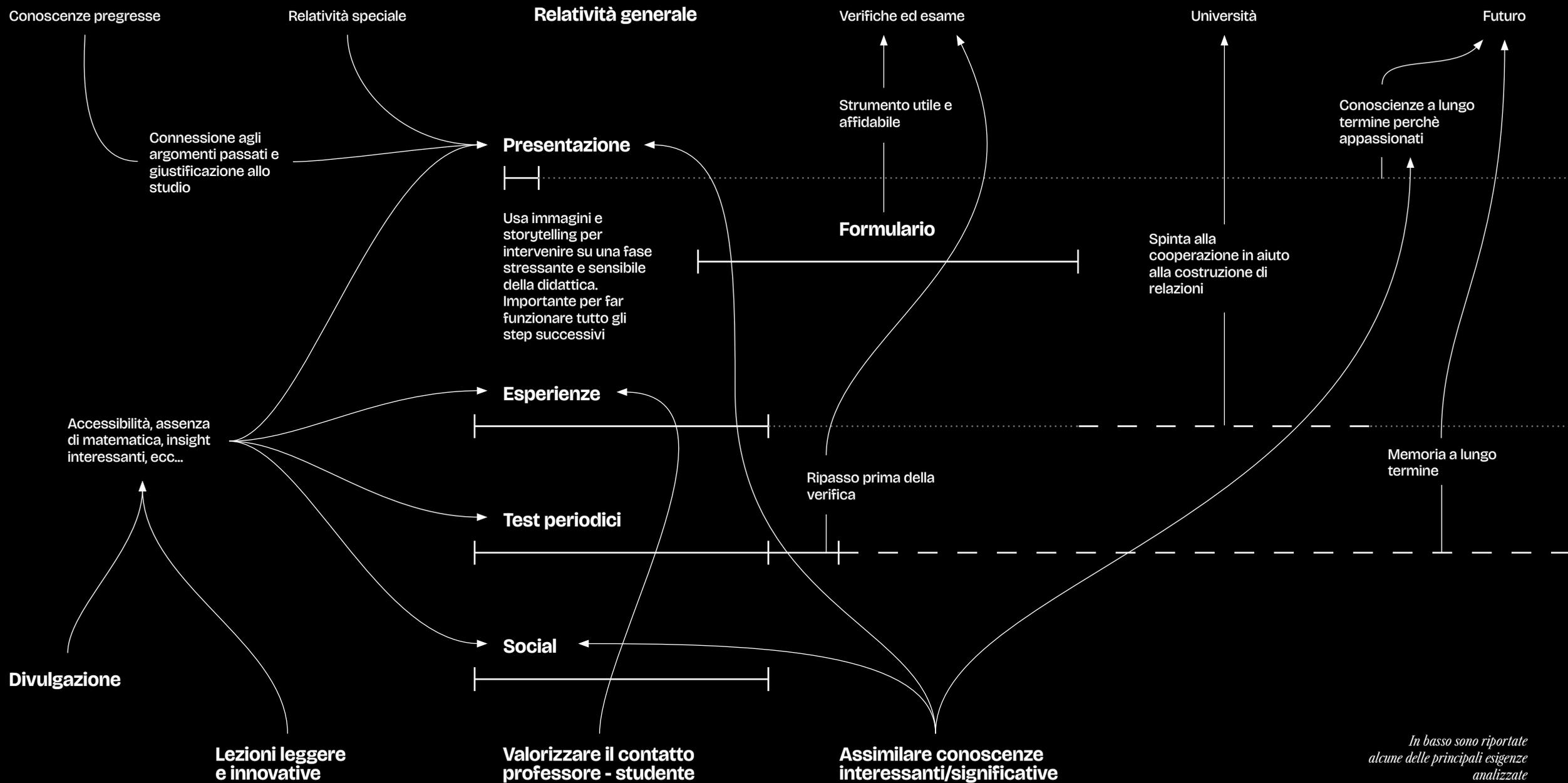
Il tema delle esperienze rimane ancora aperto ed è forse l'ambito con maggiore potenziale di sviluppo. Un aspetto che ho menzionato poco, ma che è presente nelle linee guida e meriterebbe un approfondimento, è quello della coesione: sebbene queste esperienze possano essere personalizzate con elementi che favoriscano la collaborazione tra gli studenti, non sono state progettate specificamente con questo obiettivo. Da questo punto di vista, si potrebbero aggiornare e ampliare, con l'auspicio di sviluppare una serie di esperienze più efficaci in tal senso, anche se ciò richiederebbe uno studio dedicato. Va inoltre considerato, come discusso con il professore, che nell'ambito della relatività generale è particolarmente complesso creare esperienze che connettano in modo diretto studenti e concetti. Trattandosi di un argomento astratto e non facilmente esperibile (come già sottolineato più volte in questa tesi), è inevitabile dover ricorrere a collegamenti più indiretti, privilegiando la modalità di fruizione dell'esperienza piuttosto che la trasmissione diretta di una nozione.



*Walter Lewin, professore di fisica del MIT conosciuto per i suoi stravaganti esperimenti*

# Schema dei touchpoint

*Lo schema va in ordine cronologico da sinistra verso destra*



*In basso sono riportate alcune delle principali esigenze analizzate*

# Conclusioni

Oltre allo studio del caso specifico della 5<sup>B</sup>, la domanda progettuale iniziale riguardava la compatibilità tra varie tecniche divulgative e l'attuale situazione della didattica scientifica in Italia, in particolare per la fisica complessa. Grazie al processo di ricerca e analisi dell'utenza, emerge chiaramente come la connessione tra questi due ambiti possa essere fruttuosa per il sistema scolastico: l'adozione di tecniche divulgative conferma in gran parte le previsioni iniziali, ovvero la possibilità di integrare la divulgazione nella didattica in quanto il processo divulgativo è destinato a persone prive di basi scientifiche, che però grazie ai moderni paradigmi divulgativi, rientrano nel target della terza missione, un concetto ormai molto diffuso. Grazie a questo intento di raggiungere il cittadino e l'utente medio non specializzato, si possono enfatizzare aspetti particolarmente positivi per la didattica, come l'accessibilità dei contenuti, la loro comprensione e l'interesse e la passione che derivano da un racconto coinvolgente.

Nonostante questi risultati siano stati confermati da più punti di vista e da diversi attori, sarebbe necessaria una ricerca su scala più ampia, coinvolgendo più studenti e professionisti attraverso ulteriori interviste e questionari più estesi. Come già dichiarato nei capitoli precedenti, questo permetterebbe di definire meglio linee guida più precise e di cogliere eventuali sfumature che questa ricerca potrebbe non aver colto appieno.

Per quanto riguarda il caso specifico della 5<sup>B</sup>, al momento della stesura di queste conclusioni non sono ancora arrivati feedback, poiché la presentazione (touchpoint con maggiore risonanza e primo contatto con la classe) non è stata ancora esposta. È stato però preparato un questionario: quando i risultati saranno disponibili, si potrà accedervi tramite il QR code sottostante, dove verranno depositati una volta raccolti. L'implementazione degli altri touchpoint avverrà successivamente, quindi anche per essi bisognerà attendere i feedback.

Ci sono, però, alcuni limiti della presentazione che è opportuno segnalare per eventuali versioni future più funzionali e coinvolgenti: l'uso del suono, ad esempio, potrebbe essere un elemento importante per aumentare il coinvolgimento e sarebbe ideale implementarlo nelle prossime versioni del progetto. Questo progetto, infatti, aspira a diventare un modello didattico che possa, nel suo piccolo, offrire un contributo innovativo o almeno d'ispirazione per la didattica attuale, fungendo da base per eventuali implementazioni future.

Un'altra osservazione riguarda le animazioni: non avevo mai animato in 2D prima di questo progetto, e questo, oltre che una bella sudata al cervello e qualche notte insonne, ha inevitabilmente limitato la qualità del risultato visivo finale. Sarebbe quindi ideale coinvolgere un professionista dell'animazione per garantire un livello qualitativo superiore, anche se ciò implicherebbe ridefinire alcuni aspetti collaborativi del progetto. A proposito di questo aspetto, è importante segnalare che, mentre per me le revisioni con il mio ex professore sono state piacevoli conversazioni occasionali, nelle future iterazioni del progetto sarebbe opportuno formalizzare meglio il rapporto tra progettista e docente, per assicurare un risultato professionale e privo di intoppi.

Per quanto riguarda gli altri touchpoint, in eventuali versioni future sarebbe opportuno progettare almeno il formulario insieme al professore, trattandosi del touchpoint che, dopo la presentazione, necessita maggiormente dell'intervento del progettista. Inoltre, sarebbe necessario sviluppare una versione dei test periodici, analizzando gli obiettivi del professore in relazione alle possibilità offerte da questa modalità di verifica e scegliendo una delle strade di applicazione descritte nel capitolo dedicato.

Le esperienze hanno un grande potenziale, anche se progettarne di effettive (ovvero situazioni in cui gli studenti collaborano a un esperimento o si attivano in un'attività pratica) risulta complesso con questi temi. Bisognerebbe ricercare in modo più preciso un metodo per implementare la dinamica dell'IBL, ma soprattutto, è fondamentale indirizzare gli sforzi su esperienze che mettano al centro l'interazione umana tra professore e studente, da sempre un ottimo strumento per migliorare la didattica sotto molteplici aspetti.

*QR code per i feedback della  
presentazione*



# Fonti

## Storia della comunicazione scientifica

### Articoli

Alcibar, M. (2015). Comunicación pública de la ciencia y la tecnología: una aproximación crítica a su historia conceptual. *Arbor*, 191(773), a242. <https://doi.org/10.3989/arbor.2015.773n3012>

Bevilacqua, G. (n.d.). La comunicazione scientifica: il delicato rapporto tra scienza, media e pubblico. [https://www.researchgate.net/profile/Giuliana-Bevilacqua/publication/308515051\\_Science\\_communication\\_the\\_sensitive\\_relation\\_among\\_science\\_media\\_and\\_public/links/57e544b708ae8f5011eafac6/Science-communication-the-sensitive-relation-among-science-media-and-public.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Giuliana-Bevilacqua/publication/308515051_Science_communication_the_sensitive_relation_among_science_media_and_public/links/57e544b708ae8f5011eafac6/Science-communication-the-sensitive-relation-among-science-media-and-public.pdf)

Bodmer, W. (2010). Public Understanding of Science: the BA, the Royal Society and COPUS. *Notes and Records the Royal Society Journal of the History of Science*, 64(suppl\_1). <https://doi.org/10.1098/rsnr.2010.0035>

Camussone, P., Ponte, D., & Università di Trento. (2012). La comunicazione scientifica nell'era digitale: il conflitto tra innovazione e tradizione. *Mondo Digitale*, 44, 13. [https://mondodigitale.aicanet.net/2012-4/articoli/02\\_camussone.pdf](https://mondodigitale.aicanet.net/2012-4/articoli/02_camussone.pdf)

Declich, A., & D'Andrea, L. (2005). The sociological nature of science communication. *Journal of Science Communication*, 04(02), A02. <https://doi.org/10.22323/2.04020202>

Garner, D. (2015). Celebrating 350 years of Philosophical Transactions: physical sciences papers. *Philosophical Transactions of the Royal Society a Mathematical Physical and Engineering Sciences*, 373(2039), 20140472. <https://doi.org/10.1098/rsta.2014.0472>

### Libri

Camejo, S. A. (2008). *Il bizarro mondo dei quanti*. In Springer eBooks. <https://doi.org/10.1007/978-88-470-0644-7>

Giglia, E. (2017). Capitolo 2. La comunicazione scientifica nell'era digitale. In *Ledizioni eBooks* (pp. 29–52). <https://doi.org/10.4000/books.ledizioni.521>

Price, B. (2002). *Francis Bacon's New Atlantis: New Interdisciplinary Essays*. Manchester University Press.

### Tesi

Castellazzi, M. A. G. (2016). *Linee guida per una efficace comunicazione pubblica della scienza*. [PhD dissertation, Università degli Studi di Napoli Federico II]. <http://www.fedoa.unina.it/id/eprint/10746>

### Web

Ghwi. (2024, May 7). *Quale bilancio per il Public Understanding of Science? - Observa Science in Society*. *Observe Science in Society*. <https://www.observa.it/quale-bilancio-per-il-public-understanding-of-science/>

Il Sidereus Nuncius e l'origine della comunicazione pubblica della scienza. (2018, March 26). *S&F\_scienzae filosofia.it*. [https://www.scienzae filosofia.it/2018/03/26/il-sidereus-nuncius-e-lorigine-della-comunicazione-pubblica-della-scienza/#\\_ftn4](https://www.scienzae filosofia.it/2018/03/26/il-sidereus-nuncius-e-lorigine-della-comunicazione-pubblica-della-scienza/#_ftn4)

La rivoluzione scientifica: luoghi e forme della conoscenza. *la comunicazione scientifica ed erudita - Enciclopedia - Treccani*. (n.d.). *Treccani*. [https://www.treccani.it/enciclopedia/la-rivoluzione-scientifica-luoghi-e-forme-della-conoscenza-la-comunicazione-scientifica-ed-erudita\\_\(Storia-della-Scienza\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/la-rivoluzione-scientifica-luoghi-e-forme-della-conoscenza-la-comunicazione-scientifica-ed-erudita_(Storia-della-Scienza)/)

National Museum of Australia; c=AU; o=Commonwealth of Australia; ou=National Museum of Australia. (n.d.). *The Royal Society of London | National Museum of Australia*. <https://www.nma.gov.au/exhibitions/exploration-and-endeavour/royal-society-london>

### Immagini

MeisterDrucke. (1610). *Foglio del libro Sidereus Nuncius Messaggero Sidereo di Galileo Galilei* <https://www.meisterdrucke.it/stampe-d-arte/Galileo-Galilei/787989/Foglio-del-libro-Sidereus-Nuncius-Messaggero-Sidereo-di-Galileo-Galilei,-1610.html>

Sconosciuto (1626). *Illustrazione della Nuova Atlantide di Francis Bacon* [Illustrazione] <https://www.facebook.com/photo.php?fbid=324694791640036&id=125283621581155&set=a.126272944815556>

Pagina di "Theory of the Earth, with Proofs and Illustrations" di HUTTON, James (1795). *Biblio*. <https://biblio.com.au/book/theory-earth-proofs-illustrations-hutton-james/d/541139471#gallery-20>

File:Niels Bohr Albert Einstein by Ehrenfest.jpg - Wikimedia Commons. (1925, December 11). [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Niels\\_Bohr\\_Albert\\_Einstein\\_by\\_Ehrenfest.jpg#file](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Niels_Bohr_Albert_Einstein_by_Ehrenfest.jpg#file)

Cento - Piero Angela introduce la prima puntata di "Quark" del 18/03/1981 - Video - RaiPlay. (n.d.). *RaiPlay*. <https://www.raiplay.it/video/2024/06/Cento---Piero-Angela-introduce-la-prima-puntata-di-Quark-del-18031981-6ceec72c141-47ac-96a8-94cc8e508ec2.html>

Saggio visionario del 1945 in cui Vannevar Bush propone il memex, una macchina per organizzare la conoscenza. *As we may think* : Vannevar Bush : Internet Archive. (1945). *Internet Archive*. <https://archive.org/details/as-we-may-think>

# La divulgazione scientifica

## Articoli

Borowiec, B. G. (2023). Ten simple rules for scientists engaging in science communication. *PLoS Computational Biology*, 19(7), e1011251. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1011251>

Callon, M. (1999). The role of lay people in the production and dissemination of scientific knowledge. *Science Technology and Society*, 4(1), 81–94. <https://doi.org/10.1177/097172189900400106>

Dempster, G. (2020). The communication of scientific research in news media: Contemporary challenges and opportunities. *Journal of Science Communication*, 19(03), C06. <https://doi.org/10.22323/2.19030306>

Di Carlo, G. S. (2015). Pathos as a communicative strategy for online knowledge dissemination: the case of TED talks. *3L the Southeast Asian Journal of English Language Studies*, 21(01), 23–34. <https://doi.org/10.17576/31-2015-2101-03>

Dyer, A., Howard, S. R., & Garcia, J. E. (2020). Balancing research excellence and media impact: a multistage approach. *Journal and Proceedings of the Royal Society of New South Wales*, 152(3), 320–326. <https://doi.org/10.5962/p.361886>

Fiske, S. T., & Dupree, C. (2014). Gaining trust as well as respect in communicating to motivated audiences about science topics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(supplement\_4), 13593–13597. <https://doi.org/10.1073/pnas.1317505111>

Habibi, S. A., & Salim, L. (2021). Static vs. dynamic methods of delivery for science communication: A critical analysis of user engagement with science on social media. *PLoS ONE*, 16(3), e0248507. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248507>

Hopf, H., Krief, A., Mehta, G., & Matlin, S. A. (2019). Fake science and the knowledge crisis: ignorance can be fatal. *Royal Society Open Science*, 6(5), 190161. <https://doi.org/10.1098/rsos.190161>

Höttecke, D., & Allchin, D. (2020). Reconceptualizing nature-of-science education in the age of social media. *Science Education*, 104(4), 641–666. <https://doi.org/10.1002/sce.21575>

Knudsen, M. P., Frederiksen, M. H., & Goduscheit, R. C. (2019). New forms of engagement in third mission activities: a multi-level university-centric approach. *Innovation*, 23(2), 209–240. <https://doi.org/10.1080/14479338.2019.1670666>

Lidskog, R., Berg, M., Gustafsson, K. M., & Löfmarck, E. (2020). Cold science meets hot weather: environmental threats, emotional messages and scientific storytelling. *Media and Communication*, 8(1), 118–128. <https://doi.org/10.17645/mac.v8i1.2432>

Locritani, M., Merlino, S., Garvani, S., & Di Laura, F. (2020). Fun educational and artistic teaching tools for science outreach. *Geoscience Communication*, 3(2), 179–190. <https://doi.org/10.5194/gc-3-179-2020>

Martini, K. I., McClain, C. R., Bik, H., Helm, R. R., Long, D., Warneke, A. M., Dove, A. D., Goldstein, M. C., MacPherson, R., & Zelnio, K. A. (2016). Ten Simple Rules for Effective Online Outreach: What a decade at Deep Sea News has taught us. *AGUFM*, 2016. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2016AGUFMPA31C2210M/abstract>

Mea, M., Newton, A., Uyerra, M. C., Alonso, C., & Borja, A. (2016). From Science to Policy and Society: Enhancing the Effectiveness of communication. *Frontiers in Marine Science*, 3. <https://doi.org/10.3389/fmars.2016.00168>

Milkman, K. L., & Berger, J. (2014). The science of sharing and the sharing of science. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(supplement\_4), 13642–13649. <https://doi.org/10.1073/pnas.1317511111>

Nelles, J., & Vorley, T. (2010). From policy to practice: engaging and embedding the third mission in contemporary universities. *International Journal of Sociology and Social Policy*, 30(7/8), 341–353. <https://doi.org/10.1108/01443331011060706>

Peters, H. P. (2023). Public engagement as rhetoric, persuasion as practice. *Mètode Revista De Difusió De La Investigació*, 5. <https://doi.org/10.7203/metode.13.26011>

Peters, H. P., Dunwoody, S., Allgaier, J., Lo, Y., & Brossard, D. (2014). Public communication of science 2.0. *EMBO Reports*, 15(7), 749–753. <https://doi.org/10.15252/embr.201438979>

Rovetta, A., & Castaldo, L. (2023). Empathy, Kindness, and Moderation are not Just Formalities in Science. *Information & Media*, 96, 153–160. <https://doi.org/10.15388/im.2023.96.71>

Sobral, M. L. P. (2020). Social media and science. *Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery*, 35(5). <https://doi.org/10.21470/1678-9741-2020-0384>

Solovey, M. (1998). Misunderstanding Science? The Public Reconstruction of Science and Technology ed. by Alan Irwin and Brian Wynne. *Technology and Culture*, 39(2), 338–340. <https://doi.org/10.1353/tech.1998.0127>

Taddicken, M., & Krämer, N. (2021). Public online engagement with science information: on the road to a theoretical framework and a future research agenda. *Journal of Science Communication*, 20(03), A05. <https://doi.org/10.22323/2.20030205>

Terren, L., & Borge-Bravo, R. (2021). Echo Chambers on Social Media: A Systematic Review of the literature. *Review of Communication Research*, 9, 99–118. <https://doi.org/10.12840/issn.2255-4165.028>

Vorley, T., & Nelles, J. (2008). (Re) conceptualising the academy. *Higher Education Management*, 20(3), 1–17. <https://doi.org/10.1787/hemp-v20-art25-en>

Weingart, P., & Guenther, L. (2016). Science communication and the issue of trust. *Journal of Science Communication*, 15(05), C01. <https://doi.org/10.22323/2.15050301>

## Interviste

Intervista a Roberto Balaudo, docente di fisica e matematica presso il Liceo Curie Vittorini di Grugliasco

Intervista a Matteo Luca Ruggiero, professore di divulgazione scientifica all'Università di Torino

## Libri

Hansson, L., & Yacoubian, H. A. (2021). Correction to: Nature of science for Social Justice: Why, what and how? In *Science: Philosophy, history and education* (p. C1). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-47260-3\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-030-47260-3_14)

Iakovleva, T., & Adkins, M. E. (2022). The third mission. In *Routledge eBooks* (pp. 75–95). <https://doi.org/10.4324/9781003150299-6>

Karlsen, J., & Larrea, M. (2019). Does a responsible university need a third mission? In *Springer eBooks* (pp. 173–199). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-25646-3\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-25646-3_7)

## Immagini

Camera anecoica - Biennale Tecnologia. (2024, April 22). Photogallery - Biennale Tecnologia. <https://www.biennaletecnologia.it/photogallery/>

Nf, B. T. (n.d.). Intermountain Forest Service, USDA Region 4 Photography. Flickr. <https://flickr.com/photos/bridgerteton/26837200008/in/photolist-GTVeYy-buW-Vyx-2ho5MMA-buwDoz-bEn-pzc-gGhWS-295Z7zG-2abv-qu8-7KiD2f-7KeyNr-DCoXQa-2a-7sHB5-2e5zdrk-H3ttAA-AXh-sdG-BsEuFF-BUNeFi-BSux31-BM-vM5c-AXhoxW-bEnPkr-2hZX-3VU-2gj7gfN-V8FEmE-HFa2wt-7KeDtI-HNTdHM-eiAMVo-eVmuiZ-yjeu5t-2abvq9Z-yIUU1y-pww-g8s-EbTbAZ-s2h5es-DJL2rw-EIrmVq-7KeEAX-eCzfbR-DCoGng-De9Udm-EbTdUr-E9ydu-Deuiv-V-EIrmBj-DCoGd8-DCoWix-Bd8s2d-DJL7X1-DJLc9Y/lightbox/>

StarTalk on TikTok. (n.d.). TikTok. [screenshot 00:01] <https://www.tiktok.com/@neildegrassetyson/video/7299978946198670634?lang=en>

GEOPop: la divulgazione scientifica in chiave moderna. (2023, November 22). Master in Comunicazione, Marketing Digitale E Pubblicità Interattiva - Università Cattolica. <https://comunicazione-digitaleinterattiva.wordpress.com/2023/11/22/geopop-la-divulgazione-scientifica-in-chiave-moderna/>

# La didattica scientifica

## Articoli

Alarcon, D. a. U., Talavera-Mendoza, F., Paucar, F. H. R., Caceres, K. S. C., & Viza, R. M. (2023). Science and inquiry-based teaching and learning: a systematic review. *Frontiers in Education*, 8. <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1170487>

Alberts, B. (2022). Why science education is more important than most scientists think. *FEBS Letters*, 596(2), 149–159. <https://doi.org/10.1002/1873-3468.14272>

Brigham, F. J., Scruggs, T. E., & Mastropieri, M. A. (2011). Science Education and Students with Learning Disabilities. *Learning Disabilities Research and Practice*, 26(4), 223–232. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5826.2011.00343.x>

Del Pezo, E. a. C., Yagual, N. K. T., Ibadango, S. M. P., & Brito, C. a. P. (2024). Use of artificial intelligence in high school mathematics teaching. *Revista Iberoamericana De La Educación*, 8(3). <https://doi.org/10.31876/ie.v8i3.273>

Demirdag, S. (2014). Effective Teaching Strategies and Student Engagement: Students with Learning Disabilities. *International Journal of Teaching and Education*, 2(3), 168–175. [https://www.iises.net/download/Soubory/soubory-puvodni/pp168-175\\_ijo-teV2N3.pdf](https://www.iises.net/download/Soubory/soubory-puvodni/pp168-175_ijo-teV2N3.pdf)

Essex, J. (2020). Towards truly inclusive science education: a case study of successful curriculum innovation in a special school. *Support for Learning*, 35(4), 542–558. <https://doi.org/10.1111/1467-9604.12332>

Fourez, G. (2016). CRISE NO ENSINO DE CIÊNCIAS. *Investigações Em Ensino De Ciências*, 8(2), 109–123. <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/download/542/337>

Fuentes-Hurtado, M., & Martínez, J. G. (2019). Evaluación inicial del diseño de unidades didácticas STEM gamificadas con TIC. *EduTec Revista Electrónica De Tecnología Educativa*, 70, 1–17. <https://doi.org/10.21556/edutec.2019.70.1469>

Graziani, A. (n.d.). Introduzione alla comunicazione e alla divulgazione scientifica con elementi di teoria generale della informazione e della comunicazione. *Saggi E Studi Di Pubblicità*. [https://elearning.fondazioneuniversitaria.it/pluginfile.php/2565/mod\\_resource/content/0/Introduzione%20%20alla%20%20comunicazione%20e%20e%20%20alla%20%20divulgazione%20%20scientifica%20%20-Bioscienze.pdf](https://elearning.fondazioneuniversitaria.it/pluginfile.php/2565/mod_resource/content/0/Introduzione%20%20alla%20%20comunicazione%20e%20e%20%20alla%20%20divulgazione%20%20scientifica%20%20-Bioscienze.pdf)

Greenhow, C., & Chapman, A. (2020). Social distancing meet social media: digital tools for connecting students, teachers, and citizens in an emergency. *Information and Learning Sciences*, 121(5/6), 341–352. <https://doi.org/10.1108/ils-04-2020-0134>

Heeg, D. M., & Avraamidou, L. (2023). The use of Artificial intelligence in school science: a systematic literature review. *Educational Media International*, 60(2), 125–150. <https://doi.org/10.1080/09523987.2023.2264990>

Hulleman, C. S., & Harackiewicz, J. M. (2009). Promoting interest and performance in high school science classes. *Science*, 326(5958), 1410–1412. <https://doi.org/10.1126/science.1177067>

Kapri, U. C. (2017). EFFECTIVENESS OF ADVANCE ORGANIZER MODEL OVER CONVENTIONAL METHODS OF TEACHING OF SCIENCE AT SECONDARY LEVEL. *International Journal of Research -GRANTHAALAYAH*, 5(7), 193–198. <https://doi.org/10.29121/granthaalayah.v5.i7.2017.2121>

Kigo, N. J. K., Okere, N. M., & Mughanga, N. C. M. (2018). A survey report on the Effectiveness of Advance Organizers Research as a Teaching Strategy. *Kabarak Journal of Research and Innovation*, 5(2), 19–26. <https://doi.org/10.58216/kjri.v5i2.129>

Lazaridou, G. (2022). APPROACHES AND CHARACTERISTICS OF LEARNING DIFFICULTIES IN HIGH SCHOOL STUDENTS. *European Journal of Special Education Research*, 8(4). <https://doi.org/10.46827/ejse.v8i4.4508>

Miozzi, S. & INFN - National Institute for Nuclear Physics. (2015). IBSE: Inquiry Based Science Education nel progetto europeo "TEMI" (Teaching Enquiry with Mysteries incorporated). Indico, 9. [https://indico.cern.ch/event/391459/sessions/78832/attachments/1150499/1651296/Introduzione\\_allIBSE.pdf](https://indico.cern.ch/event/391459/sessions/78832/attachments/1150499/1651296/Introduzione_allIBSE.pdf)

Mollick, E. R., & Mollick, L. (2023). Using AI to implement effective teaching strategies in classrooms: Five strategies, including prompts. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4391243>

Patel, M., Trivedi, D., & Sardar Patel University. (2020). Advance Organizer Model: Reviews of Past Studies. *Research Guru*, 14(1), 25–28. <https://www.researchguru.net/volume/Volume%2014/Issue%201/RG5.pdf>

Perdigão, D. (2022). Jornalismo científico e ensino de ciências. *Revista Tecnica*, 7(1). <https://doi.org/10.56762/tecnica.v7i1.11>

Russo, A., & Adorno, D. P. (2018). An inquiry-based learning path to introduce modern physics in high-school. *Journal of Physics Conference Series*, 1076, 012007. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1076/1/012007>

Soboleva, E. V., Galimova, E. G., Maydangalieva, Z. A., & Batchayeva, K. K. (2018). Didactic value of Gamification Tools for teaching Modeling as a method of learning and cognitive activity at school. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 14(6). <https://doi.org/10.29333/ejmste/89843>

Venturi, M., & Marchini, M. (2018). Insegnare Scienze: qualche considerazione metodologica, ma non solo. *Annali Online Della Didattica E Della Formazione Docente*, 9(14), 280–293. <https://doi.org/10.15160/2038-1034/1593>

## Interviste

Intervista a Roberto Balardo, docente di fisica e matematica presso il Liceo Curie Vittorini di Grugliasco

Intervista a Matteo Luca Ruggiero, professore di divulgazione scientifica all'Università di Torino

## Libri

Medicine, N. a. O. S. E. A., Engineering, N. a. O., Education, D. O. B. a. S. S. A., Education, B. O. S., & Grades, C. O. S. I. a. E. D. E. I. (2019). *Science and Engineering for grades 6-12: Investigation and Design at the Center*. National Academies Press.

## Web

Didattica delle scienze | DISF. org. (n.d.). <https://disf.org/didattica-scienze>

Pagina 8 - Concorso Docenti - Lettura di approfondimento Erickson - 26 gennaio. (n.d.). [https://www2.erickson.it/contenuti/26\\_gen/files/assets/basic-html/page8.html](https://www2.erickson.it/contenuti/26_gen/files/assets/basic-html/page8.html)

Pedagogika.It, & Pedagogika.It. (2018, February 5). *Insegnare le scienze nella secondaria superiore* - Pedagogia.it. <https://www.pedagogia.it/blog/2016/07/13/insegnare-le-scienze-nella-secondaria-superiore/>

Skillato. (n.d.). - The Gamification Research Lab. - the Gamification Research Lab. <https://www.gamification.it/>

## Immagini

File:CARLO ROVELLI.jpg - Wikimedia Commons. (2015, November 4). [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CARLO\\_ROVELLI.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CARLO_ROVELLI.jpg)

File:Gamification techniques 7.jpg - Wikimedia Commons. (2012, November 29). [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gamification\\_techniques\\_7.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gamification_techniques_7.jpg)

# Comunicare la fisica complessa

## Articoli

Gültepe, N. (2016). Reflections on high school students' graphing skills and their conceptual understanding of drawing chemistry graphs. *Educational Sciences Theory & Practice*. <https://doi.org/10.12738/estp.2016.1.2837>

Hamid, H. A., Idris, N., & Tapsir, R. (2020). Students' use of graphs in understanding the concepts of derivative. *Southeast Asian Mathematics Education Journal*, 9(1), 3–16. <https://doi.org/10.46517/seamej.v9i1.69>

Henriksen, E. K., Bungum, B., Angell, C., Tellefsen, C. W., Frágát, T., & Bøe, M. V. (2014). Relativity, quantum physics and philosophy in the upper secondary curriculum: challenges, opportunities and proposed approaches. *Physics Education*, 49(6), 678–684. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/49/6/678>

Lettura di libri e fruizione delle biblioteche. (2023). ISTAT - Istituto Nazionale di Statistica. [https://www.istat.it/wp-content/uploads/2023/05/STATISTICA\\_TO-DAY\\_Libri\\_biblioteche.pdf](https://www.istat.it/wp-content/uploads/2023/05/STATISTICA_TO-DAY_Libri_biblioteche.pdf)

Talents Venture. (2024). Le abitudini di studio all'università. In AIE - Associazione Italiana Editori. AIE - Associazione Italiana Editori. [https://www.aie.it/Portals/\\_default/Skede/Allegati/Skeda105-9581-2024.2.12/AIE-Talents%20Venture.%20Come%20studiano%20gli%20universitari%20-%20feb%202024.pdf?IDUNI=pfxcdefb2pb-zih1kckb33kezy8007](https://www.aie.it/Portals/_default/Skede/Allegati/Skeda105-9581-2024.2.12/AIE-Talents%20Venture.%20Come%20studiano%20gli%20universitari%20-%20feb%202024.pdf?IDUNI=pfxcdefb2pb-zih1kckb33kezy8007)

## Interviste

Intervista a Roberto Balardo, docente di fisica e matematica presso il Liceo Curie Vittorini di Grugliasco

Intervista a Matteo Luca Ruggiero, professore di divulgazione scientifica all'Università di Torino

## Libri

Maslow, A. H. (1968). *Toward a psychology of being*. Princeton, N.J.: Van Nostrand.

## Immagini

File:A view of the M87 supermassive black hole in polarised light.tif - Wikimedia Commons. (2021, March 24). [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:A\\_view\\_of\\_the\\_M87\\_supermassive\\_black\\_hole\\_in\\_polarised\\_light.tif](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:A_view_of_the_M87_supermassive_black_hole_in_polarised_light.tif)

EdwardCurrent. (2014, July 20). How gravity makes things fall [Screenshot]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=jIT-VIMOix3I>

File:Feynman-W-W-Z.svg - Wikimedia Commons. (2012, September 24). <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Feynman-W-W-Z.svg>

# Analisi dell'utenza

## Illustrazioni

Edoardo Golia. Instagram. (n.d.). [https://www.instagram.com/edo\\_jones/](https://www.instagram.com/edo_jones/)

# Il progetto

## Illustrazioni

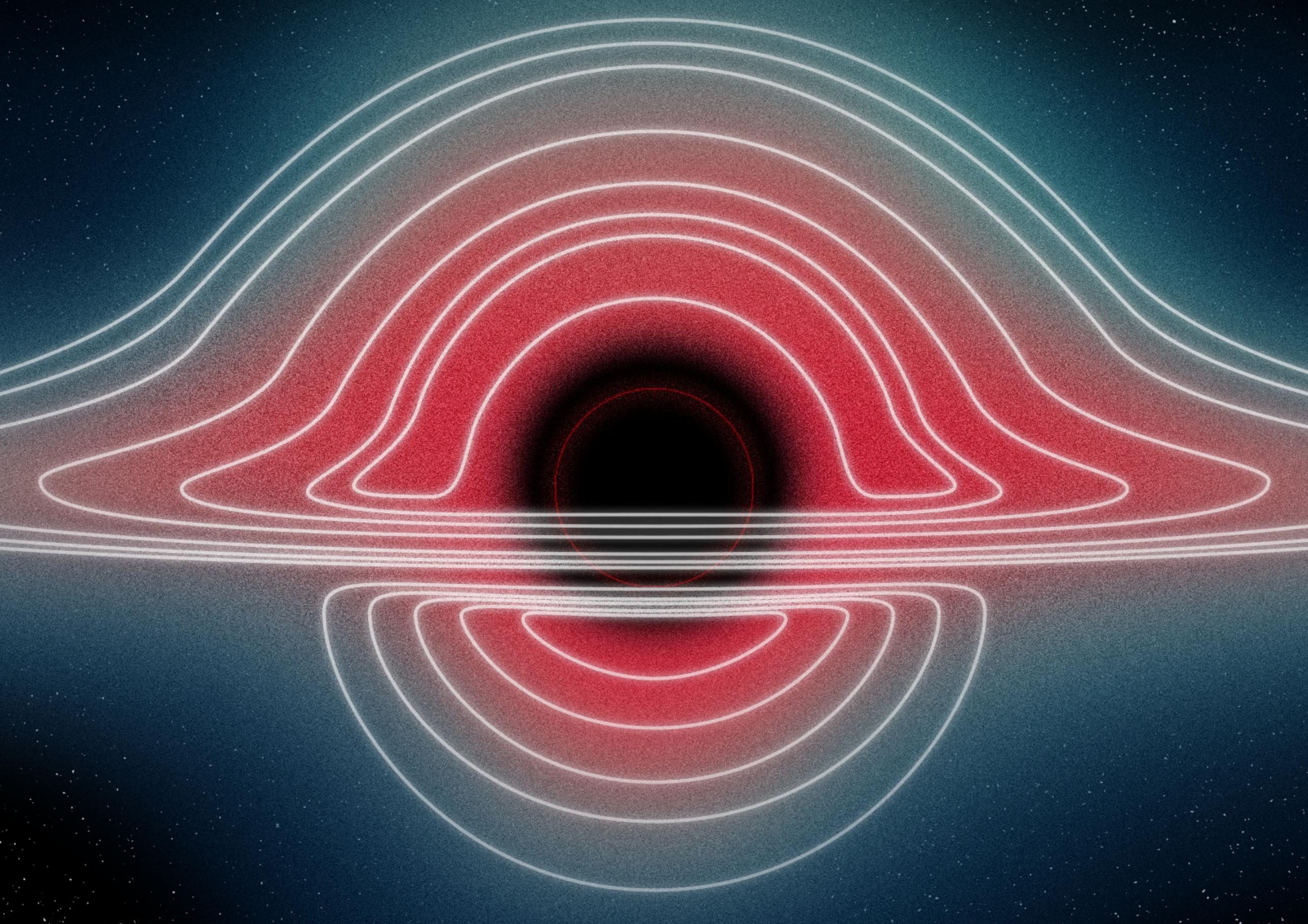
Edoardo Golia. Instagram. (n.d.). [https://www.instagram.com/edo\\_jones/](https://www.instagram.com/edo_jones/)

A labor of love. (2011, May 18). MIT News | Massachusetts Institute of Technology. <https://news.mit.edu/2011/walter-lewin-lecture-book-0518>

## Immagini

Pinterest. (n.d.). Pinterest. <https://it.pinterest.com/pin/2533343536918878/>





00

