

Problema n. 1: Il metodo delle parabole di Thomson

Navigando in Internet per una ricerca sugli isotopi hai trovato il seguente articolo di J. J. Thomson pubblicato sui “Proceedings of The Royal Society” nel 1913.

PROCEEDINGS OF THE ROYAL SOCIETY.

SECTION A.—MATHEMATICAL AND PHYSICAL SCIENCES.

BAKERIAN LECTURE :—*Rays of Positive Electricity.*

By Prof. Sir J. J. THOMSON, O.M., F.R.S.

(Lecture delivered May 22,—MS. received June 4, 1913.)

[PLATES 1—3.]

In 1886, Goldstein observed that when the cathode in a vacuum tube was pierced with holes, the electrical discharge did not stop at the cathode; behind the cathode, beams of light could be seen streaming through the holes in the way represented in fig. 1. He ascribed these pencils of light to rays

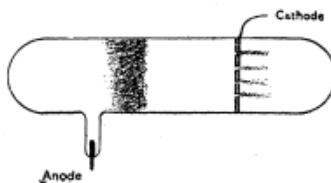


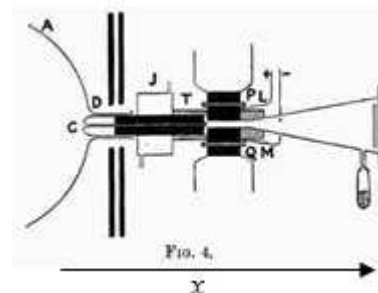
FIG. 1.

passing through the holes into the gas behind the cathode; and from their

L'esperimento a cui l'articolo fa riferimento può essere considerato come uno tra i più importanti del secolo ventesimo, nel passaggio dalla Fisica cosiddetta Classica alla Fisica Moderna, più precisamente l'inizio della Fisica Subatomica.

Nell'articolo Thomson descrive le sue osservazioni sui cosiddetti “raggi canale”, formati da quelli che noi oggi chiamiamo ioni, quando attraversano un campo elettrico uniforme $\vec{E}$ e un campo magnetico, pure uniforme, $\vec{B}$ paralleli tra loro e perpendicolari alla velocità delle particelle $\vec{v}$.

Nel disegno riprodotto qui affianco ed estratto dall'articolo originale, le particelle entrano attraverso l'ugello C e, con velocità parallele tra loro, attraversano il campo elettrico e quello magnetico nella regione identificata dalle lettere PLQM. I campi sono paralleli tra di loro e perpendicolari al piano della pagina.



Nell'articolo Thomson scrive:

“Supponi che un fascio di queste particelle si muova parallelamente all'asse x , colpendo un piano fluorescente perpendicolare al loro cammino in un punto O . Se prima di raggiungere il piano agisce su di esse un campo elettrico parallelo all'asse y , il punto ove le particelle raggiungono il piano è

spostato parallelamente all'asse y di una distanza pari a:

$$y = \frac{q}{mv_0^2} A_1$$

dove q , m e v_0 , sono rispettivamente la carica, la massa e la velocità delle particelle e A_1 è una costante dipendente dal campo elettrico e dal cammino della particella ma indipendente da q , m , v_0 .
Se invece sulle particelle agisce un campo magnetico anch'esso parallelo all'asse y , le particelle vengono deflesse parallelamente all'asse z e il punto ove le particelle raggiungono il piano è spostato parallelamente all'asse z di una distanza pari a:

$$z = \frac{q}{mv_0} A_2$$

dove A_2 è una costante dipendente dal campo magnetico e dal cammino della particella ma indipendente da q , m e v_0 .

E più oltre continua: “Così, tutte le particelle con lo stesso rapporto q/m in presenza di campo elettrico e magnetico colpiscono il piano su una parabola che può essere visualizzata facendo incidere le particelle su una lastra fotografica.”

E ancora: “Poiché la parabola corrispondente all'atomo di idrogeno è presente in praticamente tutte le foto ed è immediatamente riconoscibile [...] è molto facile trovare il valore di q/m per tutte le altre.”

Un esempio di queste foto è riportato nella figura 1:

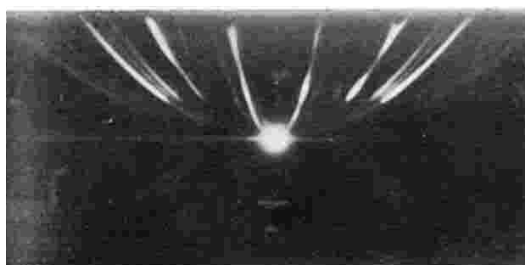


Figura 1

che viene riportata, ingrandita e invertita in colore, nella figura 2:

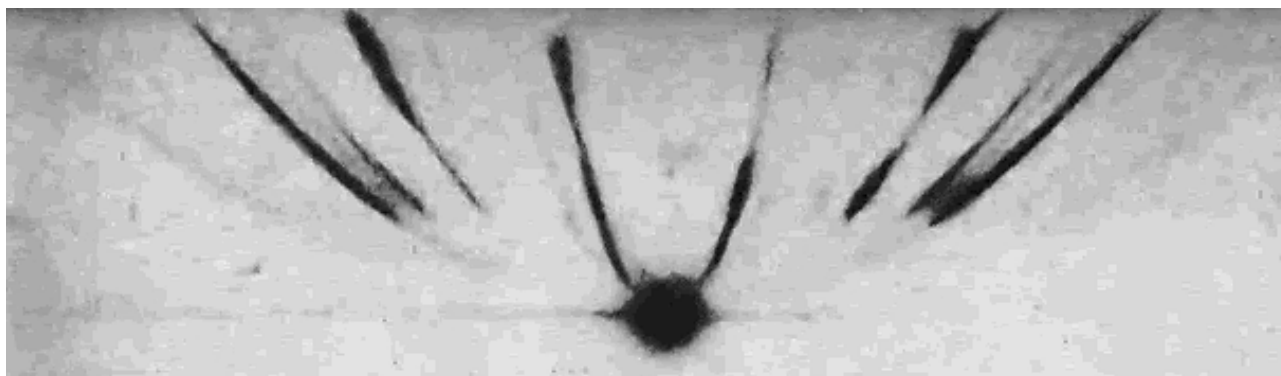


Figura 2

1. Fissando un sistema di riferimento con origine nel punto O ove le particelle colpiscono il piano fluorescente in assenza del campo elettrico e di quello magnetico, l'asse x nella direzione del moto delle particelle e l'asse y nella direzione comune dei campi elettrico e magnetico, dimostra dalle informazioni date la validità delle formule riportate da Thomson per le deflessioni nelle direzioni y e z dovute al campo elettrico e al campo magnetico. Nella dimostrazione assumi che gli effetti di bordo siano trascurabili e che la forza di Lorentz sia sempre diretta nella direzione z .
2. Dimostra che le particelle con lo stesso rapporto q/m formano sul piano $x=0$ una parabola quando è presente contemporaneamente sia il campo elettrico sia quello magnetico; determina l'equazione della parabola in funzione del rapporto q/m e dei parametri A_1 e A_2 .
3. Ricordando che gli ioni di idrogeno hanno il massimo rapporto q/m , individua la parabola dovuta agli ioni di idrogeno. Scegli poi un'altra parabola delle foto e determina il rapporto q/m relativo a questa parabola, in unità dello stesso rapporto q/m per l'idrogeno. Descrivi dettagliatamente il procedimento seguito.
4. Immagina ora di ruotare il campo elettrico in modo che sia diretto nella direzione z e con verso tale da deflettere le particelle in verso opposto alla deflessione dovuta al campo magnetico. Disegna la direzione e verso del campo elettrico e di quello magnetico affinché essi operino come descritto e determina la condizione che deve essere verificata affinché la deflessione totale sia nulla. Ipotizzando di utilizzare il dispositivo come strumento di misura, quale grandezza potrebbe misurare?

Problema n. 2: Uno strumento rinnovato

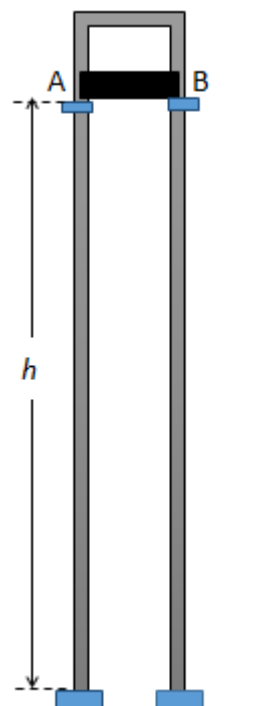


Figura 1

In questa condizione:

1. Rappresenta ed esamina la nuova situazione descrivendo i fenomeni fisici coinvolti e le forze alle quali è sottoposta la barretta durante il suo moto verso il basso.
2. Individua quale tra i seguenti grafici rappresenta l'andamento nel tempo della velocità della barretta giustificando la scelta fatta.

grafico 1

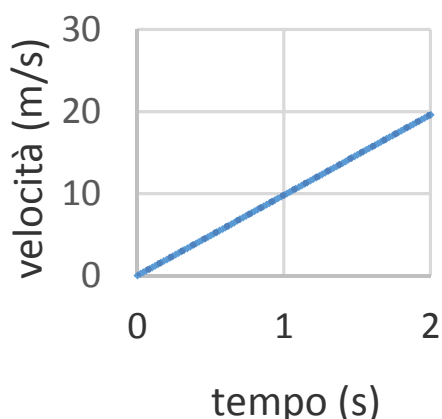


grafico 2

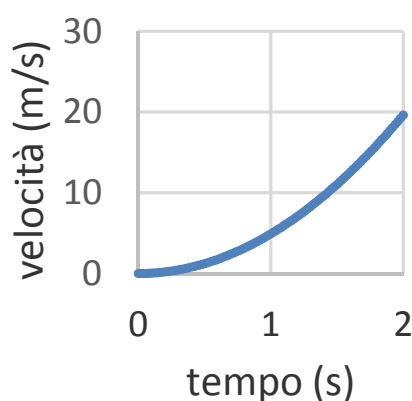
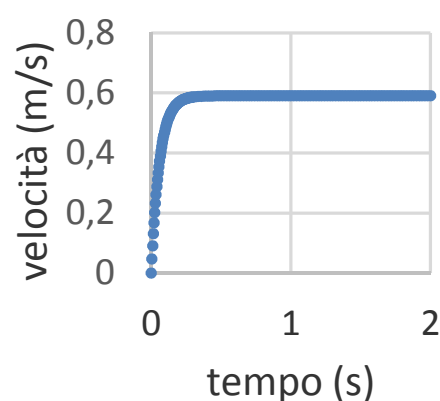


grafico 3



3. Calcola il valore v_{MAX} della velocità massima della barretta assumendo per essa una massa pari a 30 g, una lunghezza di 40 cm, una resistenza elettrica di $2,0 \, \Omega$ (supponi trascurabile la resistenza elettrica della guida ad U) ed un campo magnetico applicato di intensità 2,5T.
4. Determina l'equazione che descrive il moto della barretta e verifica che la funzione $v(t) = v_{MAX}(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$, con $\tau = \frac{v_{MAX}}{g}$, ne è soluzione; definisci il significato dei simboli presenti nella funzione servendoti, eventualmente, di un grafico.

Rubrica di Valutazione del Problema

Indicatori per la valutazione
<i>Esaminare la situazione fisica proposta formulando le ipotesi esplicative attraverso modelli o analogie o leggi.</i>
<i>Formalizzare situazioni problematiche e applicare gli strumenti matematici e disciplinari rilevanti per la loro risoluzione.</i>
<i>Interpretare e/o elaborare i dati proposti, anche di natura sperimentale, verificandone la pertinenza al modello scelto.</i>
<i>Descrivere il processo risolutivo adottato e comunicare i risultati ottenuti valutandone la coerenza con la situazione problematica proposta.</i>

QUESITI¹

Quesito 1

Una lampadina ad incandescenza, alimentata con tensione alternata pari a 220 V, assorbe una potenza elettrica media pari a $1,0 \cdot 10^2$ W ed emette luce grazie al riscaldamento di un filamento di tungsteno. Considera che in queste condizioni sia:

$$\frac{\text{Potenza media luminosa emessa}}{\text{Potenza media elettrica assorbita}} = 2,0\%$$

Ipotizzando per semplicità che la lampadina sia una sorgente puntiforme che emette uniformemente in tutte le direzioni, e che la presenza dell'aria abbia un effetto trascurabile, calcola ad una distanza $d = 2,0$ m dalla lampadina:

- l'intensità media della luce;
- i valori efficaci del campo elettrico e del campo magnetico.

Ritieni che le ipotesi semplificative siano adeguate alla situazione reale? Potresti valutare qualitativamente le differenze tra il caso reale e la soluzione trovata nel caso ideale?

Quesito 2

Un condensatore è costituito da due armature piane e parallele di forma quadrata separate da aria, di lato $l = 5,0$ cm, distanti 1,0 mm all'istante $t = 0$, che si stanno allontanando tra loro di un decimo di millimetro al secondo. La differenza di potenziale tra le armature è $1,0 \cdot 10^3$ V. Calcolare la corrente di spostamento che attraversa il condensatore nell'istante $t = 0$, illustrando il procedimento seguito.

Quesito 3

Una radiolina può ricevere trasmissioni radiofoniche sintonizzandosi su frequenze che appartengono ad una delle tre seguenti bande: **FM** (Frequency Modulation): 88-108 MHz ; **MW** (Medium Waves): 540-1600 KHz; e **SW** (Short Waves): 6,0-18,0 MHz. Quali sono le lunghezze d'onda massime e minime delle tre bande di ricezione? In quale delle tre bande la ricezione di un'onda elettromagnetica è meno influenzata dalla presenza degli edifici?

Quesito 4

Nello spazio vuoto è presente un campo elettrico $\vec{E}_x$, la cui variazione media nel tempo, lungo una direzione individuata dalla retta orientata x , è di $3,0 \cdot 10^6 \frac{V}{m \cdot s}$. Determinare l'intensità del campo

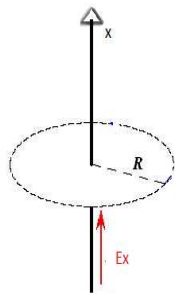
¹ $c = 3,00 \cdot 10^8$ m/s (velocità della luce nel vuoto)

$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ F/m (costante dielettrica nel vuoto)

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m (permeabilità magnetica nel vuoto)

$q = -1,60 \cdot 10^{-19}$ C (carica elettrone)

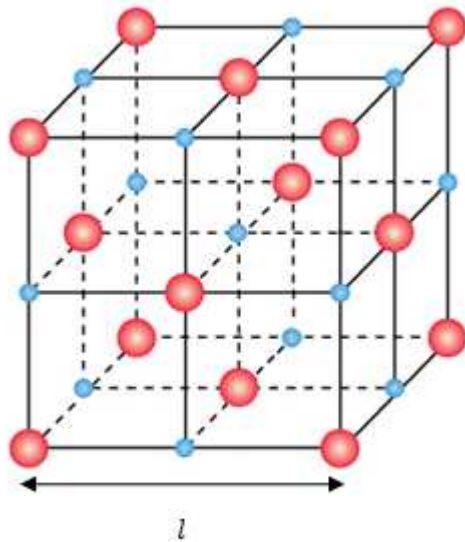
magnetico medio indotto, a una distanza R di $3,0\text{ cm}$ dalla retta x .
Cosa accade all'aumentare di R ?



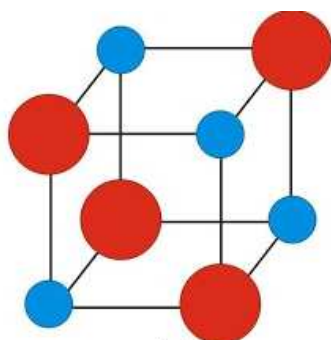
7

Quesito 5

Nel cristallo di sale (NaCl) gli ioni positivi e negativi Na^+ e Cl^- si dispongono, alternandosi, ai vertici di celle cubiche, con una distanza tra due consecutivi ioni Na^+ (o Cl^-) pari ad $l = 0,567\text{ nm}$.



In questo cristallo l'energia di legame è dovuta in buona parte all'interazione coulombiana tra gli ioni. Considerando una cella cubica contenente quattro ioni positivi e quattro ioni negativi,



calcolare l'energia coulombiana per ione del cristallo, e determinare quale percentuale essa rappresenta del valore sperimentale dell'energia di legame, pari a 4,07 eV.

Quesito 6

Un'onda luminosa non polarizzata incide su un polarizzatore P_1 e la radiazione da esso uscente incide su un secondo polarizzatore P_2 il cui asse di trasmissione è posto a 90° rispetto a quello del primo. Ovviamente da P_2 non esce nessuna radiazione.

Dimostrare che ponendo un terzo polarizzatore P_3 tra P_1 e P_2 , che forma un angolo α con P_1 , ci sarà radiazione uscente da P_2 .

Trovare:

- l'angolo α per cui l'intensità della radiazione uscente è massima;
- il valore di tale intensità rispetto a quella (I_0) dell'onda non polarizzata.

Griglia di Valutazione dei Quesiti

Indicatori per la valutazione
COMPRENSIONE e CONOSCENZA <i>Comprende la richiesta.</i> <i>Conosce i contenuti.</i>
ABILITA' LOGICHE e RISOLUTIVE <i>È in grado di separare gli elementi dell'esercizio evidenziandone i rapporti.</i> <i>Usa un linguaggio appropriato.</i> <i>Sceglie strategie risolutive adeguate.</i>
CORRETTEZZA dello SVOLGIMENTO <i>Esegue calcoli corretti.</i> <i>Applica Tecniche e Procedure, anche grafiche, corrette.</i>
ARGOMENTAZIONE <i>Giustifica e Commenta le scelte effettuate.</i>
VALUTAZIONE <i>Formula autonomamente giudizi critici di valore e di metodo.</i>