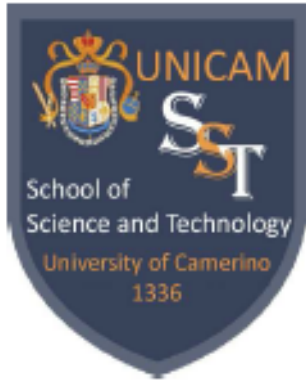




University of Camerino
School of Science and Technology
Piano nazionale per le Lauree Scientifiche

Ciclo di Seminari:

Insegnare la fisica moderna al Liceo Scientifico

Insegnare la fisica moderna nei Licei

Prof. Angelo Angeletti
Liceo Scientifico “G. Galilei” – Macerata

www.angeloangeletti.it - email: angelo.angeletti@virgilio.it

I PROGRAMMI DI FISICA

	I	II	III	IV	V
GENTILE (1923 – 1940)	-	2	3	3	-
BOTTAI (1952 – 2010)	-	-	2	3	3
PNI (1952 – 2010)	3	3	3	3	3
BROCCA (1992 – 2010)	3*	3*	4	3	3
	5*	5*	4	3	4
GELMINI (2010 –)	2	2	3	3	3

* Laboratorio di Fisica e Chimica

I PROGRAMMI DI FISICA

BOTTAI
(1952 – 2010)

Cariche elettriche e loro mutue azioni; legge di Coulomb. Conduttori ed isolanti. Principali fenomeni di elettrostatica e grandezze che vi intervengono. Condensatori. Cenni sulle macchine elettrostatiche. Poli magnetici e loro mutue azioni: legge di Coulomb per il magnetismo. Calamite; campo magnetico terrestre; bussola. Corrente elettrica: elettrolisi, pila di Volta e cenni sulle pile a depolarizzante. Accumulatori. Legge di Ohm. Calore prodotto dalla corrente e sue principali applicazioni. Campo magnetico prodotto da una corrente; applicazione alla misura della corrente e alla trasmissione dei segnali. Induzione elettromagnetica. Telefono. Cenni sulle correnti alternate e sugli alternatori, motori, dinamo, trasformatori statici. Cenni sulla produzione, sul trasporto e sulla distribuzione dell'energia elettrica. La corrente nei gas: ionizzazione, arco elettrico. Raggi catodici e raggi X. Cenni sui fenomeni di radioattività. Cenni sulle onde elettromagnetiche, sulla radiotelegrafia e radiotelefonica. Brevi cenni sulla teoria elettromagnetica della luce. Cenno sulla costituzione della materia: molecole, atomi, nuclei, elettroni.

I PROGRAMMI DI FISICA

PNI
(1985 – 2010)

STRUTTURA DELLA MATERIA

Spettroscopia (emissione, assorbimento, stati metastabili). Effetto termoelettronico. Corpo nero e ipotesi di Planck. Effetto fotoelettronico e ipotesi di Einstein. Ipotesi di De Broglie: dualità onda-corpuscolo. Modelli atomici (Rutherford, Bohr, De Broglie): validità e limiti. Principio di indeterminazione-effetto tunnel. Lo stato solido (conduttori, semiconduttori, isolanti, giunzioni). Nucleo atomico e radioattività naturale. Reazioni nucleari (in particolare fissione e fusione). Tipi di interazione. Le particelle "elementari" (invarianze, simmetrie).

L'UNIVERSO FISICO

Ipotesi della relatività generale. La curvatura dello spazio-tempo. Spostamento verso il rosso delle righe spettrali. Orologi e lunghezze nel campo gravitazionale. Radiazioni elettromagnetiche. Radiazione cosmica. Sistema solare. Le stelle: origine ed evoluzione. Oggetti celesti. Ipotesi cosmologiche e modelli di universo.

MODULO 1 – ELETTROMAGNETISMO

Periodo: Settembre 2013 – Gennaio 2014

1.1 – Campo elettrico e condensatori.

CONTENUTI	OBIETTIVI
•Ripetizione del campo elettrico •Condensatori e dielettrici •Energia del campo elettrico	•Descrivere un condensatore piano •Calcolare la capacità di un condensatore piano •Dimostrare la relazione che esprime l'energia accumulata in un condensatore •Dimostrare l'espressione per la capacità equivalente di condensatori in serie e in parallelo •Descrivere le funzioni di un dielettrico •Risolvere problemi

1.2 – Correnti elettriche e circuiti in corrente continua

CONTENUTI	OBIETTIVI
•Corrente elettrica •Leggi di Ohm •Resistività elettrica •Variazione della resistenza con la temperatura •Conservazione dell'energia nei circuiti elettrici: potenza dissipata in un circuito •Resistenze in serie e in parallelo •F.e.m. e resistenza interna di una batteria •Principi di Kirchhoff •Circuiti RC	•Definire la corrente elettrica •Enunciare le leggi di Ohm •Ricavare sperimentalmente le leggi di Ohm •Definire la resistività elettrica e descriverne l'andamento al variare della temperatura •Enunciare il principio di conservazione dell'energia per i circuiti elettrici e descrivere l'effetto Joule •Ricavare sperimentalmente la resistenza equivalente a più resistenze in serie e in parallelo •Dedurre matematicamente l'espressione per la resistenza equivalente a più resistenze in serie o in parallelo •Definire la f.e.m. •Distinguere in un generatore la differenza tra f.e.m. e differenza di potenziale •Definire la resistenza interna •Enunciare i principi di Kirchhoff ed applicarli alla risoluzione dei circuiti elettrici •Descrivere il comportamento di un circuito RC •Risolvere problemi

1.3 – Il campo magnetico

CONTENUTI	OBIETTIVI
• Forza agente su una carica elettrica in un campo magnetico • Definizione dell'induzione magnetica B • Forza agente su un conduttore percorso da una corrente elettrica e immerso in un campo magnetico • Generazione di un campo magnetico • Induzione del campo magnetico nel centro di una spira circolare percorsa da corrente • Teorema di Ampère ed applicazioni (induzione del campo magnetico attorno ad un filo conduttore molto lungo; induzione del campo magnetico all'interno di un solenoide) • Forza agente tra conduttori paralleli percorsi da corrente: definizione dell'ampere • Momento di una forza agente su una spira percorsa da corrente e immersa in un campo magnetico esterno (motore in corrente continua) • Magnetici atomici e magneti permanenti	• Riconoscere fenomeni magnetici elementari • Descrivere alcuni campi magnetici anche attraverso la determinazione del valore del vettore di induzione magnetica B • Riconoscere e dedurre le leggi che regolano i fenomeni magnetici • Riconoscere la natura elettrica dei fenomeni magnetici • Descrivere il funzionamento di un motore elettrico • Risolvere semplici problemi

1.4 – Induzione elettromagnetica

CONTENUTI	OBIETTIVI
• Flusso magnetico • F.e.m. indotta e legge di Faraday-Neumann dell'induzione elettromagnetica • Legge di Lenz • F.e.m. indotta in una spira rotante in un campo B: f.e.m. alternata e generatore di corrente alternata • Autoinduzione • Induttanza • Energia accumulata nel campo magnetico di un induttore • Trasformatore • Circuiti RL	• Riconoscere e descrivere fenomeni di induzione magnetica • Riconoscere gli effetti dell'induzione magnetica • Riconoscere le leggi dell'induzione magnetica • Descrivere anche con modelli matematici il fenomeno dell'induzione magnetica • Descrivere un modello di generatore di corrente alternata (spira ruotante in un campo magnetico) • Analizzare il concetto di energia del campo magnetico • Descrivere il funzionamento di un trasformatore • Descrivere il comportamento di un circuito RL • Risolvere semplici problemi

1.5 – Equazioni di Maxwell e onde elettromagnetiche

CONTENUTI	OBIETTIVI
•Corrente di spostamento. •Equazioni di Maxwell. •Equazioni di Maxwell per i campi statici. •Il campo elettromagnetico •Generazione di onde elettromagnetiche •Oscillazioni meccaniche e oscillazioni elettromagnetiche •Circuito LC e circuito RLC •Lo spettro elettromagnetico •Il fotone •La radiazione luminosa (spettri di atomi, molecole, solidi) •L'energia trasferita dalle onde elettromagnetiche	•Definire la corrente di spostamento •Scrivere le equazioni di Maxwell in forma sintetica •Enunciare le equazioni di Maxwell •Riconoscere nelle equazioni di Maxwell le diverse leggi dell'elettromagnetismo •Analizzare il significato fisico delle equazioni di Maxwell •Descrivere la genesi di un campo elettromagnetico •Definire le onde elettromagnetiche e descriverne l'origine •Riconoscere e descrivere le analogie tra le oscillazioni meccaniche e quelle elettromagnetiche •Descrivere il modello matematico per i circuiti LC e RLC •Descrivere lo spettro elettromagnetico •Illustrare le proprietà del fotone •Risolvere problemi

MODULO 2 – ELEMENTI DI RELATIVITÀ

Periodo: Gennaio – Febbraio

2.1 – Relatività ristretta

CONTENUTI	OBIETTIVI
• I principi della relatività galileiana • Le leggi dell'elettromagnetismo e la relatività galileiana • L'esperimento di Michelson e Morley • I principi della relatività ristretta • Le trasformate di Lorentz • Le conseguenze dei principi della relatività ristretta (dilatazione dei tempi; contrazione delle lunghezze; composizione delle velocità) • Gli invarianti (distanza di due eventi nello spazio-tempo) • Elementi di dinamica relativistica: definizione relativistica della quantità di moto e dell'energia	• Enunciare il principio di relatività galileiana • Riconoscere i limiti della relatività galileiana nell'applicazione all'elettromagnetismo • Descrivere l'esperimento di Michelson e Morley • Enunciare i principi della relatività ristretta • Scrivere le trasformazioni di Lorentz • Descrivere le conseguenze dei principi della relatività ristretta • Dedurre le espressioni per la dilatazione dei tempi, la contrazione delle lunghezze e la composizione delle velocità • Dimostrare che la distanza di due eventi nello spazio-tempo è un invariante. • Definire relativisticamente la massa, la quantità di moto e l'energia. • Risolvere semplici problemi

2.2 – Relatività generale

CONTENUTI	OBIETTIVI
• Massa inerziale e massa gravitazionale • I principi della relatività generale • Interpretazione geometrica della gravità • Verifiche sperimentali della relatività generale	• Enunciare i principi della relatività generale. • Descrivere il campo gravitazionale alla luce della relatività generale • Illustrare gli esperimenti a sostegno della relatività generale

MODULO 3 – ELEMENTI DI MECCANICA QUANTISTICA

Periodo: Febbraio – Marzo 2014

3.1 – La crisi della fisica classica

CONTENUTI	OBIETTIVI
•La radiazione di corpo nero e l'ipotesi di Planck •L'effetto fotoelettrico e l'ipotesi di Einstein •La determinazione della costante di Planck •La determinazione del rapporto e/m tra la carica e la massa dell'elettrone •L'effetto Compton	•Descrivere il corpo nero e le leggi ad esso collegate (Stefan-Boltzmann, Wien) •Enunciare l'ipotesi di Planck sull'interpretazione dell'emissione del corpo nero •Analizzare l'idea di Planck nel contesto della fisica classica •Descrivere l'effetto fotoelettrico ed illustrarne la spiegazione di Einstein •Descrivere il metodo e l'apparecchiatura utilizzati per la determinazione della costante di Planck •Descrivere l'effetto Compton

3.2 – I principi della meccanica quantistica

CONTENUTI	OBIETTIVI
•Dualismo onda-corpuscolo •Ipotesi di de Broglie •Principio di indeterminazione •Principio di complementarità •La funzione d'onda e l'equazione di Schrödinger	•Esporre il problema onda-corpuscolo •Enunciare l'ipotesi di de Broglie e descrivere l'esperimento effettuato per dimostrarne la validità •Enunciare il principio di indeterminazione di Heisenberg •Valutare le conseguenze fisiche dell'introduzione del principio di Heisenberg •Enunciare il principio di complementarità •Esporre il concetto di funzione d'onda

4 – FISICA ATOMICA E NUCLEARE

Periodo: Marzo – Aprile

4.1 – Elementi di fisica atomica

CONTENUTI	OBIETTIVI
•Determinazione della carica specifica (rapporto e/m) •Cenni sui modelli atomici di Thomson e di Rutherford •Modello atomico di Bohr per l'atomo di idrogeno •Modello quantistico per l'atomo di idrogeno •Numeri quantici e principio di esclusione di Pauli •Spettri atomici	•Descrivere l'esperimento per la determinazione della carica specifica (rapporto e/m) •Descrivere i modelli atomici e analizzarne la capacità di rappresentare la realtà fisica •Enunciare il concetto di numero quantico e descrivere i numeri quantici •Enunciare il principio di esclusione di Pauli •Dimostrare matematicamente la quantizzazione dei livelli energetici nell'atomo di Bohr •Descrivere il meccanismo per la produzione delle righe spettrali

4.2 – Elementi di fisica nucleare

CONTENUTI	OBIETTIVI
•Il nucleo atomico e la sua stabilità (forza nucleare forte) •Difetto di massa ed energia di legame. •Radioattività α, β, γ. •Forza nucleare debole •Fissione nucleare e fusione nucleare (ciclo pp e ciclo CNO)	•Descrivere il modello nucleare ricollegandosi alle teorie atomiche •Giustificare la necessità di introduzione della forza nucleare forte per dimostrare la stabilità dell'atomo •Illustrare il problema del difetto di massa e definire l'energia di legame •Descrivere i vari modi di decadimento radioattivo •Illustrare la fusione nucleare (in particolare il ciclo pp e il ciclo CNO) •Illustrare la fissione nucleare

4.3 – Elementi di fisica delle particelle

CONTENUTI	OBIETTIVI
•Le "particelle elementari" e loro classificazione •La materia e i fermioni •Le interazioni (gravitazionale, elettromagnetica, forte, debole) e i bosoni vettori •Il modello standard e le teorie di unificazione.	•Classificare le particelle elementari e descriverne le caratteristiche principali •Descrivere gli elementi caratterizzanti il modello standard •Descrivere le linee principali delle teorie di unificazione

MODULO 5 – ASTROFISICA E COSMOLOGIA

Periodo: Aprile – Maggio 2014

5.1 – Astrofisica

CONTENUTI	OBIETTIVI
•Lo spettro solare e la classificazione degli spettri stellari •Le equazioni dell'equilibrio stellare •Evoluzione delle stelle •Calcolo di alcuni parametri fisica del sole •Struttura della Galassia e classificazione delle galassie •La misura delle distanze delle galassie •Cenni sulla struttura dell'Universo	•Classificare gli spettri stellari •Descrivere le fasi salienti dell'evoluzione stellare •Illustrare le equazioni dell'equilibrio stellare •Calcolare alcuni parametri fisica del sole •Descrivere la struttura della Galassia e classificare le galassie •Descrivere alcuni metodi per la determinazione della distanza delle galassie. •Descrivere la struttura dell'Universo

5.2 – Cosmologia

CONTENUTI	OBIETTIVI
•Cenni sulla struttura dell'Universo •Il paradosso di Olbers •La legge di Hubble •I principi cosmologici e i modelli di Friedmann •Il big bang e il modello standard di evoluzione dell'Universo •Le nuove scoperte dell'astronomia e le loro implicazioni in cosmologia (materia oscura, supernovae distanti, ecc.)	•Enunciare e dimostrare il paradosso di Olbers •Enunciare la legge di Hubble ed esporne il significato •Enunciare i principi cosmologici ed illustrare i modelli di Friedmann •Illustrare il modello standard del big bang •Illustrare le nuove scoperte dell'astronomia in relazione all'evoluzione dell'Universo

I PROGRAMMI DI FISICA

BROCCA
(1992 – 2010)

Tema n° 1 – Fondamenti della meccanica

Tema n° 2 – Forze e campi

Parte II

Campi elettrici e magnetici variabili. Induzione elettromagnetica. Energia e densità del campo magnetico. Equazione di Maxwell. Conduzione elettrica. Conduttori, semiconduttori, isolanti. Circuiti elettrici in cc e ca. Circuiti con elementi attivi e passivi.

Tema n° 3 – Oscillazione e onde

Tema n° 4 – Termodinamica e modelli statistici

Tema n° 5 – Quanti, materia, radiazione

Prime prove dell'esistenza degli atomi. La determinazione del numero di Avogadro. La scoperta dell'elettrone e la determinazione del rapporto e/m . La determinazione della carica elementare. La spettroscopia come metodo di indagine. Emissione e assorbimento. Lo spettro dell'atomo di idrogeno. La quantizzazione dell'energia nella radiazione. Corpo nero e ipotesi di Planck. Effetto fotoelettrico e ipotesi di Einstein. La quantizzazione dell'energia nella materia. Modelli atomici, validità e limiti. Esperimento di Frank e Hertz. Dualismo onda-corpuscolo. Effetto Compton. Ipotesi di de Broglie. Esperimento di Davisson e Germer. Il principio di indeterminazione di Heisenberg. Interpretazione probabilistica della funzione d'onda.

(Principio di corrispondenza). (Principio di sovrapposizione. Particelle identiche). (Interazione fra onde elettromagnetiche e materia). (Sorgenti di radiazione continua, discreta, coerente). (Stato solido: conduttori, semiconduttori, isolanti, giunzione). (Il nucleo atomico). (La radioattività). (Interazioni fra particelle e materia). (Radiazioni ionizzanti). (Reazioni nucleari). (Le particelle elementari).

Tema n° 6 – Relatività

Invarianza della velocità della luce, prove sperimentali. Principio di relatività. Trasformazioni di Galilei e trasformazioni di Lorentz. Composizione delle velocità. Effetto Doppler relativistico. Massa, impulso ed energia. Equivalenza tra massa e energia. Problematiche connesse con la gravitazione: geometria dello spazio-tempo e redshift gravitazionale.

Tema n° 7 – Universo fisico

L'osservatorio Terra. Struttura e dinamica del sistema solare. Sole: caratteristiche osservative, irraggiamento, spettro solare, morfologia, attività superficiale. Galassie: morfologia e struttura. Metodi di indagine in astrofisica. Fondamenti osservativi della cosmologia. Modelli d'universo.

I PROGRAMMI DI FISICA

ELETTROMAGNETISMO

La carica elettrica e la legge di Coulomb

L'elettrizzazione per strofinio. I conduttori e gli isolanti. L'elettrizzazione per contatto. La conservazione della carica elettrica. L'espressione matematica della legge di Coulomb. La forza di Coulomb nella materia. L'induzione elettrostatica.

Il campo elettrico

Il campo elettrico. Le linee di campo. Il flusso del campo elettrico. Il teorema di Gauss per il campo elettrico. Il campo elettrico generato da una distribuzione piana infinita di carica.

Il potenziale elettrico.

L'energia potenziale elettrica. Il potenziale elettrico. Il potenziale di una carica puntiforme. Le superfici equipotenziali. La deduzione del campo elettrico dal potenziale. La circuitazione del campo elettrostatico.

Fenomeni di elettrostatica

La distribuzione della carica nei conduttori in equilibrio elettrostatico. Il campo elettrico e il potenziale in un conduttore in equilibrio elettrostatico. La capacità di un conduttore. Il condensatore. I condensatori in serie e in parallelo. L'energia immagazzinata in un condensatore.

La corrente elettrica continua

La corrente elettrica. I generatori di tensione. Il circuito elettrico. La prima legge di Ohm. Le leggi di Kirchhoff. I conduttori ohmici in serie e in parallelo. La trasformazione dell'energia elettrica. La forza elettromotrice e la resistenza interna di un generatore.

La corrente elettrica nei metalli

I conduttori metallici. La seconda legge di Ohm: la resistività di un conduttore. L'effetto Joule. La dipendenza della resistività dalla temperatura: i superconduttori. Carica e scarica di un condensatore. L'estrazione degli elettroni da un metallo. L'effetto Volta. L'effetto termoelettrico.

I PROGRAMMI DI FISICA

La corrente elettrica nei liquidi e nei gas

Le soluzioni elettrolitiche. La dissociazione elettrolitica. L'elettrolisi.

Fenomeni magnetici fondamentali

I magneti naturali e artificiali. Le linee del campo magnetico. Confronto tra il campo elettrico e il campo magnetico. Forze che si esercitano tra magneti e correnti e tra correnti e correnti. La definizione di Ampère. L'origine del campo magnetico. L'intensità del campo magnetico. La forza esercitata da un campo magnetico su un filo percorso da corrente. Il motore elettrico. Il campo magnetico di un filo rettilineo percorso da corrente. Il campo magnetico di una spira e di un solenoide.

Il campo magnetico

La forza di Lorentz. Il moto di una carica in un campo magnetico uniforme. Il flusso e la circuitazione del campo magnetico. Le proprietà magnetiche dei materiali. Il ciclo di isteresi magnetica.

L'induzione elettromagnetica

Le correnti indotte. La legge di Faraday-Neumann. La legge di Lenz. L'autoinduzione e la mutua induzione. L'alternatore e la corrente alternata. Energia e densità del campo magnetico. L'alternatore. Gli elementi circuitali fondamentali in corrente alternata. Il trasformatore.

Le equazioni di Maxwell e il campo elettromagnetico.

Il campo elettrico indotto. Il termine mancante. Le equazioni di Maxwell. Lo spettro elettromagnetico.

FISICA ATOMICA E SUBATOMICA

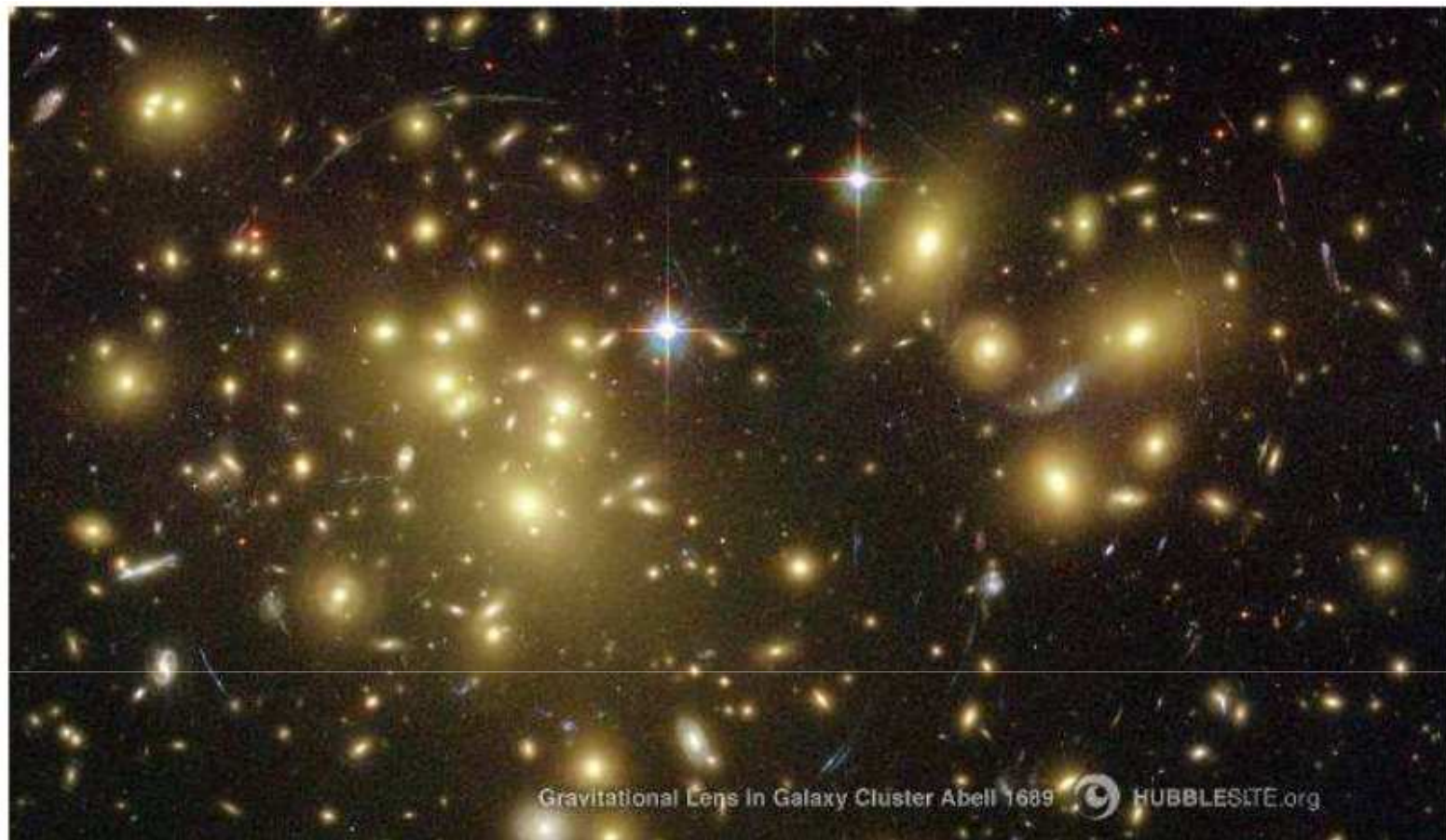
La teoria quantistica

Il corpo nero e l'ipotesi di Planck. L'effetto fotoelettrico. La quantizzazione della luce secondo Einstein. L'effetto Compton. L'esperimento di Franck e Hertz. Lo spettro dell'atomo di idrogeno. Il modello di Bohr. Le proprietà ondulatorie della materia. Il principio di indeterminazione. Le onde di probabilità e il dualismo onda-corpuscolo

I PROGRAMMI DI FISICA

GELMINI
(2010 –)

Lo studente completerà lo studio dell'elettromagnetismo con l'**induzione magnetica** e le sue applicazioni, per giungere, privilegiando gli aspetti concettuali, alla sintesi costituita dalle **equazioni di Maxwell**. Lo studente affronterà anche lo studio delle **onde elettromagnetiche**, della loro **produzione e propagazione**, dei loro **effetti** e delle loro **applicazioni** nelle varie bande di frequenza. Il percorso didattico comprenderà le **conoscenze sviluppate nel XX secolo** relative al microcosmo e al macrocosmo, accostando le problematiche che storicamente hanno portato ai **nuovi concetti di spazio e tempo, massa ed energia**. L'insegnante dovrà prestare attenzione a utilizzare un formalismo matematico accessibile agli studenti, ponendo sempre in evidenza i concetti fondanti. Lo studio della **teoria della relatività ristretta** di Einstein porterà lo studente a confrontarsi con la simultaneità degli eventi, la dilatazione dei tempi e la contrazione delle lunghezze; l'aver affrontato l'**equivalenza massa-energia** gli permetterà di sviluppare un'**interpretazione energetica dei fenomeni nucleari** (radioattività, fissione, fusione). L'affermarsi del modello del **quanto di luce** potrà essere introdotto attraverso lo studio della **radiazione termica e dell'ipotesi di Planck** (*affrontati anche solo in modo qualitativo*), e sarà sviluppato da un lato con lo studio dell'**effetto fotoelettrico e della sua interpretazione da parte di Einstein**, e dall'altro lato con la discussione delle teorie e dei risultati sperimentali che evidenziano la presenza di **livelli energetici discreti nell'atomo**. L'evidenza sperimentale della **natura ondulatoria della materia**, postulata da De Broglie, ed il **principio di indeterminazione** potrebbero concludere il percorso in modo significativo. La dimensione sperimentale potrà essere ulteriormente approfondita con attività da svolgersi non solo nel laboratorio didattico della scuola, ma anche presso laboratori di Università ed enti di ricerca, aderendo anche a progetti di orientamento. In quest'ambito, *lo studente potrà approfondire tematiche di suo interesse*, accostandosi alle scoperte più recenti della fisica (per esempio nel campo dell'**astrofisica** e della **cosmologia**, o nel campo della **fisica delle particelle**) o approfondendo i *rapporti tra scienza e tecnologia* (per esempio la tematica dell'**energia nucleare**, per acquisire i termini scientifici utili ad accostare criticamente il dibattito attuale, o dei **semiconduttori**, per comprendere le tecnologie più attuali anche in relazione a ricadute sul problema delle risorse energetiche, o delle **micro e nanotecnologie** per lo sviluppo di nuovi materiali).



ELEMENTI DI RELATIVITA'

RISTRETTA E ~~GENERALE~~



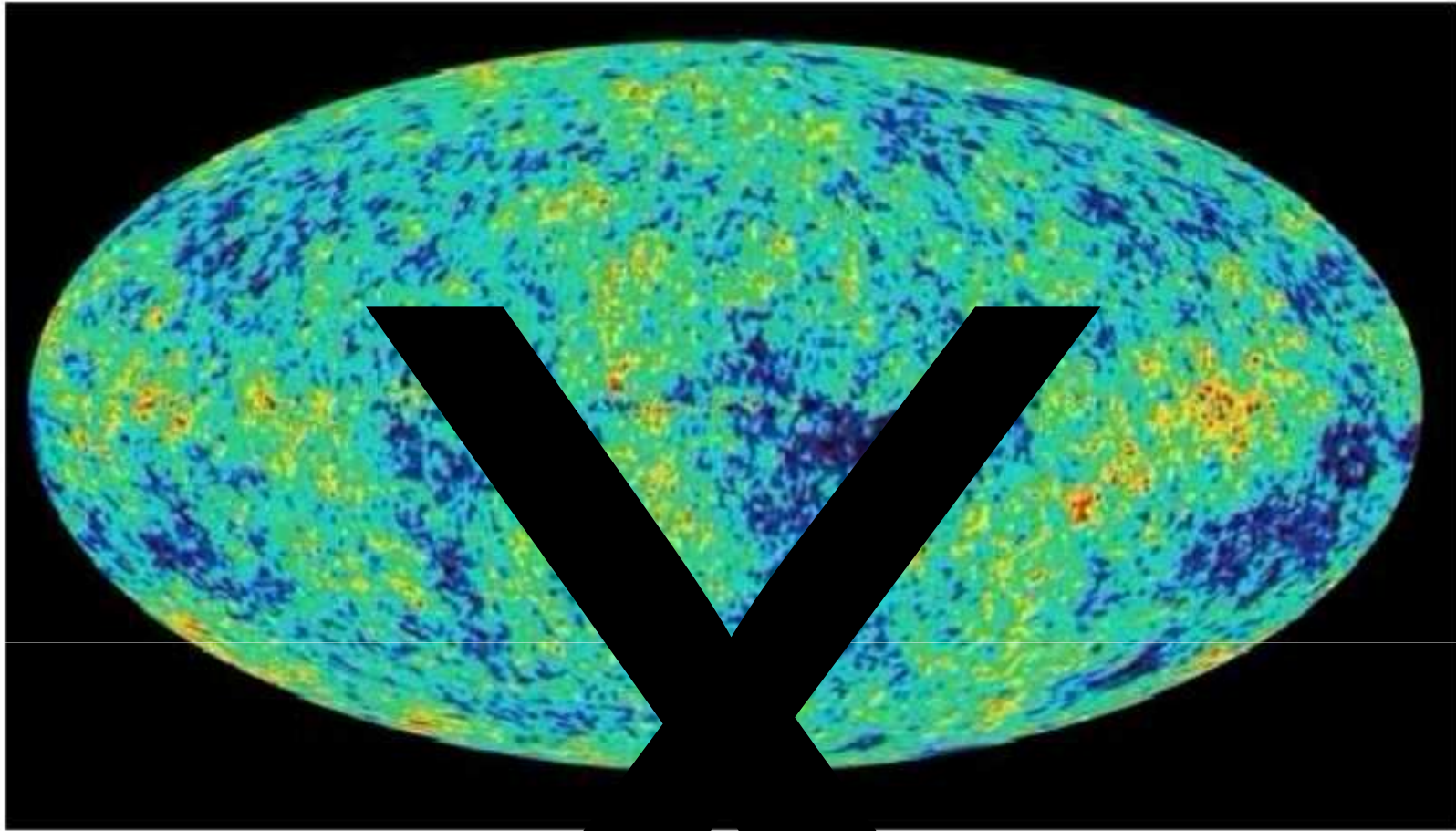
LA CRISI DELLA FISICA CLASSICA
ed
ELEMENTI DI MECCANICA QUANTISTICA



IL MODELLO STANDARD

E OLTRE

CENNI DI FISICA DELLE PARTICELLE



ASTROFISICA *e* **COSMOLOGIA**

ELEMENTI DI RELATIVITA' RISTRETTA

Relatività galileiana

Elettrodinamica e principio di relatività

L'etere e l'esperimento di Michelson e Morley

Postulati della relatività ristretta e deduzione delle trasformazioni di Lorentz

Conseguenze delle trasformazioni di Lorentz

- Simultaneità,

- Contrazione delle lunghezze,

- Dilatazione dei tempi

- Moto di particelle ad alte energie,

- Composizione delle velocità,

- Intervallo invariante

Cenni di dinamica relativistica

- Principio di conservazione della quantità di moto e massa relativistica,

- Moto rettilineo dovuto ad una forza costante,

- Principio di conservazione della massa-energia

ELEMENTI DI RELATIVITA' GENERALE

Principio di equivalenza

Principio di relatività generale

Verifiche sperimentali della relatività generale

- Deflessione della luce in un campo gravitazionale

- Precessione del perielio di Mercurio

- Red shift gravitazionale

- L'esperimento di Shapiro (velocità della luce in prossimità di una massa)

I buchi neri (modello di Schwarzschild)

Cenno sulle onde gravitazionali

LA CRISI DELLA FISICA CLASSICA ED ELEMENTI DI MECCANICA QUANTISTICA

La crisi della fisica classica

Il problema del corpo nero e l'ipotesi di Planck

- Legge di Wien

- Legge di Stefan-Boltzmann

- Tentativi di interpretazione della distribuzione della densità di energia in funzione della frequenza (Wien e Rayleigh e Jeans)

- Ipotesi di Planck

Effetto fotoelettrico e l'interpretazione di Einstein

- Esperimento di Lenard (PASCO)

- Misura della costante di Planck (LED)

Effetto Compton

Ipotesi di de Broglie (diffrazione degli elettroni)

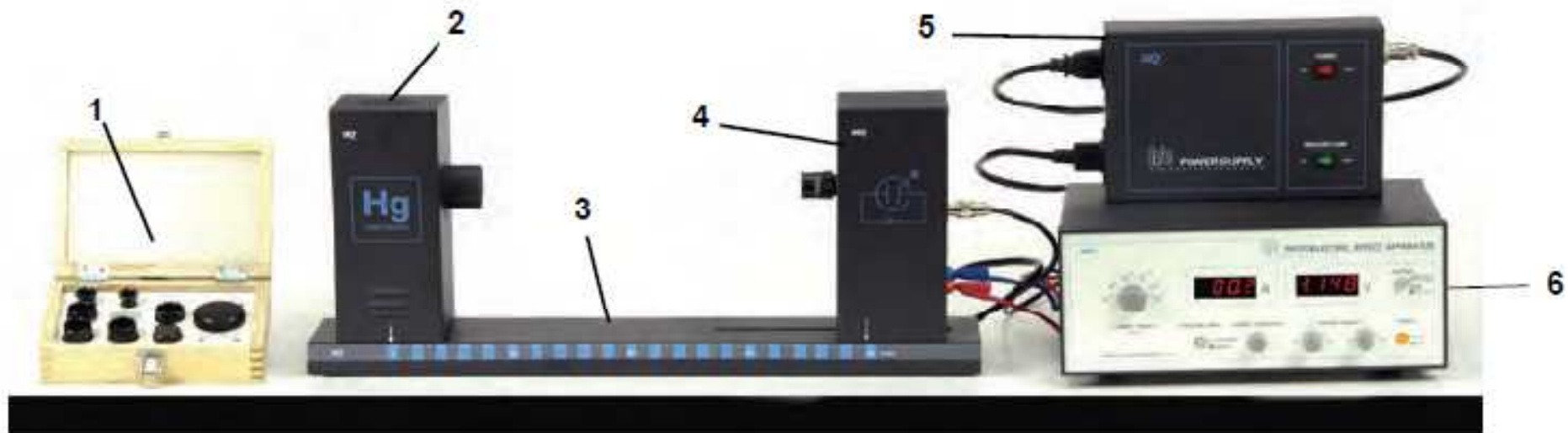
Principi della meccanica quantistica

- Principio di indeterminazione

- Principio di complementarità

La funzione d'onda e l'equazione di Schrödinger

LA CRISI DELLA FISICA CLASSICA ED ELEMENTI DI MECCANICA QUANTISTICA



Apparato sperimentale della PASCO per lo studio dell'effetto fotoelettrico de la
determinazione della costante di Planck

Filtri da: 365 nm , 405 nm , 436 nm , 546 nm , 577 nm
Aperture da: 2 mm, 4 mm 8 mm

LA CRISI DELLA FISICA CLASSICA ED ELEMENTI DI MECCANICA QUANTISTICA

$$V_A = \frac{h}{e} f - \frac{W_0}{e}$$

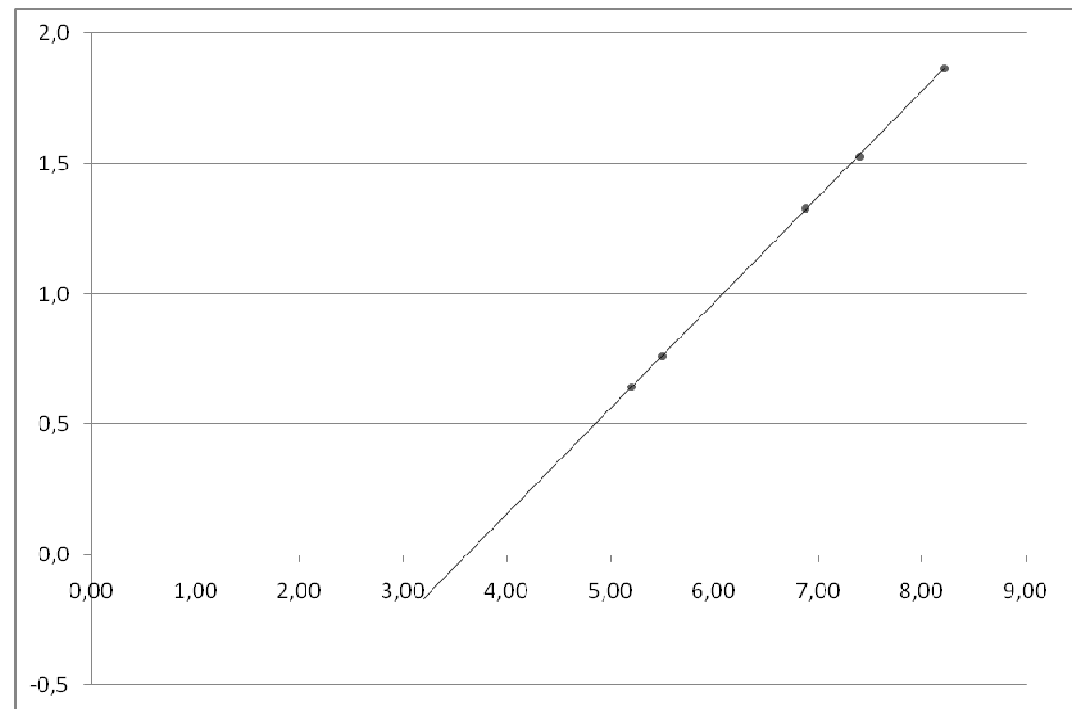
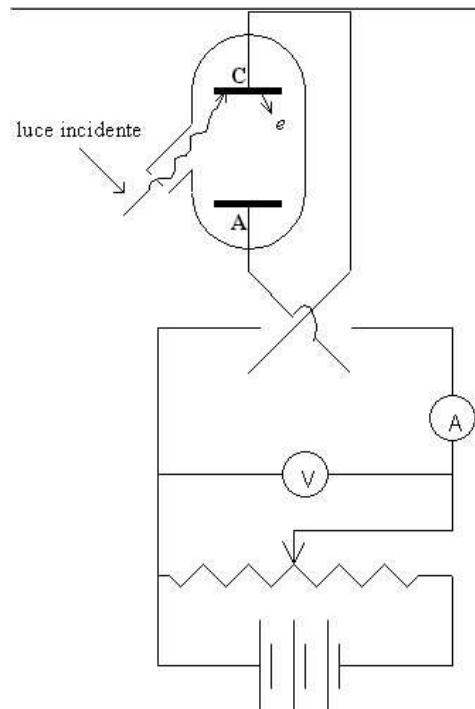
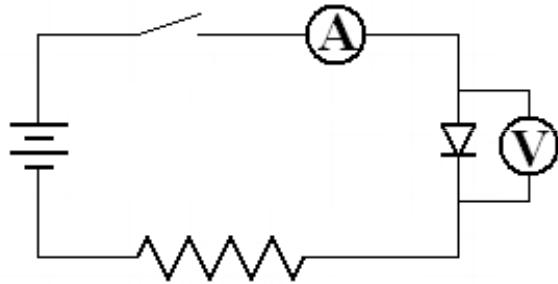


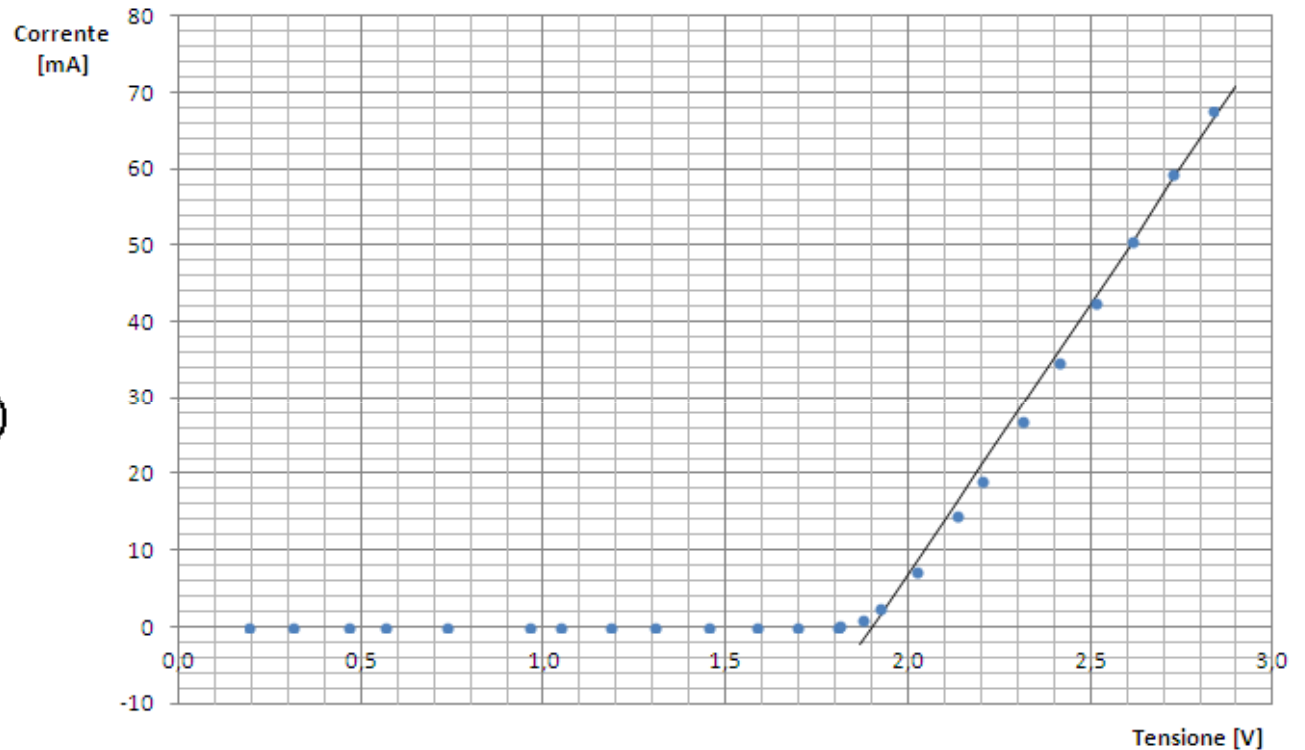
Grafico potenziale d'arresto-frequenza

LA CRISI DELLA FISICA CLASSICA ED ELEMENTI DI MECCANICA QUANTISTICA

$$h = \frac{e\lambda V_0}{c}$$



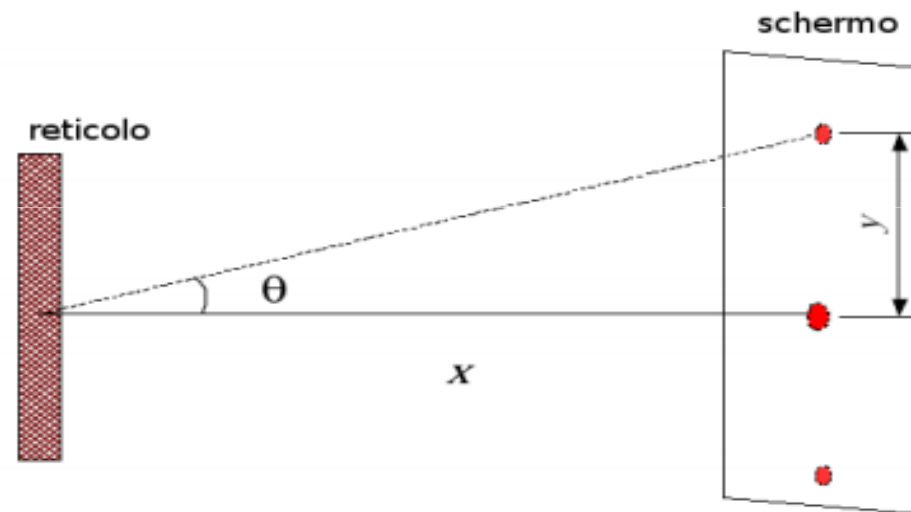
Circuito per
l'acquisizione dei dati
necessari per la
determinazione del
potenziale d'innesco



Curva caratteristica di un diodo LED (verde)

LA CRISI DELLA FISICA CLASSICA ED ELEMENTI DI MECCANICA QUANTISTICA

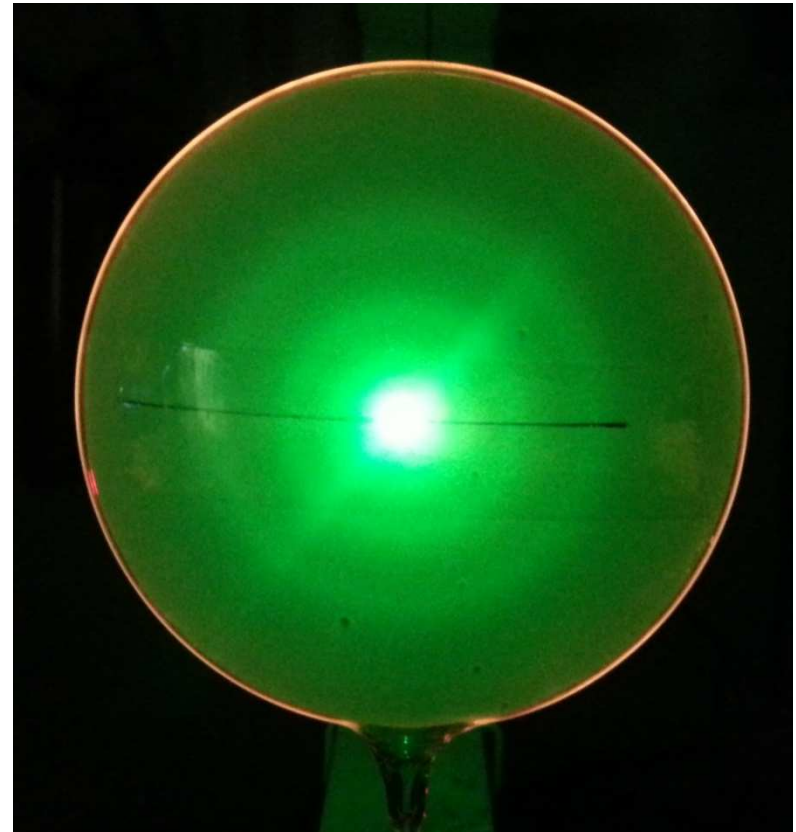
$$h = \frac{e\lambda V_0}{c}$$



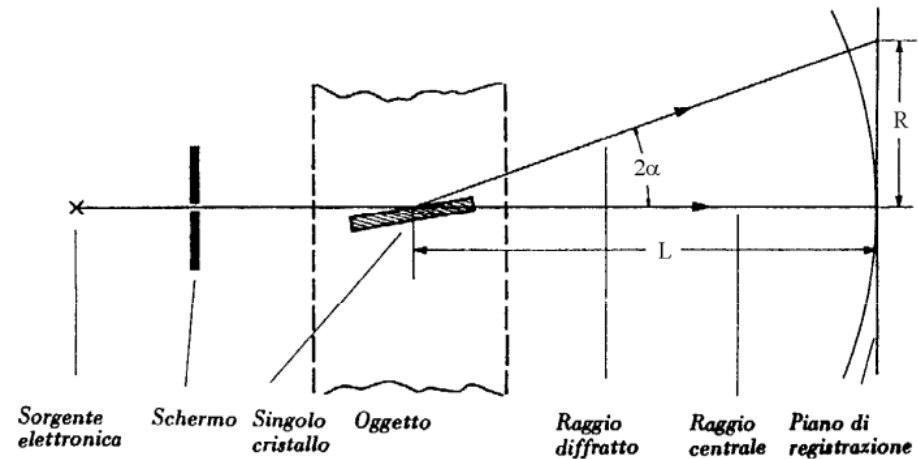
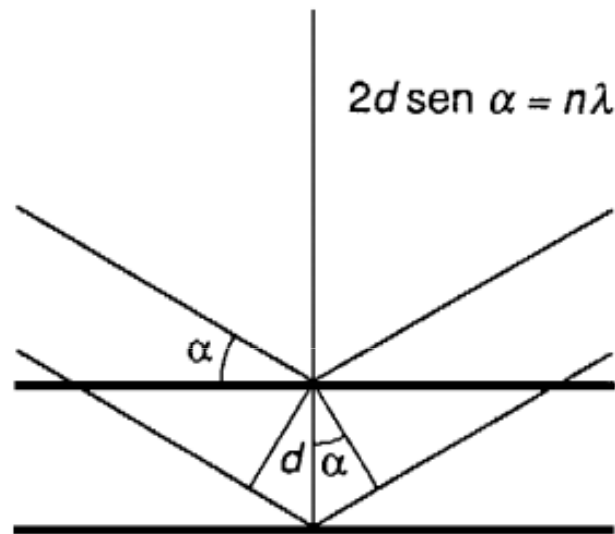
Schema dell'immagine del LED prodotta dal reticolo di diffrazione

$$\lambda = \frac{10^{-3}}{N} \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}}$$

LA CRISI DELLA FISICA CLASSICA ED ELEMENTI DI MECCANICA QUANTISTICA



LA CRISI DELLA FISICA CLASSICA ED ELEMENTI DI MECCANICA QUANTISTICA



$$\lambda = d \frac{R}{nL}$$

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2emV}}$$

ELEMENTI DI FISICA ATOMICA

Carica specifica dell'elettrone (rapporto e/m)

Modelli atomici di Thomson, di Rutherford, di Bohr e di de Broglie

Numeri quantici e principio di esclusione di Pauli

Spettri atomici

ELEMENTI DI FISICA ATOMICA

Tubo a fascio filiforme per la determinazione del rapporto e/m



$$B = \mu_0 \left(\frac{4}{5} \right)^{3/2} \cdot \frac{n \cdot I}{R}$$

$$K = \frac{1}{2} m v^2 = eV$$

$$m \frac{v^2}{r} = e v B$$

$$\frac{e}{m} = \frac{2V}{B^2 r^2}$$

ELEMENTI DI FISICA NUCLEARE

Il nucleo atomico e la sua stabilità (forza nucleare forte)

Difetto di massa ed energia di legame

Radioattività α , β , γ

Legge del decadimento radioattivo

Forza nucleare debole

Fissione nucleare e fusione nucleare (ciclo pp e ciclo CNO)

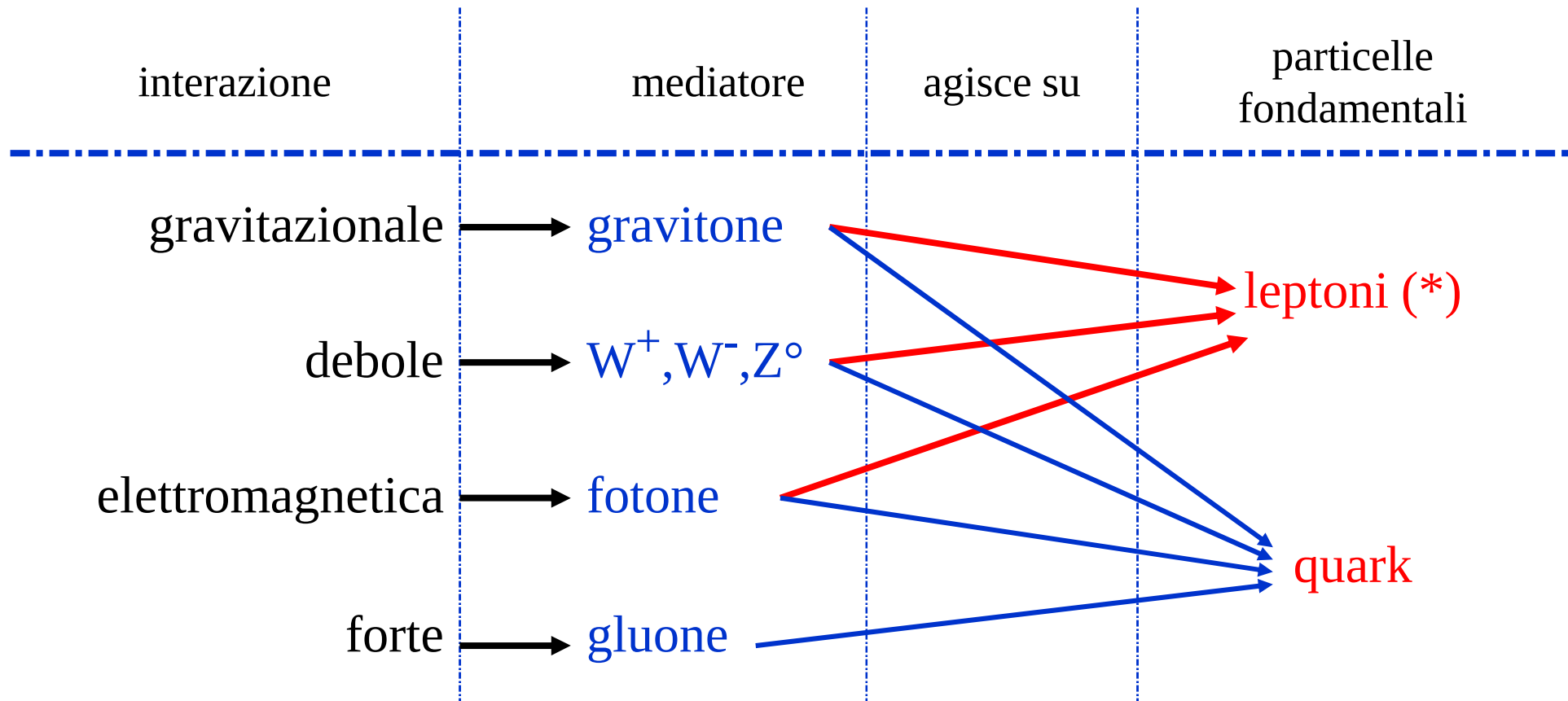
CENNI SUL MODELLO STANDARD

Il modello standard e le teorie di unificazione

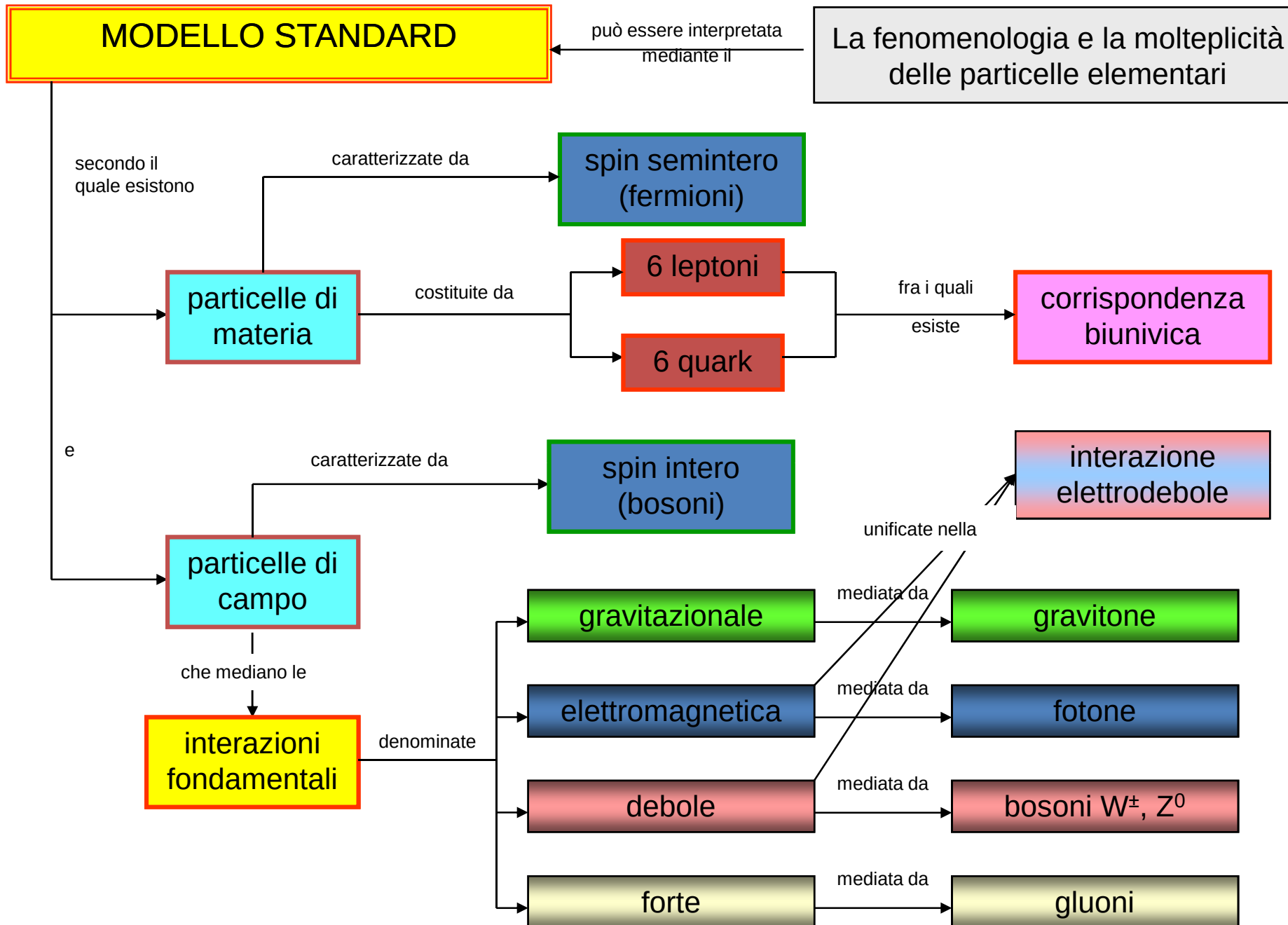
- Proprietà delle particelle elementari (massa, carica, spin, ...)
- Classificazioni (fermioni-bosoni; leptoni-adroni)
- I quark e le loro proprietà
- Le interazioni fondamentali
- Le teorie di unificazione

IL MODELLO STANDARD

TUTTE LE INTERAZIONI

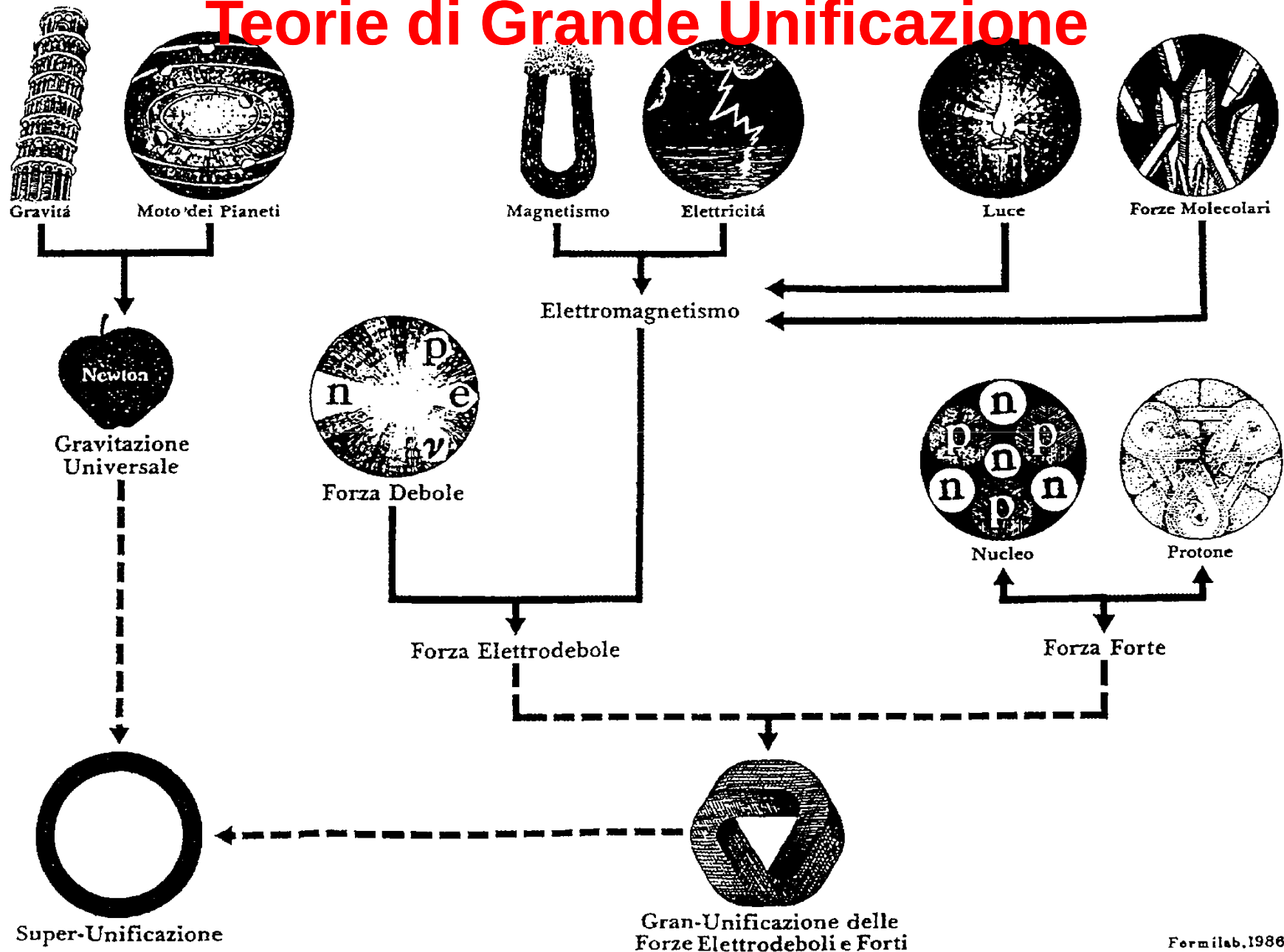


(*) I leptoni neutri (i neutrini) non sono soggetti all'interazione elettromagnetica



OLTRE IL MODELLO STANDARD

Teorie di Grande Unificazione



2a PROVA D'ESAME

BROCCA 2014

Primo tema

Arthur Compton vinse nel 1927 il premio Nobel per la Fisica per la scoperta dell'effetto che porta il suo nome.

Il candidato:

- 1) descriva l'effetto Compton ed analizzi le equazioni che lo caratterizzano;
- 2) esponga il concetto di lunghezza d'onda di Compton;
- 3) si soffermi sul motivo per cui l'effetto in esame è considerato una delle più importanti prove sperimentali dell'interpretazione quantistica delle radiazioni elettromagnetiche;
- 4) esponga, quindi, cosa si intende per aspetto corpuscolare delle radiazioni elettromagnetiche;
- 5) risolva infine il seguente problema:

Un fotone urta un elettrone libero che ha una velocità iniziale che può essere considerata trascurabile. Dopo l'urto si rileva un fotone diffuso che ha un'energia pari a 101 keV e che presenta un angolo di deviazione dovuto all'effetto Compton di $30^\circ 00'$.

Ricavare l'energia del fotone incidente e l'energia cinetica dell'elettrone di rimbalzo sempre espresse in eV.

Si ricorda che:

$$1 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \text{ (costante di Planck)}$$

$$m_0 = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \text{ (massa a riposo dell'elettrone)}$$

$$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s} \text{ (velocità della luce)}$$

2a PROVA D'ESAME

BROCCA 2012

Primo tema

Con la storica memoria dal titolo “*Teoria della legge di distribuzione dell'energia dello spettro normale*” presentata all'Accademia delle Scienze di Berlino il 14 dicembre 1900, Max Planck introdusse il concetto di *quantizzazione dell'energia*, presentando una formula matematica che forniva risultati coerenti con i dati sperimentali ricavati dall'analisi dello spettro del *corpo nero*. Prendendo spunto dai risultati teorici di Planck, Einstein riuscì a spiegare il fenomeno dell'effetto fotoelettrico che appariva incomprensibile utilizzando la teoria elettromagnetica di Maxwell.

Il candidato spieghi:

- a) che cosa s'intende per *corpo nero* e descriva sinteticamente le deduzioni teoriche di Planck;
- b) la differenza tra la produzione e la propagazione di un'onda elettromagnetica secondo la teoria quantistica di Planck e la successiva ipotesi dei fotoni avanzata da Einstein;
- c) il fenomeno dell'effetto fotoelettrico, come oggi lo conosciamo grazie ad Einstein, descrivendone almeno un'applicazione.

Risolva, infine, il problema che segue.

Sopra una lastra di metallo fotosensibile incide un'onda elettromagnetica con lunghezza d'onda $\lambda = 200 \text{ nm}$ e sugli elettroni estratti per effetto fotoelettrico agisce un campo magnetico caratterizzato da un vettore induzione magnetica di modulo $B = 25 \cdot 10^{-6} \text{ T}$, perpendicolare alla loro direzione di propagazione. Risentendo l'effetto del campo magnetico, gli elettroni si muovono su una traiettoria circolare con un raggio massimo di 20 cm.

Il candidato calcoli in eV il lavoro di estrazione da questo metallo ed esprima poi la sua opinione sulla possibilità di ottenere l'effetto fotoelettrico utilizzando con lo stesso metallo un'onda elettromagnetica con lunghezza d'onda $\lambda = 400 \text{ nm}$. Si trascurino gli effetti relativistici.

Si ricordano i seguenti valori:

Velocità della luce: $c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; Costante di Planck: $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$;

Massa a riposo dell'elettrone: $m_e = 9,108 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; Carica dell'elettrone: $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

2a PROVA D'ESAME

BROCCA 2012supp

Primo tema

La scoperta dell'elettrone da parte di Sir Joseph John Thomson, nel 1897, rappresentò per i fisici un elemento fondamentale per la ricerca scientifica finalizzata a comprendere la composizione dell'atomo.

Il candidato esponga le sue conoscenze riguardo:

1. l'evoluzione del modello atomico,
2. la composizione del nucleo atomico,
3. l'emissione di radiazioni elettromagnetiche di varie frequenze e in particolare di raggi X,
4. l'emissione di radiazioni nucleari.

Infine, dopo aver spiegato che cosa s'intende per lunghezza d'onda di de Broglie, calcoli quella associata ad un elettrone dopo che esso ha superato lo spazio tra due griglie metalliche distanti una dall'altra 0,5 cm, dove è stato accelerato dalla d.d.p. di 60 V. Trascuri la velocità iniziale dell'elettrone e gli eventuali effetti relativistici.

Supponendo, ora, di non conoscere la distanza tra le due griglie metalliche, risolva lo stesso problema con considerazioni energetiche e confronti i risultati ottenuti.

Si ricordano i seguenti dati:

Costante di Planck:	$h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s};$
Massa a riposo dell'elettrone:	$m_e = 9,108 \cdot 10^{-31} \text{ kg};$
Carica dell'elettrone:	$e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}.$

2a PROVA D'ESAME

BROCCA 2010

Primo tema

Nel 1897, dopo oltre sessanta anni dai primi esperimenti di Faraday, modificando la traiettoria dei raggi catodici con campi magnetici, Sir Joseph John Thomson dimostrò che essi erano costituiti da particelle materiali cariche negativamente e per ogni particella riuscì a calcolare il rapporto tra la carica e la massa. Egli chiamò queste particelle *elettroni*.

Il candidato risponda ai seguenti quesiti.

1. Descrivere l'interpretazione ondulatoria del comportamento dell'elettrone, secondo l'ipotesi di Louis De Broglie.
2. Spiegare i concetti fondamentali della meccanica ondulatoria, soffermandosi in particolare sull'interpretazione probabilistica delle funzioni d'onda e sul principio d'indeterminazione.
3. Spiegare il significato dell'espressione “dualismo onda corpuscolo”.

Risolva, infine, il seguente problema.

Una cella fotoelettrica emette elettroni, essendo illuminata con una luce di lunghezza d'onda $\lambda = 500$ nm. Sapendo che il lavoro di estrazione della placca fotosensibile è di 2,1 eV, calcolare la minima lunghezza d'onda di de Broglie associata agli elettroni emessi.

Si ricordano i seguenti dati approssimati:

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}; \quad m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}; \quad h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}; \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

2a PROVA D'ESAME

BROCCA 2008

Primo tema

All'inizio del secolo scorso il fisico tedesco Max Planck interpretò i risultati sperimentali relativi alla radiazione del corpo nero introducendo l'ipotesi della quantizzazione dell'energia. Quest'ipotesi, intesa inizialmente solo come uno stratagemma matematico utile per far coincidere i risultati teorici e quelli sperimentali, apparve invece come una realtà fisica pochi anni dopo, con l'interpretazione dell'effetto fotoelettrico fatta da Einstein e con la successiva conferma dovuta all'effetto Compton.

Il candidato spieghi:

1. che cosa s'intende per corpo nero e come lo studio della sua radiazione ha portato Planck ad avanzare l'ipotesi dei quanti d'energia;
2. la differenza tra il concetto di "fotone" utilizzato da Einstein per spiegare l'effetto fotoelettrico e quello del "quanto d'energia" proposto pochi anni prima da Planck;
3. i fenomeni fisici dell'effetto fotoelettrico e di quello Compton, descrivendo anche le leggi che permettono d'interpretarne i risultati sperimentali

Il candidato risolva, infine, il seguente problema.

Un fotone, con energia 0,1 MeV, interagisce con un elettrone la cui velocità può essere considerata trascurabile. Calcolare, sempre in MeV, l'energia finale del fotone sapendo che il suo angolo di deviazione dovuto all'effetto Compton è di 30° . Commentare il risultato ottenuto.

Si ricorda che l'elettrone ha carica elettrica negativa $1,60 \cdot 10^{-19}$ C e massa $9,11 \cdot 10^{-31}$ kg. Inoltre, i valori della costante di Planck e della velocità della luce sono $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J·s e $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.

2a PROVA D'ESAME

BROCCA 2006

Primo tema

L'effetto fotoelettrico, che presenta oggi tante applicazioni tecnologiche, si basa su una fondamentale interpretazione teorica che ha contribuito in modo essenziale allo sviluppo della fisica contemporanea.

Il candidato risponda ai seguenti quesiti e, dove è necessario effettuare calcoli, descriva i passaggi intermedi e commenti le conclusioni.

1. Relazionare sulla spiegazione teorica dell'effetto fotoelettrico proposta da Albert Einstein, confrontandola con i falliti tentativi d'interpretazione basati sulla fisica classica.
2. Dopo avere scritto e commentato le leggi che governano l'effetto fotoelettrico, proporre un esempio pratico descrivendo un'applicazione tecnologica e spiegandone il funzionamento.
3. Calcolare la lunghezza d'onda corrispondente alla frequenza di soglia per l'estrazione di fotoelettroni dal potassio, sapendo che il suo lavoro di estrazione è 2,21 eV.
4. Calcolare, in J e in eV, la massima energia cinetica e la corrispondente quantità di moto degli elettroni estratti da una superficie ricoperta di potassio irradiata con raggi ultravioletti di lunghezza d'onda $\lambda = 248,2$ nm e calcolare la corrispondente lunghezza d'onda di de Broglie.

Si ricordano i seguenti dati approssimati:

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C};$$

$$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{kg};$$

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{J}\cdot\text{s};$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

2a PROVA D'ESAME

BROCCA 2004

Primo tema

Se si scalda l'estremità di una barra di ferro, si nota che essa emette inizialmente una radiazione termica che è percepita dalla pelle ma non dagli occhi. Se si continua a far aumentare la temperatura, l'estremità della barra diventa luminosa; il colore è prima rosso e poi, aumentando ancora la temperatura, tende al bianco.

Il candidato risponda ai seguenti quesiti.

- 1) Analizzare il fenomeno descritto e fornire una spiegazione fisica delle varie fasi che portano dalla iniziale emissione termica a quella luminosa, prima rossa e poi bianca.
- 2) Collegare il fenomeno descritto alle ricerche riguardanti la curva d'emissione della radiazione elettromagnetica del *corpo nero* che portarono Planck, nel 1900, a formulare l'ipotesi del *quanto d'energia*. Descrivere il problema affrontato da Planck e la sua ipotesi finale.
- 3) Descrivere l'evoluzione del concetto di *quanto d'energia* fino ad arrivare al concetto di *fotone*, introdotto da Einstein, e utilizzato nel 1905 per spiegare l'effetto fotoelettrico e, successivamente, l'effetto Compton. Fornire una spiegazione fisica dei due effetti.
- 4) Calcolare, in eV e in J, l'energia trasportata da un fotone proveniente da una lampada che emette luce gialla di lunghezza d'onda $\lambda = 600 \text{ nm}$.
- 5) Una piccola lastra di rame, di massa $m = 20 \text{ g}$ e calore specifico $c = 0,092 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$, aumenta la sua temperatura di 2°C perché investita dalla radiazione infrarossa proveniente da una stufa. Sapendo che la frequenza della radiazione è $\nu = 3 \cdot 10^{13} \text{ Hz}$, calcolare il numero dei fotoni che hanno interagito con il rame provocandone il riscaldamento.

(Si ricordano i seguenti valori approssimati della velocità della luce e della costante di Planck:
 $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$)

2a PROVA D'ESAME

BROCCA 2002

Il candidato svolga una relazione su uno solo dei seguenti due temi, a sua scelta, prestando particolare attenzione al corretto uso della terminologia scientifica.

TEMA I

L'effetto fotoelettrico rimase per lunghi anni un mistero fino alla scoperta delle sue leggi da parte di Albert Einstein e le attività sperimentali di Robert Andrews Millikan. Nel 1905, Einstein riuscì a fornire un'interpretazione del fenomeno introducendo il concetto di fotone, la cui esistenza fu poi confermata dalla scoperta dell'effetto Compton nel 1923. Einstein, Millikan e Compton ebbero il premio Nobel per la fisica rispettivamente negli anni 1921, 1923 e 1927.

Il candidato:

1. scriva e commenti le leggi fisiche dell'effetto fotoelettrico, descriva il fenomeno e proponga un esempio di applicazione tecnologica;
2. spieghi perché non è stato possibile interpretare l'effetto fotoelettrico utilizzando le caratteristiche di un'onda elettromagnetica;
3. descriva somiglianze e differenze tra il fotone di Einstein e il quanto d'energia proposto da Planck nella radiazione del corpo nero;
4. descriva l'effetto Compton e commenti la formula:

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{m_0 \cdot c} (1 - \cos \theta)$$

che mette in relazione le grandezze fisiche interessate;

5. calcoli l'angolo di diffusione di un fotone che, avendo un'energia iniziale di 0,8 MeV, ne perde un terzo per effetto Compton:

$$(h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}, \quad m_0 = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}, \quad c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}).$$

2a PROVA D'ESAME

BROCCA 2000

Il candidato svolga una breve relazione su uno solo dei seguenti due temi, a sua scelta.

Primo tema

Nella prima metà del secolo XX, dopo la scoperta che la radiazione elettromagnetica ha un comportamento duale, ondulatorio e corpuscolare, fu formulata l'ipotesi che anche la materia, considerata composta da particelle, potesse presentare caratteristiche ondulatorie.

Il candidato:

- spieghi il significato dell'espressione *“la radiazione elettromagnetica ha un comportamento duale, ondulatorio e corpuscolare”* e descriva un esperimento che ha messo in evidenza il comportamento corpuscolare;
- spieghi il significato dell'espressione *“fu formulata l'ipotesi che la materia, considerata composta da particelle, potesse presentare caratteristiche ondulatorie”* e descriva un esperimento che ha confermato la realtà di quest'ipotesi teorica;
- calcoli quanti fotoni emette in un minuto una stazione radio che trasmette musica alla frequenza di 99 MHz con una potenza di uscita di 20 kW;
- calcoli la lunghezza d'onda associata ad un elettrone che, con velocità iniziale trascurabile, è stato accelerato tra due elettrodi da una differenza di potenziale di 200 V;
- calcoli, in eV, la minima energia cinetica che può avere un elettrone costretto a muoversi in uno spazio unidimensionale lungo 0,1 nm:
 - velocità della luce: $c = 3,00 \cdot 10^8$ m/s;
 - costante di Planck: $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J·s;
 - massa dell'elettrone: $m = 9,11 \times 10^{-31}$ kg;
 - carica dell'elettrone: $e = 1,60 \times 10^{-19}$ C.

2a PROVA D'ESAME

BROCCA 1999

Il candidato svolga una breve relazione su uno solo dei seguenti due temi, a sua scelta.

Primo tema

Si vuole determinare il rapporto e/m , tra carica e massa di un elettrone, utilizzando un tubo contenente neon a bassa pressione al cui interno gli elettroni sono emessi per effetto termoelettronico (conosciuto anche come effetto termoionico).

Essi hanno una velocità iniziale trascurabile e sono accelerati tra due elettrodi da una differenza di potenziale $\Delta V = 0,78 \text{ kV}$ fino a raggiungere la velocità v . Gli atomi di neon ne rendono visibile la traiettoria interagendo al loro passaggio.

Una volta raggiunta la velocità v , gli elettroni entrano in una zona che è sede di un campo magnetico con $B = 4,3 \cdot 10^{-4} \text{ T}$ e con un angolo α tra i vettori $\underline{B}$ e $\underline{v}$.

Il candidato:

1. descriva e spieghi l'effetto termoelettronico;
 2. spieghi perché gli atomi di neon nel tubo rendono visibile la traiettoria degli elettroni;
 3. disegni e commenti la possibile traiettoria di un elettrone tra i due elettrodi (prima che risenta del campo magnetico) e poi all'interno del campo magnetico per $\alpha = 90^\circ$ e per $\alpha < 90^\circ$;
 4. ricavi e commenti la formula che permette di calcolare la velocità dell'elettrone in funzione della d.d.p. tra gli elettrodi in un tubo sotto vuoto; calcoli tale velocità ricordando che la carica e la massa dell'elettrone sono $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ e $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$;
 5. ricavi e commenti la formula che permette di calcolare il raggio della traiettoria in funzione della velocità dell'elettrone e dell'induzione magnetica; calcoli il raggio di tale traiettoria sapendo che l'angolo tra i vettori $\underline{B}$ e $\underline{v}$ è $\alpha = 60^\circ$;
 6. ricavi e commenti la formula che permette di calcolare il rapporto e/m in funzione dei valori misurabili ΔV , B ed r .
-

2a PROVA D'ESAME

BROCCA 1999supp

Il candidato svolga una breve relazione su uno solo dei seguenti due temi, a sua scelta.

Primo tema

All'inizio di questo secolo i fisici avevano tentato inutilmente di spiegare l'effetto fotoelettrico basandosi sulla natura ondulatoria delle radiazioni elettromagnetiche. L'interpretazione proposta da Einstein nel 1905 con il nuovo concetto di fotone provocò, però, varie resistenze che furono definitivamente vinte con la scoperta, nel 1923, dell'effetto Compton.

Il candidato:

1. descriva sinteticamente la natura e le caratteristiche di un'onda elettromagnetica e come essa si propaghi;
2. spieghi il concetto di fotone e la differenza con il quanto d'energia proposto da Planck;
3. spieghi, con un esempio, le leggi fisiche dell'effetto fotoelettrico;
4. motivi l'impossibilità di spiegare l'effetto fotoelettrico con la teoria ondulatoria delle radiazioni elettromagnetiche;
5. descriva l'effetto Compton commentando la formula

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{m_0 \cdot c} (1 - \cos \theta)$$

che mette in relazione le grandezze fisiche interessate;

6. calcoli l'angolo di diffusione di un fotone che, avendo un'energia iniziale di 1 MeV, ne perde la metà per effetto Compton; si ricordi che:

$$h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}; \quad m_0 = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}; \quad c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m/s}.$$

2a PROVA D'ESAME

SIMULAZIONE 2015

Problema n. 2: Una missione spaziale

Nel 2200 il più moderno razzo vettore interplanetario costruito dall'uomo può raggiungere il 75,0 % della velocità della luce nel vuoto. Farai parte dell'equipaggio della missione che deve raggiungere un pianeta che orbita intorno alla stella Sirio, che dista 8,61 anni-luce e si avvicina con velocità di 7,63 km/s al sistema solare, effettuare ricerche lì per 2,00 anni e poi rientrare sulla Terra. Devi contribuire alla programmazione di tutti i dettagli della missione, come ad esempio le scorte di cibo e acqua; prendendo come istante di riferimento $t=0$ il momento della partenza dalla Terra, considerando che viaggerai sempre alla massima velocità possibile e trascurando tutti gli effetti dovuti alla accelerazione del moto nella fase di partenza e di arrivo, fatte tutte le ipotesi aggiuntive che ritieni necessarie, devi valutare:

- 1. quanto tempo durerà la missione per un osservatore sulla terra;**
- 2. quanto tempo durerà il viaggio di andata e quello di ritorno secondo i componenti dell'equipaggio;**
- 3. quanto tempo durerà complessivamente la missione secondo i componenti dell'equipaggio.**

Alcuni test effettuati nei laboratori della Terra sui componenti elettronici simili a quelli utilizzati sull'astronave, indicano che è necessario effettuare alcuni interventi di manutenzione sull'astronave. Dopo 1,00 anni dalla partenza (tempo terrestre) viene quindi inviato un segnale alla navicella. Quando il capitano riceve il segnale,

- 4. quanto tempo è trascorso sulla navicella dall'inizio del viaggio?**

Ricevuto il segnale, il capitano invia immediatamente la conferma alla Terra;

- 5. dopo quanto tempo dall'invio del segnale alla navicella la base terrestre riceve la conferma della ricezione?**

2a PROVA D'ESAME

SIMULAZIONE 2015

Durante il viaggio di andata, il ritardo nelle comunicazioni con l'astronave aumenta con l'aumentare della distanza; per illustrare al pubblico questo effetto

6. **disegna su un piano cartesiano i grafici che mostrino rispetto al riferimento terrestre la distanza dalla Terra dell'astronave e dei due segnali di comunicazione, in funzione del tempo.**

Il responsabile della sicurezza della missione ti comunica una sua preoccupazione: teme che, a causa della contrazione relativistica delle lunghezze, il simbolo della flotta terrestre riportato sulla fusoliera del razzo, un cerchio, possa apparire deformato agli occhi delle guardie di frontiera, che potrebbero quindi non riconoscerlo, e lanciare un falso allarme. **Pensi che sia una preoccupazione fondata?**

7. **Illustra le tue considerazioni in merito a questa preoccupazione e dai una risposta al responsabile della sicurezza, corredandola con argomenti quantitativi e proponendo una soluzione al problema.**

2a PROVA D'ESAME syllabus

A. Elettromagnetismo (40% del totale carico didattico di Fisica per il V anno)

UNITA' DIDATTICA	PREREQUISITI	CONTENUTUI MINIMI IRRINUNCIABILI	ABILITA'	COMPETENZE
Induzione elettromagnetica (30%)	▪ Il concetto generale di campo ▪ Il campo elettrico ▪ Il campo elettrostatico ▪ Il campo gravitazionale ▪ I campi conservativi ▪ Il campo magnetico e relative proprietà ▪ La forza di Lorentz ▪ Calcolo del flusso di un campo vettoriale ▪ Campo magnetico di una spira e di un solenoide ▪ Densità di energia del campo elettrostatico ▪ Campo elettrico all'interno di un condensatore	▪ Forza elettromotrice indotta ▪ Legge di Faraday ▪ Legge di Neumann ▪ Legge di Lenz ▪ Autoinduzione, coefficienti di autoinduzione, l'induttanza ▪ Densità di energia del campo magnetico	▪ Descrivere esperimenti che mostrino il fenomeno dell'induzione elettromagnetica. ▪ Discutere l'equazione della legge di Faraday ▪ Discutere la legge di Neumann-Lenz ▪ Descrivere le relazioni tra forza di Lorentz e forza elettromotrice indotta ▪ <u>Calcolare</u> il flusso di un campo magnetico ▪ <u>Calcolare</u> le variazioni di flusso di campo magnetico ▪ <u>Calcolare</u> correnti indotte e forze elettromotrici indotte ▪ <u>Derivare</u> l'induttanza di un solenoide ▪ <u>Risolvere problemi</u> di applicazione delle formule studiate inclusi quelli che richiedono il calcolo delle forze su conduttori in moto in un campo magnetico.	▪ Essere in grado di riconoscere il fenomeno dell'induzione in situazioni sperimentali

2a PROVA D'ESAME syllabus

A. Elettromagnetismo (40% del totale carico didattico di Fisica per il V anno)

UNITA' DIDATTICA	PREREQUISITI	CONTENUTUI MINIMI IRRINUNCIABILI	ABILITA'	COMPETENZE
Equazioni di Maxwell e Onde Elettromagnetiche (10%)	▪ Onde e oscillazioni ▪ Propagazione delle onde ▪ Energia e impulso trasportato da un'onda ▪ Interferenza, diffrazione, rifrazione ▪ La risonanza ▪ Leggi del flusso e della circuitazione per il campo elettrico e magnetico stazionari nel vuoto	▪ Relazione tra campi elettrici e magnetici variabili ▪ Il termine mancante: la corrente di spostamento ▪ Sintesi dell'elettromagnetismo: le equazioni di Maxwell ▪ Onde elettromagnetiche ▪ Lo spettro elettromagnetico ▪ Intensità di un'onda elettromagnetica	▪ Illustrare le equazioni di Maxwell nel vuoto espresse in termini di flusso e circuitazione ▪ Argomentare sul problema della corrente di spostamento ▪ Descrivere le caratteristiche del campo elettrico e magnetico di un'onda elettromagnetica e la relazione reciproca ▪ Conoscere e <u>applicare</u> il concetto di intensità di un'onda elettromagnetica ▪ Collegare la velocità dell'onda con l'indice di rifrazione ▪ Descrivere lo spettro continuo ordinato in frequenza ed in lunghezza d'onda ▪ Illustrare gli effetti e le applicazioni delle onde EM in funzione di lunghezza d'onda e frequenza	▪ Essere in grado di collegare le equazioni di Maxwell ai fenomeni fondamentali dell'elettricità e del magnetismo e viceversa

2a PROVA D'ESAME syllabus

B. Relatività (20% del totale carico didattico di Fisica per il V anno)

UNITA' DIDATTICA	PREREQUISITI	CONTENUTUI MINIMI IRRINUNCIABILI	ABILITA'	COMPETENZE
	▪ Relatività galileiana ▪ Sistemi inerziali ▪ Trasformazioni di coordinate ▪ Invarianti ▪ Legge non relativistica di addizione delle velocità	▪ Dalla relatività galileiana alla relatività ristretta ▪ I postulati della relatività ristretta ▪ Tempo assoluto e simultaneità ▪ Dilatazione dei tempi e contrazione delle lunghezze: evidenze sperimentali ▪ Trasformazioni di Lorentz ▪ Legge di addizione relativistica delle velocità; limite non relativistico: addizione galileiana delle velocità ▪ Invariante relativistico ▪ Legge di conservazione della quantità di moto ▪ Dinamica relativistica. Massa, energia.	▪ Saper applicare le relazioni sulla dilatazione dei tempi e contrazione delle lunghezze ▪ Saper risolvere semplici problemi di cinematica e dinamica relativistica ▪ Saper risolvere semplici problemi su urti e decadimenti di particelle	▪ Saper argomentare, usando almeno uno degli esperimenti classici, sulla validità della teoria della relatività ▪ Saper riconoscere il ruolo della relatività nelle applicazioni tecnologiche.

2a PROVA D'ESAME syllabus

C. Fisica Quantistica (30% del totale carico didattico di Fisica per il V anno)

UNITA' DIDATTICA	PREREQUISITI	CONTENUTUI MINIMI IRRINUNCIABILI	ABILITA'	COMPETENZE
	▪ L'esperimento di Rutherford e modello atomico ▪ Spettri atomici ▪ Interferenza e diffrazione (onde, ottica) ▪ Scoperta dell'elettrone ▪ Urti elastici.	▪ L'emissione di corpo nero e l'ipotesi di Planck. ▪ L'esperimento di Lenard e la spiegazione di Einstein dell'effetto fotoelettrico. ▪ L'effetto Compton. ▪ Modello dell'atomo di Bohr e interpretazione degli spettri atomici. ▪ L'esperimento di Franck-Hertz. ▪ La lunghezza d'onda di de Broglie. ▪ Dualismo onda-particella. Limiti e validità della descrizione classica. ▪ Diffrazione/interferenza degli elettroni. ▪ Principio di indeterminazione	▪ Illustrare il modello del corpo nero e interpretarne la curva di emissione in base al modello di Planck. ▪ <u>Applicare</u> le leggi di Stefan-Boltzmann e la legge di Wien. ▪ <u>Applicare</u> l'equazione di Einstein dell'effetto fotoelettrico per la risoluzione di esercizi. ▪ Illustrare e saper <u>applicare</u> la legge dell'effetto Compton. ▪ <u>Calcolare</u> le frequenze emesse per transizione dai livelli dell'atomo di Bohr. ▪ Descrivere la condizione di quantizzazione dell'atomo di Bohr usando la relazione di de Broglie. ▪ <u>Calcolare</u> l'indeterminazione quantistica sulla posizione/quantità di moto di una particella ▪ <u>Calcolare</u> la lunghezza d'onda di una particella ▪ Riconoscere i limiti della trattazione classica in semplici problemi.	▪ Saper riconoscere il ruolo della fisica quantistica in situazioni reali e in applicazioni tecnologiche.

2a PROVA D'ESAME syllabus

D. Argomenti e approfondimenti di Fisica Avanzata
(10% del totale carico didattico di Fisica per il V anno)

FIN E

Grazie per l'attenzione