

# Corso di Fisica

di Claudio Cereda



ultimo aggiornamento 17 dicembre 2024

Dall'estate del 2024 ho ripreso in mano la sesta parte ed ho iniziato a lavorare sulla meccanica quantistica – fatto quello ho ripreso in mano la versione 5 che giaceva dal 2018 e ricominciato a leggere e a scrivere cercando di migliorare. Il lavoro di revisione inizia dalla quinta parte

Nella nuova versione ho eliminato l'elenco paragrafi a pagina 1 perché nel pdf di ogni capitolo è presente l'indice completo navigabile con i segnalibri.

---

Per le modifiche e i post di pubblicazione ho creato questa pagina: [modifiche al corso di fisica](#)

un po' di [ex alunni si confrontano](#) intorno agli effetti di quel corso di fisica che vedete presentato qui sotto – leggere il post e i commenti

---

## Introduzione

Il Corso di Fisica Generale che viene qui presentato si caratterizza per i seguenti elementi:



- sul piano metodologico si è cercato di presentare la fisica prestando una grande attenzione sia agli aspetti storici sia a quelli fondazionali. Nello scrivere ho tenuto costantemente presenti *i perché* che io stesso mi facevo da studente e, come è noto, la curiosità è la base di ogni conoscenza scientifica.
- sul piano contenutistico si è mantenuta la distinzione classica per grandi campi di indagine, ma tale distinzione è stata costantemente contaminata da incursioni nel mondo della fisica moderna e dalla abitudine a *guardare fuori dalla finestra*, perché *in fisica tutto è reciprocamente interconnesso* e la distinzione è solo un comodo strumento per apprenderla in maniera sistematica
- sul piano didattico si è cercato di presentare i risultati principali di ogni capitolo nella fase iniziale dello stesso rimandando, ma non eliminando, la trattazione più rigorosa e sistematica. I capitoli sono pieni di esercizi svolti scelti o costruiti a partire dal lavoro didattico quotidiano e dal confronto con i temi proposti alle selezioni regionali e nazionali delle Olimpiadi della Fisica. Al termine di ogni capitolo una mappa concettuale inquadra le connessioni e il senso del capitolo stesso.
- Sul piano grafico, sul lato esterno di ogni pagina, compaiono grafici, immagini, francobolli scientifici, vignette. L'apparato iconografico è strettamente correlato al testo e si consiglia dunque di utilizzarlo. La scelta della impaginazione, che richiama le *Lectures on Physics* di R. Feynman (testo da cui ho imparato ad amare la fisica nel lontano 1967), dovrebbe agevolare l'uso di note personali e appunti a margine.

In cima ad ogni capitolo è indicato il numero di versione e la data dell'ultima modifica significativa.

Il cambio di versione implica solitamente una modifica di

struttura o di layout della intera opera mentre il numero dopo il punto indica successivi rifacimenti di una stessa versione. In effetti questo lavoro, iniziato nel 1993 e che si porta dietro la mia esperienza di insegnamento dai primi anni 70 è *come la fabbrica del duomo*.

Non essendo nato per fini commerciali viene continuamente rimaneggiato sulla base della esperienza di utilizzo con gli studenti. Di solito ci metto mano d'estate, quando sono meno assillato dai compiti e dal quotidiano, ma se mi capita la settimana giusta mi ci butto a corpo morto anche in corso d'anno: rileggo, limo, cambio, ...Mancano alcune parti di fisica moderna perché la mia esperienza di insegnamento di quegli argomenti non è da me giudicata sufficiente e ogni volta che mi metto a scrivere vengo assalito da dubbi (essenzialmente sul cosa non scrivere). Ma con un po' di pazienza finirà.

---

## **Capitolo 0: Introduzione sulle grandezze fisiche e sulla matematica che ci serve**

- Si tratta di un capitolo introduttivo che serve a puntualizzare sia elementi indispensabili di matematica, sia ad introdurre aspetti tipici delle grandezze fisiche e dei sistemi di unità di misura che sono molto spesso trascurati. Aggiunto un paragrafo su alcune identità goniometriche utili per gli esercizi e un paragrafo con i quesiti dalle Olimpiadi. Aggiunto un paragrafo sul teorema di Archimede e una ampia raccolta di quesiti di fine capitolo [Un po' di introduzione sulle grandezze fisiche e sulla matematica indispensabile](#) 5.2 60 pag. 27  
marzo 2014
-

# Prima parte: Il moto e le forze



1. **La velocità:** come si descrive il moto ad una dimensione? Come si classificano i moti? Velocità media ed istantanea. Significato geometrico come inclinazione del diagramma orario. Dal diagramma della velocità al diagramma orario (il metodo dell'area). I punti speciali in un diagramma orario. Esercizi impegnativi a fine capitolo [0101 La velocità \(5.0 marzo 2014\)](#)
2. **L'inerzia:** non c'è fisica senza sistema di riferimento (osservatore) e non c'è sistema di riferimento senza una riflessione sui sistemi inerziali. Il principio di inerzia è una legge fisica che serve a fondare culturalmente, logicamente e storicamente la meccanica. Per questo sta all'inizio. Cosa succede se si cambia sistema di riferimento? Le trasformazioni di Galilei [0102 Inerzia \(5.0 marzo 2014\)](#)
3. **I vettori: quando i numeri non bastano:** perché si introduce il calcolo vettoriale; la somma fisica come sovrapposizione; elementi di calcolo vettoriale; le grandezze cinematiche vettoriali posizione, spostamento e velocità; composizione vettoriale delle velocità e moti relativi; i due prodotti del calcolo vettoriale. [0103 I vettori: quando i numeri non bastano \(5.0 marzo 2014\)](#)
4. **La accelerazione:** definizione e genesi del concetto; legame reciproco tra posizione velocità e accelerazione; il moto rettilineo uniformemente accelerato; il moto circolare uniforme e il moto curvilineo vario (le componenti del vettore accelerazione), quesiti dalle Olimpiadi della Fisica sulla cinematica [0104 La](#)

[accelerazione \(5.1 18 marzo 2014\)](#)

5. **La forza:** forza e interazioni fondamentali; legge di Hooke e definizione statica della forza; la forza come *vettore speciale*; III legge della dinamica; problematiche dell'equilibrio; genesi della nozione di momento; le leve in biomeccanica. [0105 La forza \(5.1 18 marzo 2014\)](#)
6. **Il peso e la massa gravitazionale:** definizione operativa del peso e della massa gravitazionale; peso e forza di gravità due grandezze fisiche correlate ma diverse; densità. [0106 Il peso e la massa gravitazionale \(5.1 18 marzo 2014\)](#)
7. **La seconda legge della dinamica:** contesto di validità, enunciato, definizione di massa inerziale, additività di forze e masse; applicazioni; equivalenza di massa inerziale e gravitazionale [0107 La seconda legge della dinamica \(5.1 18 marzo 2014\)](#)
8. **Applicazioni della dinamica allo studio del moto:** discussione generale del problema; il caso delle forze costanti e il moto parabolico; tecniche per la soluzione approssimata della equazione nel caso di forze variabili; condizioni iniziali e determinismo meccanicista [0108 Applicazioni della dinamica allo studio del moto \(5.0 marzo 2014\)](#)
9. **L'attrito:** l'attrito radente statico e dinamico (origine, leggi e spiegazione); il movimento in presenza delle forze d'attrito; l'attrito interno (resistenza viscosa e resistenza del mezzo); applicazioni del calcolo dimensionale; moto di caduta in un fluido e velocità limite; applicazioni dinamiche e statiche. [0109 L'attrito \(5.1 18 marzo 2014\)](#)
10. **Il teorema di conservazione della quantità di moto:** forze variabili, teorema dell'impulso e forza media; la II legge della dinamica per un sistema; legge di conservazione della quantità di moto per un sistema isolato; centro di massa e sistema di riferimento del centro di massa; rinculo; moto a reazione e sistemi a

massa variabile. Apparati didattici di fine capitolo (quesiti, Olimpiadi, problemi) [0110 Il teorema di conservazione della quantità di moto \(27 marzo 2014\) 38 pag. versione 5.1](#)

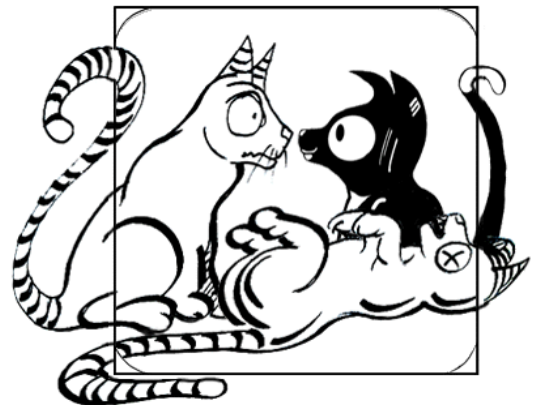
11. **Energia cinetica e lavoro:** come nasce e perché è caro ai fisici il concetto di energia; l'azione delle forze nello spazio porta all'energia cinetica; definizione di lavoro; potenza e rendimento; applicazioni di tipo biofisico. Apparati didattici di fine capitolo (quesiti, Olimpiadi, problemi) [0111 Energia cinetica e lavoro \(27 marzo 2014\) 38 pag. versione 5.1](#)
12. **Elementi di teoria dell'urto:** perché i fisici studiano gli urti; urto totalmente anelastico; urto totalmente elastico a una e due dimensioni; il rallentamento dei neutroni. Apparati didattici di fine capitolo abbastanza impegnativi e pensati per gli studi di fisica delle particelle (quesiti, Olimpiadi, problemi) [0112 Elementi di teoria dell'urto \(27 marzo 2014\) 30 pag. versione 5.1](#)
13. **La gravitazione:** il contesto e le argomentazioni che portano alla legge; enunciato, determinazione sperimentale della costante e suo significato; spiegazione della accelerazione di gravità; determinazione indiretta di grandezze astronomiche; effetti della rotazione terrestre sulla accelerazione di gravità. Apparati didattici di fine capitolo con approfondimenti sulle maree e sulla struttura della Terra. [0113 La gravitazione \(27 marzo 2014\) pag. 47 versione 5.1](#)
14. **Le forze conservative e l'energia potenziale:** ripresa in generale del concetto di lavoro per le forze variabili; il lavoro della forza elastica e quello della forza elettrica-gravitazionale; concetto di forza conservativa; definizione di energia potenziale ed espressione per forze costanti, elastiche e gravitazionali; dipendenza dal riferimento. Apparati didattici di fine capitolo [0114 Le forze conservative e l'energia potenziale \(27 marzo 2014\) pag. 20 versione](#)

## 5.1

15. **Il teorema di conservazione dell'energia in Meccanica Classica:** conservazione e non conservazione dell'energia meccanica; applicazioni al caso di forze costanti e ai sistemi orbitanti; velocità cosmiche; diagrammi dell'energia potenziale e sistemi legati. Apparati didattici di fine capitolo. [0115 Il teorema di conservazione dell'Energia in Meccanica Classica \(27 marzo 2014\) pag. 38 versione 5.1](#)
16. **La legge di conservazione del momento angolare:** il moto dei corpi rigidi e l'energia cinetica del moto rotatorio; rotolamento ed asse istantaneo di rotazione; momento di inerzia e teorema di Steiner; il momento di una forza dal punto di vista dinamico momento delle forze esterne e momento angolare; la legge di conservazione; confronto tra moto traslatorio e moto rotatorio (grandezze tipiche e leggi); Apparati didattici di fine capitolo. [0116 La legge di conservazione del momento angolare \(27 marzo 2014\) pag. 41 versione 5.0](#)

---

## **Seconda parte: Serve una nuova meccanica**



1. **Simmetrie della natura e leggi di conservazione:** perché le leggi di conservazione sono le principali leggi di

natura?; Feynman e la metafora della partita a scacchi; dal possibile al reale tramite le leggi di conservazione; i principi di simmetria e la costruzione delle moderne teorie fisiche. [0201 Simmetrie della natura e leggi di conservazione \(marzo 2014\)](#)

2. **La meccanica nei sistemi di riferimento non inerziali:** come e perché si introducono le forze apparenti; trasformazione della accelerazione al mutare del sistema di riferimento; accelerazioni di trascinamento, centrifuga e di Coriolis; fenomeni legati alle forze apparenti. [0202 La meccanica nei sistemi di riferimento non inerziali \(marzo 2014\)](#)
3. **La teoria della relatività ristretta:** genesi della teoria (questione dell'etere, esistenza di un sistema privilegiato per l'elettromagnetismo); i postulati della teoria e la relatività della simultaneità; deduzione della legge di composizione relativistica delle velocità e delle trasformazioni di Lorentz; contrazione delle lunghezze e dilatazione del tempo; l'invariante spazio-temporale; classificazione degli eventi e diagrammi di Minkowski; fenomeni e paradossi relativistici; tecniche di approssimazione delle relazioni. Revisione generale del capitolo [0203 La teoria della relatività ristretta \(marzo 2014\)](#)
4. **Elementi di dinamica relativistica:** l'incremento relativistico della massa; energia cinetica classica e relativistica; l'invariante energia quantità di moto; una nuova visione dell'energia interna di un sistema; la conservazione della massa energia come conseguenza della conservazione della quantità di moto. [0204 Elementi di dinamica relativistica \(marzo 2014\)](#)
5. **La teoria della relatività generale:** spazio e tempo nei sistemi non inerziali (perché serve una geometria non euclidea); le geometrie non euclidea genesi e sviluppi; il principio di equivalenza da Mach ad Einstein; cenni alla teoria einsteiniana della gravitazione; conferme sperimentali della teoria. [0205 La teoria della](#)



[relatività generale \(marzo 2014\)](#)

6. **Il principio di indeterminazione:** condizioni iniziali e apparti di misura; il principio di indeterminazione e il suo ambito di applicabilità; quantità di moto ed energia dovute alla localizzazione di una particella; lo zero assoluto e la temperatura di degenerazione di un gas; una conversazione tra Einstein ed Heisenberg. [0206 Il principio di indeterminazione \(marzo 2014\)](#)
- 

## Terza parte: Termodinamica e Fisica Molecolare

1. **Il punto di vista termodinamico:** definizione di temperatura (genesì ed aspetti metodologico-concettuali); l'equazione dei gas perfetti nel contesto della nascita dell'atomismo e della chimica; gas perfetti, temperatura assoluta e termometro a gas. Apparati didattici di fine capitolo [0301 Il punto di vista termodinamico \(30 marzo 2014\) – versione 5.0 48 pag.](#)
2. **Il primo principio della termodinamica:** lavoro in ambiente adiabatico; l'energia interna come funzione di stato; scambio termico e quantità di calore (parametri macroscopici correlati); la scoperta della *conservazione dell'energia* (Mayer, Joule, Helmholtz). Questo capitolo si distacca sul piano metodologico dalle trattazioni tradizionali che danno per scontata la conservazione dell'energia sul piano microscopico e non definiscono il calore. Così facendo si perde, sul piano culturale, la comprensione della grossa riflessione interdisciplinare che porta, a metà 800, alla scoperta del concetto di energia (tipica la banalizzazione dei lavori di Joule che vengono ricondotti alla sola meccanica). [0302 Il primo principio della termodinamica \(1 aprile 2014\) –](#)

[versione 5.0 47 pag.](#)

3. **La teoria cinetica della materia:** il sorgere e lo svilupparsi dell'atomismo; il modello di gas di Joule, Clausius e Maxwell; il significato della temperatura; la statistica di Maxwell sulla distribuzione delle velocità molecolari (e per chi ama la fisica teorica la sua deduzione); il libero cammino medio e la conoscenza dei parametri microscopici; la distribuzione barometrica – apparati didattici [0303 La teoria cinetica della materia \(3 aprile 2014 – versione 5.0 57 pag.](#)
4. **Le trasformazioni termodinamiche:** il calcolo del lavoro; ruolo ed importanza del calore specifico molare; le principali trasformazioni; l'equazione di Poisson; le trasformazioni politropiche; teoria classica e correzioni quantistiche alla teoria dei calori specifici. Una occasione per riflettere sul valore e sui limiti dei modelli. – apparati didattici con tanti problemi [0304 Le trasformazioni termodinamiche \(6 aprile 2014\) – versione 5.0 47 pag.](#)
5. **Il secondo principio della termodinamica:** reversibilità e irreversibilità; lo schema del motore termico; la vicenda di Sadi Carnot: da un modello sbagliato una legge giusta; il II principio della termodinamica (enunciati ed equivalenza); il ciclo di Carnot e la definizione di entropia alla Clausius; il motore termico reale dall'amico del minatore alle moderne turbine; frigoriferi e pompe di calore – apparati didattici con tanti problemi [0305 Il secondo principio della termodinamica \(9 aprile 2014 – versione 5.0 51 pag.](#)
6. **Fisica molecolare ed entropia:** perché la natura obbedisce alla II legge della termodinamica smentendo la reversibilità della meccanica (una digressione tra realismo e positivismo); impariamo ad usare il calcolo combinatorio; macrostati, microstati e probabilità termodinamica; entropia alla Boltzmann e probabilità termodinamica; moto browniano e fluttuazioni statistiche; come Perrin ed Einstein hanno misurato il

numero di Avogadro (l'atomismo ha vinto in maniera definitiva). [0306 Fisica molecolare ed entropia \(13 aprile 2014 – versione 5.0 40 pag.](#)

---

## Quarta parte: I fenomeni ondulatori




- 1. Le oscillazioni e le onde: grandezze tipiche e fenomeni.**  
Si tratta di un capitolo piuttosto ampio che fa da introduzione generale ai fenomeni ondulatori a partire dallo studio dei fenomeni oscillatori (oscillatore armonico). Perché i fisici amano le oscillazioni armoniche? Cosa è tipico di un'onda? Quali sono i parametri che la caratterizzano? Com'è fatta l'equazione di un'onda? Compatibilità e incompatibilità tra onde e corpuscoli. Impareremo a maneggiare le onde oltre che con le funzioni trigonometriche con il calcolo vettoriale (che semplifica la trattazione). [0401 Le onde: grandezze tipiche e fenomeni \(17 aprile 2014 – versione 5.0 49 pag.\)](#)
- 2. Le onde elastiche: grandezze fisiche e fenomeni tipici:**  
Le onde elastiche derivano il loro nome dal fatto di propagarsi grazie alla presenza di un mezzo elastico, ciò determina alcune specificità; come e perché si forma e si propaga un'onda elastica; velocità di propagazione e distribuzione energetica in un'onda lineare, di superficie e di volume; la propagazione delle onde sismiche; il suono e l'orecchio umano; il decibel; le onde stazionarie; l'effetto Doppler; i battimenti;




applicazioni delle onde elastiche in ambito biomedico e tecnologico. [0402 Le onde elastiche: grandezze fisiche e fenomeni tipici \(20 aprile 2014 – versione 5.0 59 pag.\)](#)

3. **Ottica geometrica:** La luce (fenomeno tipicamente ondulatorio) in determinati contesti si comporta come una particella. Cos'è e in quali ambiti si può applicare l'approssimazione dell'ottica geometrica? Leggi della riflessione e della rifrazione e principi di minimo. Indice di rifrazione e dispersione. Particolari fenomeni di rifrazione. Funzionamento delle lenti sottili; costruzione delle immagini; aberrazioni; specchi sferici e parabolici. [0403 Ottica geometrica \(25 aprile 2014 vers. 5.0 72 pag\)](#)
  4. **La fotometria, la percezione visiva e gli strumenti ottici:** le grandezze fotometriche con cui misuriamo la radiazione luminosa; il funzionamento dell'occhio umano; il funzionamento della lente di ingrandimento, macchina fotografica, proiettore, microscopio ottico e limitazioni al potere risolvante; il telescopio storia ed evoluzione; i microscopi non ottici [0404 La fotometria e la percezione visiva \(29 aprile 2014 vers. 5.0 46 pag.\)](#)
  5. **Le onde luminose: fenomeni tipici:** l'interferenza, la diffrazione, la polarizzazione (da fare)
  6. **Le onde luminose: la velocità di propagazione ed i fenomeni rilevanti su scala atomica:** i metodi di determinazione della velocità della luce; l'emissione della luce nei solidi e nei gas; luminescenza; fotoni (da fare).
- 




## Quinta parte: L'elettromagnetismo

1.  **Le forze elettriche:** fenomeni elettrici elementari e prime classificazioni; la legge di Coulomb; vettore

campo elettrico, linee di campo, significato del campo nella descrizione delle interazioni; tecniche di calcolo in contesti semplici [0501 Le forze elettriche \(novembre 2024\)](#)

2.  **L'elettrostatica:** il potenziale elettrostatico; il legame biunivoco tra campo e potenziale e il vantaggio nell'uso del potenziale; interazioni tra dipoli e campi elettrici uniformi e non; il teorema di Gauss (enunciato, significato ed utilizzo); l'equilibrio elettrostatico; conduttori ed isolanti in presenza di un campo elettrico; il campo elettrico terrestre. [0502 L'elettrostatica \(novembre 2024\)](#)
3.  **I condensatori e la misura della carica dell'elettrone:** dal conduttore carico alla scoperta del condensatore; capacità, dipendenza dalle caratteristiche geometriche, connessione di condensatori; energia elettrostatica ed energia associata ad un campo elettrico; l'esperimento di Millikan e la misura della carica elementare (un esempio di storia della scienza fatta senza banalizzazioni: il contesto, i problemi sperimentali, il risultato ottenuto). [0503 I condensatori e la misura della carica dell'elettrone \(novembre 2024\)](#)
4.  **La corrente elettrica e la conduzione:** l'elettricità come fenomeno unitario (una conquista della conoscenza); campi non elettrostatici (differenza tra d.d.p., voltaggio e forza elettromotrice; cos'è e a cosa serve un campo estraneo?); intensità e densità di corrente; la conduzione nei solidi (genesì e parametri tipici); la conduzione nei liquidi (leggi di Faraday); la conduzione nei gas (diverse modalità e meccanismi di spiegazione); la legge di Ohm (significato sul piano storico e significato attuale); le due leggi; dipendenza della R dalla temperatura; la conduzione nei solidi (livelli energetici e formazione delle bande); i

semiconduttori (conduzione intrinseca e drogata; le giunzioni e le tipologie di diodi; transistor e cenni di microelettronica [0504 La corrente continua \(ottobre-novembre 2024\)](#))

5.  **Generatori e circuiti elettrici:** differenze di potenziale da contatto; pile ed accumulatori (batterie al Nickel metal idruro e al litio); il collegamento delle resistenze (reostato e potenziometro); legge di Ohm in presenza di un generatore e principi di Kirchoff; potenza elettrica; voltmetro ed amperometro; carica e scarica di un circuito RC (analisi del transitorio); la sicurezza negli impianti elettrici. [0505 Generatori e circuiti elettrici \(novembre 2024\)](#)
  
6.  **Il campo magnetico nel vuoto:** Introduzione; Storia e fenomenologia del magnetismo dai magneti naturali alla scoperta dell'induzione elettromagnetica; le linee di campo magnetico e la definizione operativa del vettore induzione magnetica; equivalenza tra cariche in moto e correnti elettriche; il campo magnetico generato dalle correnti elettriche (le leggi generali di Biot e Savart e Ampere, campi del filo rettilineo della spira e del solenoide); momento magnetico e momento angolare; applicazioni alla determinazione di campi magnetici in contesti geometrici definiti. [0506 Il campo magnetico nel vuoto \(dicembre 2024\)](#)
  
7.  **La forza magnetica e le sue applicazioni:** Introduzione – interazioni tra correnti e tra correnti e magneti (definizione operativa dell'ampere); strumenti a bobina mobile e motore elettrico (collettore); forza di Lorentz e movimento delle cariche elettriche in un campo magnetico (contesto classico e relativistico); la scoperta del positrone; i raggi catodici e i lavori di J.J. Thomson per la determinazione del rapporto  $q/m$  (esempio di storia della scienza non banalizzata); il ciclotrone e le sue applicazioni attuali in medicina

nucleare; il sincrotrone (problemi fisici e tecnologici, il progetto LHC); spettrografo di massa (isotopia e difetto di massa per la misura del legame nucleare); l'effetto Hall nei metalli e nei semiconduttori come strumento di indagine dei meccanismi della conduzione nei solidi; applicazioni in ambito classico e relativistico – 27 problemi svolti [0507 La forza magnetica e le sue applicazioni \(dicembre 2024\)](#)

8. **Il magnetismo nella materia:** diamagnetismo e paramagnetismo (aspetti fenomenici, quantificazione, interpretazione microscopica); il momento magnetico e la sua quantizzazione (una digressione sui 4 numeri quantici e sul loro significato fisico); il ferromagnetismo (aspetti quantitativi, spiegazione ed applicazioni). [0508 Il magnetismo nella materia \(settembre 2004\)](#)
9. **L'induzione elettromagnetica:** da Faraday a Maxwell genesi di una scoperta ricercata; la legge di Faraday Neumann ed il campo elettrico circuitale non conservativo; casi particolari di applicazione (spira ad area variabile, spira in rotazione); la legge di Lenz e la conservazione dell'energia; il fenomeno della autoinduzione e l'inerzia elettrica; energia del campo magnetico; l'alternatore; il trasformatore; il rocchetto ad induzione; perché si ha induzione anche quando si muove il magnete (spiegazione relativistica); applicazioni. [0509 Induzione elettromagnetica \(settembre 2004\)](#)
10. **Le correnti alternate:** perché si usano le correnti alternate; i circuiti RLC in regime permanente in c.a.; lo sfasamento ed il rifasamento dei carichi induttivi; la potenza in c.a.; trasformatore a vuoto e sotto carico; campo magnetico rotante (motore sincrono e asincrono); il sistema trifase. [0510 Le correnti alternate \(settembre 2004\)](#)
11. **Le onde elettromagnetiche:** richiami sui fenomeni ondulatori e su quelli luminosi; le onde

elettromagnetiche nella sintesi maxwelliana (le equazioni del campo elettromagnetico e la loro simmetrizzazione); generazione di onde elettromagnetiche (dipolo, carica in moto circolare e radiazione di sincrotrone); lo spettro elettromagnetico; fotoni e treni d'onda; l'inquinamento elettromagnetico (rischi, raccomandazioni e parametri quantitativi). [0511 Le onde elettromagnetiche \( settembre 2004\)](#)

12. **Approfondimenti di elettromagnetismo:** la conduzione nei solidi (approfondimenti sul modello a gas di elettroni); emissione termoionica (diodo, triodo, tubo a raggi X, fotomoltiplicatore); tubo a raggi catodici (oscilloscopio e monitor); produzione e misura della ionizzazione in un gas (camera a ionizzazione e rivelatore di Geiger) [0512 Approfondimenti di elettromagnetismo \(settembre 2004\)](#)

---

## Sesta parte: la fisica a cavallo tra 800 e 900

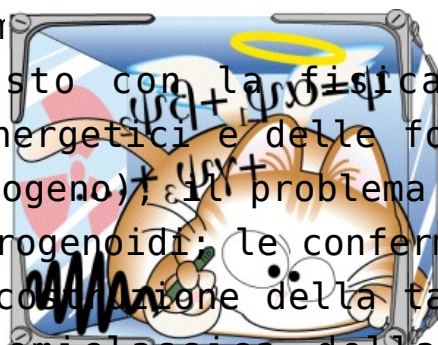
1. **Dalle onde elettromagnetiche ai raggi X:** i problemi di fine 800 tra storia, arte, scienza e letteratura; a proposito di disorientamenti e catastrofi (presunte) in Fisica; la scoperta dei raggi X (contesto, perfezionamenti, prime leggi); caratteristiche ed applicazioni dei raggi X. [0601 Dalle onde elettromagnetiche ai raggi X \(settembre 2004\)](#)
2. **Dalle onde elettromagnetiche ai fotoni:** lo spettro del corpo nero (la materia interagisce con la radiazione per scambi discreti, le leggi di Boltzmann, Wien e Planck); l'effetto fotoelettrico (la radiazione è fatta di granuli di energia, fenomenologia in accordo e in contrasto con la fisica classica, teoria di Einstein ed





esperimento di Millikan); l'effetto Compton (i fotoni trasportano quantità di moto come le particelle, la relazione di Compton e le assunzioni da cui deriva, l'esperimento); caratteristiche di insieme del fotone; dualismo ondulatorio e corpuscolare per la radiazione. [0602 Dalle onde elettromagnetiche ai fotoni \(novembre 2004\)](#)


3. **I primi passi della radioattività e della spettroscopia:** Da Becquerel ai Curie ( i primi passi per la scoperta della radioattività); identificazione dei tre tipi di radiazione alfa, beta e gamma; l'indagine spettroscopica (dagli spettri di righe alla scoperta della armonia dei numeri interi nella serie di Balmer). [0603 I primi passi della radioattività e della spettroscopia \(novembre 2004\)](#)

4. **Dalla esistenza degli atomi allo studio della loro struttura:** il modello di J.J. Thomson e quello di Perrin; lo studio delle particelle alfa (i proiettili che serviranno alla indagine della materia, dalla misura del rapporto  $q/m$  sino alla comprensione della loro natura); il modello di atomo nucleare alla Rutherford (il modello, l'esperimento di scattering con le alfa); la prima reazione nucleare (identificazione del protone); l'atomo di Bohr (i postulati e il contrasto con la fisica classica; deduzione dei livelli energetici e delle formule sulle righe spettrali dell'idrogeno); il problema della massa ridotta per gli atomi idrogenoidi; le conferme di Franck ed Hertz e Moseley; la costruzione della tabella degli elementi e la fase semiclassica della meccanica quantistica; il dualismo ondulatorio corpuscolare per la materia (onde di De Broglie e reinterpretazione della ipotesi sulla quantizzazione del momento angolare; diffrazione degli elettroni; esercizi ed applicazioni di fisica atomica semiclassica. [0604 Dalla esistenza degli atomi allo studio della loro struttura \(luglio 2006\)](#)



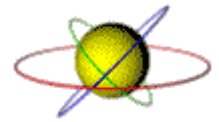
5.  **La necessità di una nuova meccanica:** Cosa non funziona nella meccanica quantistica semiclassica; la genesi della nuova meccanica quantistica (la meccanica delle matrici di Heisenberg; la meccanica ondulatoria dedotta dal parallelo sui legami tra ottica geometrica ed ottica fisica; l'equazione di Schrödinger; costruzione euristica; significato di  $\psi$ ; equazione di Schrödinger risolta in contesti semplici (buche e barriere di potenziale); effetto tunnel; oscillatore armonico; la matematica necessaria per la meccanica quantistica (numeri complessi, spazi vettoriali lineari nel campo reale e complesso; matrici e operatori lineari; teoria generale degli operatori e operatori hermitiani; lo spazio di Hilbert – [0605 I primi passi verso una nuova meccanica](#) – dicembre 2024
6.  **La meccanica quantistica:** La teoria assiomatica con la discussione critica dei diversi postulati – Non commutatività delle osservabili e principio di indeterminazione – Il momento angolare in MQ e la sua quantizzazione – Lo spin storia, esperimenti, matrici di Pauli – Una applicazione dello spin: la Risonanza magnetica nucleare – Le obiezioni di Einstein alla MQ : l'argomento EPR, l'entanglement – La MQ non ha bisogno delle variabili nascoste ed è genuinamente non locale. la disuguaglianza di Bell e quella CHSH (implicazioni quantistiche – in vista del prossimo capitolo (gli esperimenti di violazione della località, crittografia, teletrasporto, informatica) – [0606 la meccanica quantistica](#) dicembre 2024

## Appendici:

 [L'articolo di John Bell – i calzini del dr Bertlmann](#) – (dicembre 2024)

[L'articolo di Alain Aspect – teorema di Bell – la visione](#)

## Settima parte: Atomi, nuclei, materiali, particelle



- 1. Le applicazioni della meccanica quantistica alla struttura della materia:** La tabella degli elementi e i numeri quantici; Struttura della tavola e principio di esclusione; Stranezze e particolarità nella tabella; Il legame chimico e i legami molecolari; Legame ionico, covalente e metallico (da fare)
- 2. La fisica del nucleo:** Il neutrone (genesì della scoperta, perché non possono esistere elettroni nel nucleo; una nuova radiazione penetrante; il lavoro di Chadwick per determinare la massa); conoscenze di tipo quantitativo sul nucleo (stabilità e neutrone; neutrone e decadimento beta; massa, dimensioni e momento magnetico dei nucleoni; sezione d'urto per le interazioni e coefficiente di attenuazione); masse nucleari e distribuzione degli isotopi; il decadimento alfa (perché il tempo di dimezzamento è così variabile; condizioni energetiche per il decadimento, legge di Geiger-Nuttal, spiegazione tramite l'effetto tunnel); il decadimento beta e l'ipotesi del neutrino; il decadimento gamma; le leggi del decadimento radioattivo; le famiglie radioattive. [0702 La fisica del nucleo](#) 28 marzo 2018
- 3. Applicazioni del nucleare:** La scoperta della radioattività artificiale; applicazioni degli isotopi radioattivi in datazione e in medicina; la bomba nucleare (scoperta della fissione; i lavori di Bohr e di

Fermi; il progetto Manhattan); energia nucleare da fissione (glossario; problematiche della fissione controllata e incontrollata; tipologie di reattore nucleare); analisi dell'incidente di Chernobyl; misura ed effetti delle radiazioni ionizzanti; questione nucleare e questione energetica (da fare); energia nucleare da fusione (da fare). [0703 Applicazioni del nucleare \(luglio 2006\)](#)

4. **I semiconduttori:** (da fare)
5. **Il modello standard delle particelle:** (da fare)
6. **Elementi di astrofisica e cosmologia:** (da fare)