

Materiali per una prova di simulazione della terza prova (Liceo “Cavour”)

Discipline coinvolte :

Fisica, Matematica, Scienze, Storia dell'arte

L'ATOMO SECONDO RUTHERFORD

TESTO A

Se i fatti accennati sopra, insieme ad altri, hanno permesso da lungo tempo di mettere fuori discussione la presenza entro gli atomi di elettricità negativa in forma di elettroni, restava da conoscere in quale forma si trovasse nell'atomo quella elettricità positiva che è necessaria a dare all'atomo il suo carattere di sistema elettricamente neutro. J.J. Thomson, nel 1902, emise l'ipotesi che l'atomo fosse costituito da una sfera omogenea di elettricità positiva entro la quale fossero immersi gli elettroni, come granelli di polvere in una goccia d'acqua; per l'azione reciproca fra cariche positive e negative, gli elettroni resterebbero attratti (come è facile dimostrare) verso il centro della sfera da una forza proporzionale alla distanza e occuperebbero delle posizioni di equilibrio sotto l'azione di questa forza e delle loro mutue repulsioni. Questa ipotesi però ben presto si dimostrò inadeguata all'interpretazione dei fatti sperimentali.

La confutazione più diretta dell'ipotesi di Thomson fu offerta da una celebre esperienza eseguita dal Rutherford nel 1911 sul passaggio delle particelle α attraverso la materia. Tali particelle (che sono com'è noto atomi di elio doppiamente ionizzati, cioè carichi positivamente, lanciati dalle sostanze radioattive con velocità dell'ordine di 10^9 cm/s) possono attraversare in virtù della loro piccolezza e della loro alta velocità, delle sottili foglie metalliche: però si osserva che si lancia contro la foglia un sottile pennello di raggi α , questo non prosegue in linea retta ma viene sparpagliato in varie direzioni, provando così che le particelle α nell'attraversare la materia vengono deviate, alcune più altre meno, e taluna quasi fino a tornare indietro. Queste deviazioni non possono essere dovute agli urti delle particelle α contro gli elettroni contenuti nella sostanza attraversata, perché questi, avendo una massa varie migliaia di volte minore di quella delle particelle α , non possono farle deviare sensibilmente. Esse devono essere dunque dovute all'azione della parte rimanente dell'atomo, quella cioè che contiene, oltre la carica positiva, la quasi totalità della massa.

Ora, se si ammette il modello di Thomson, si vede facilmente che l'azione repulsiva esercitata dalla sfera di elettricità positiva sulla particella α , dapprima cresce con l'avvicinarsi di questa, ma poi quando la particella penetra nell'interno della sfera, la forza decresce man mano che essa si avvicina al centro: la traiettoria risulta allora incurvata come mostra la figura 1.a

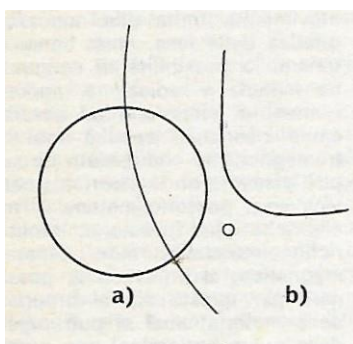


Fig. 1

Le deviazioni che così si ottengono non risultino molto grandi e sono insufficienti a spiegare i risultati sperimentali. Perciò il Rutherford emise l'ipotesi (oggi universalmente accettata) che la parte positiva dell'atomo consti di un nucleo, assai piccolo rispetto alle dimensioni atomiche, sì da poterlo considerare quasi puntiforme, nel quale sia concentrata quasi tutta la massa, nonché la carica positiva. La forza repulsiva da esso esercitata sulla particella α sarà allora inversamente proporzionale al quadrato della distanza, e quindi crescerà indefinitamente con l'avvicinarsi della particella al nucleo: si capisce dunque che ne debba risultare una deviazione assai più notevole che non nel modello di Thomson (Fig.1.b)

E se si calcola come si devono distribuire nei diversi angoli di deviazione le particelle di un fascetto di raggi α si trova una distribuzione in perfetto accordo con quella osservata (eccetto per le particelle che arrivano assai vicine al centro del nucleo, per le quali questo non si può considerare puntiforme). L'esperienza dunque conferma l'ipotesi di Rutherford del nucleo <<quasi puntiforme>>; anzi è possibile, dai risultati di tali esperienze, dedurre qual è la carica del nucleo. Si è scoperto così il fatto assai notevole che la carica del nucleo è uguale, salvo il segno, a tante volte la carica elettronica, quanto è il numero atomico dell'elemento considerato, cioè il numero d'ordine nel sistema periodico di Mendelèiev.

In base a questi risultati il Rutherford propose un modello di atomo che ha avuto importanza fondamentale nello sviluppo successivo della Fisica teorica [...]

Egli considera l'atomo di numero atomico Z come costituito da un della massa, nucleo praticamente puntiforme nel quale è concentrata la quasi totalità della massa, avente una carica positiva Ze (chiamando e la carica dell'elettrone presa in valore assoluto): intorno ad esso si trovano Z elettroni, le cui cariche negative compensano quindi esattamente quella positiva del nucleo. Questi elettroni sono attratti dal nucleo, secondo la legge di Coulomb, con una forza inversamente proporzionale al quadrato della distanza, cioè simile alla forza di gravitazione dei pianeti verso il Sole, essi quindi si muoveranno, secondo le leggi di Keplero, in orbite ellittiche (se si prescinde dalle reciproche repulsioni tra gli elettroni) mentre il nucleo, per la sua massa preponderante resterà quasi immobile: tutto l'atomo raffigurerà così un sistema planetario in miniatura. [...]

Questo modello che ha dominato la meccanica atomica fino al 1925, secondo le vedute odierne non deve essere inteso come una fedele pittura della realtà intra-atomica, ma solo come una sua approssimazione: tuttavia esso conserva grande importanza sia come mezzo euristico, sia come mezzo didattico, sia infine perché fornisce la base di un linguaggio comodo ed espressivo, di cui ci serviremo correntemente.

Enrico Persico- Fondamenti della meccanica atomica- Zanichelli

TESTO B

Rutherford ragionava allora così: se il modello planetario è corretto, in un esperimento in cui si bombardano atomi mediante cariche elettriche energetiche, si troverà che il grosso dei proiettili passerà nei vuoti dei nuclei del bersaglio, sentirà forze deboli e, quindi, sarà poco deflesso rispetto alla direzione iniziale del moto. Alcune particelle cariche però passeranno abbastanza vicino per essere deflesse di un angolo grande (fig. 2.2); ma, siccome il nucleo è piccolo rispetto alle dimensioni atomiche, questi passaggi ravvicinati saranno poco probabili e quindi il numero di particelle deflesse diminuirà al crescere dell'angolo di deflessione.

Vi è chiaro che quando la forza è grande, è grande anche la deflessione del proiettile?

La figura 2.3 aiuta a capire questo fatto, mostrando le traiettorie di particelle cariche che subiscono la deflessione passando a varie distanze da un nucleo: le traiettorie, come quelle delle comete non periodiche del sistema solare, sono iperboliche e l'angolo tra la direzione di arrivo e quella di allontanamento (asintoti dell'iperbole) è tanto più grande quanto più il proiettile carico "punta 2 al nucleo.

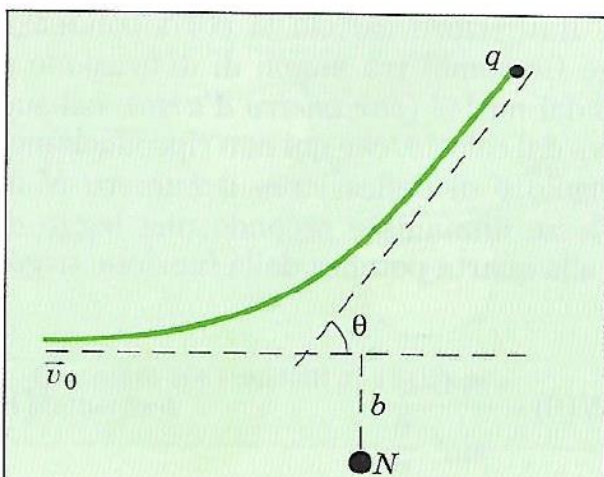


Fig. 2.2 Schema di un esperimento d'urto tra particelle cariche ed atomi. Con N è indicato il nucleo dell'atomo, con q la particella carica positivamente e con b il 'parametro d'urto', cioè la distanza tra il nucleo e la traiettoria rettilinea che seguirebbe la particella se non venisse deflessa. θ è l'angolo di deflessione.

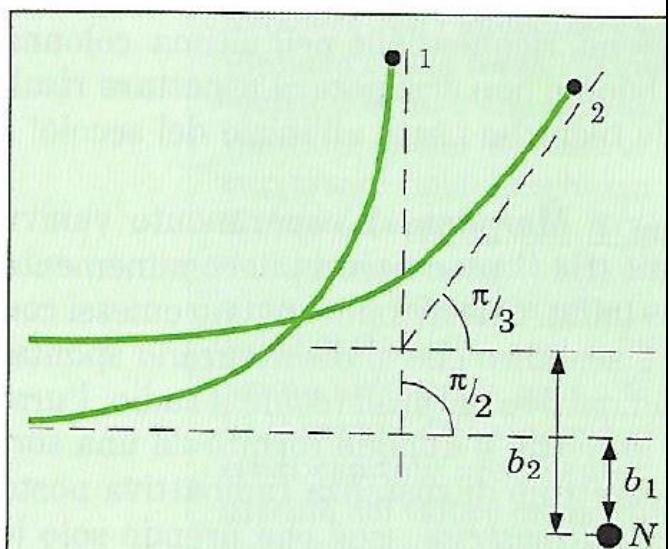


Fig. 2.3 A ciascun parametro d'urto corrisponde un diverso angolo di deflessione.

L' atomo come bersaglio

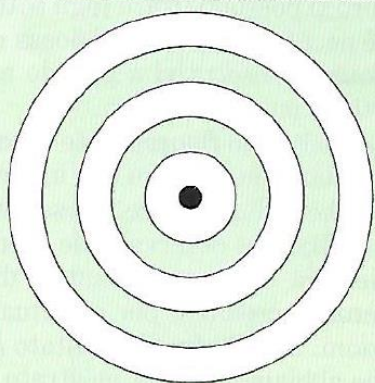
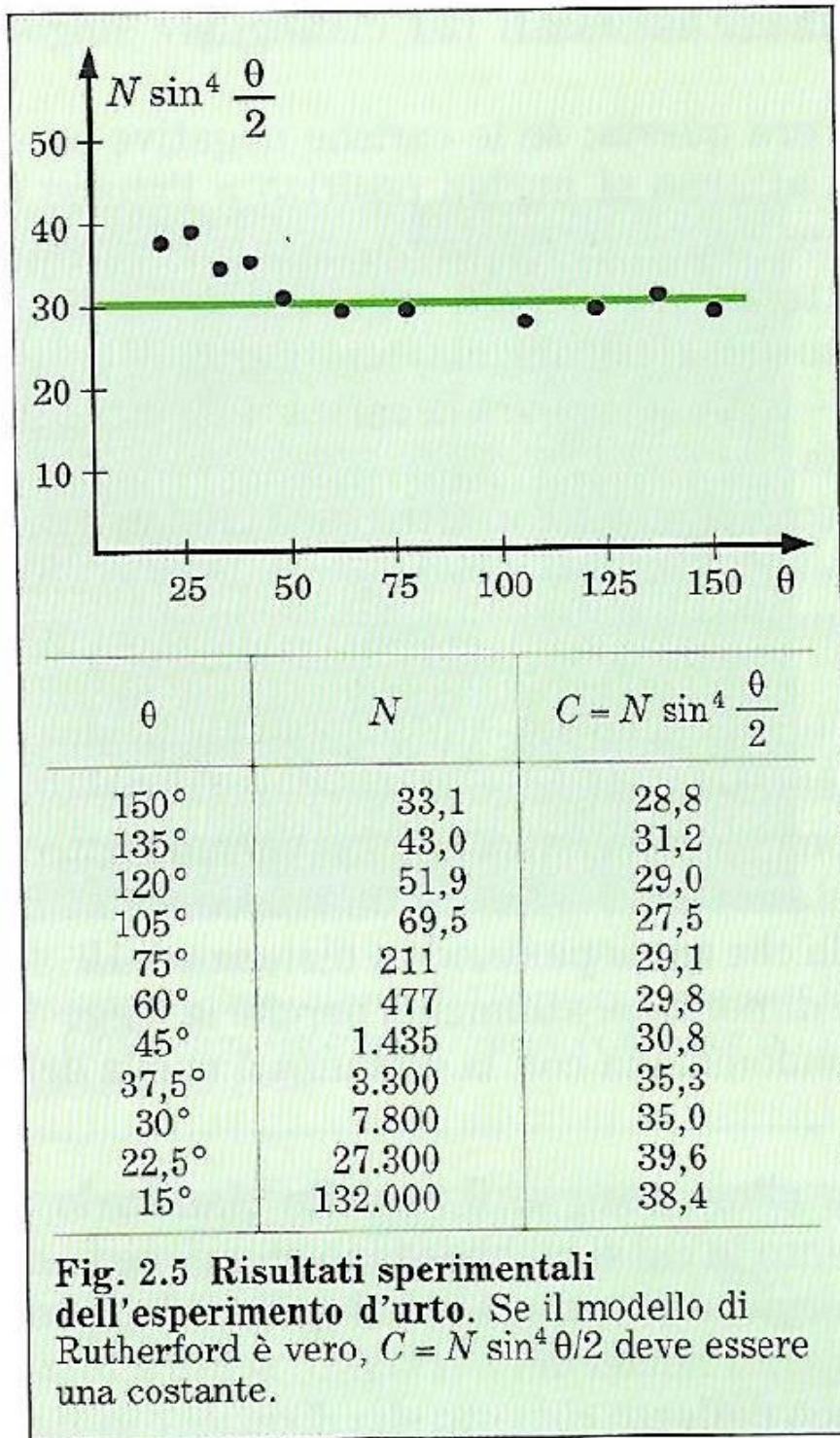


Fig. 2.4 Atomo come bersaglio. L'area attorno all'atomo che fa da bersaglio si può dividere in corone circolari secondo intervalli prefissati di parametro d'urto: le corone più lontane hanno area maggiore di quelle interne e sono quindi più probabili, come gli angoli di deflessione (minori) che ad esse corrispondono.

Naturalmente, bombardando nuclei invisibili, non si può "puntare" come si vuole!. Il bombardamento avviene a casaccio. Perciò, se immaginiamo di costruire un'area- bersaglio, con centro su un particolare nucleo, suddivisa come si fa comunemente per i bersagli nel gioco delle freccette o nel tiro a segno, cioè in tante corone circolari di uguale spessore ed area crescente verso l'esterno, la più interna, in cui si trova il nucleo, sarà la più improbabile; la corona attorno ad essa, benchè di uguale spessore, sarà tre volte più probabile, la successiva cinque volte più probabile e così via. (fig. 2.4)

Previsioni e risultati



Rutherford calcolò la corrispondenza (che dipende dalla legge di Coulomb) tra angoli di deflessione e distanza di puntamento dal nucleo (parametro d'urto), nel suo modello. Egli si aspettava dal calcolo, che qui non riproduciamo, che, al crescere dell'angolo di deflessione, il

numero N di particelle- proiettile deflesse diminuisse con una legge di proporzionalità inversa alla quarta potenza della funzione trigonometrica $\sin(\theta/2)$ cioè

$$N(\theta) = \frac{C}{\sin^4 \frac{\theta}{2}}$$

dove C è una costante , rispetto a θ , che non ha molta importanza perchè dipende dal numero di proiettili con cui si effettua l'esperimento: questo numero lo sceglie lo sperimentatore.

L'esperimento fu condotto da Geiger e Marsden e diede i risultati riportati in tabella (fig. 2.5) . L'accordo con la previsione, riconoscibile nell'ultima colonna della tabella, è piuttosto buono: non ci si poteva aspettare risultati migliori di così con le tecniche usate all'inizio del secolo!

C. Bernardini-S. Tamburini Corso di Fisica per il liceo Scientifico-ed. Giunti-Marzocco

NUOVE FRONTIERE DELLA SCIENZA E AVANGUARDIE ARTISTICHE: L'ASTRATTISMO

TESTO C

“Poco dopo un avvenimento nel campo della scienza venne a spazzar via gli ostacoli più grossi che mi fermavano in questo cammino. Fu la scoperta della divisione dell'atomo. Per me la disintegrazione atomica equivaleva a quella del mondo, e di colpo dei muri spessi crollarono. Tutto era vago, incerto, vacillante.... La scienza mi parve scossa nelle sue più salde fondamenta....gli scienziati non costruivano il loro edificio divino con mano sicura...ma brancolavano nelle tenebre e, ciechi, scambiavano un oggetto con un altro”.

Vasilij Kandinskij- *Lo spirituale nell'Arte* (1910) , a cura di E. Pontiggia. Ed SE Milano

TESTO D da Wikipedia



QUESITI

1) La lettura dei due primi testi mette in luce l'importanza, nel metodo scientifico, della costruzione di modelli, che, pur descrivendo la realtà in modo imperfetto, si rivelano molto utili nell'interpretazione di alcune classi di fenomeni.

Cita e descrivi qualche altro esempio da te incontrato nello studio della Fisica, della Chimica o delle Scienze naturali.

2) Nei primi due testi sono bene evidenziate alcune fasi di un'indagine scientifica: ipotesi o modello- falsificazione dell'ipotesi- costruzione di un nuovo modello

Sintetizza i passi in cui

- viene descritto il modello di Thomson
- viene falsificato il suddetto modello
- viene descritto il modello di Rutherford
- viene rafforzata la validità del modello di Rutherford

3) Nel testo A si legge che il modello atomico di Rutherford "ha dominato la meccanica atomica fino al 1925". Citando l'anno 1925 l'autore allude

- al modello atomico di Bohr
- alla scoperta del neutrone
- alla prima formulazione della Meccanica quantistica

4) Il testo A, parlando di modello planetario dell'atomo, fa riferimento all'analogia tra interazione elettrica e interazione gravitazionale.

Illustra brevemente analogie e differenze tra Legge di Newton e Legge di Coulomb
Perché l'analogia non può essere spinta fino al punto di pensare che gli elettroni siano mantenuti in orbita intorno al nucleo da un'interazione di tipo gravitazionale?

5) Nel testo B si paragonano le traiettorie iperboliche delle particelle α a quelle delle comete non periodiche nel sistema solare.

Spiega come è possibile che esistono traiettorie aperte anche in presenza della forza gravitazionale che è attrattiva.

6) Osservando i risultati sperimentali riportati nella figura 2.5 valuta la costante C della formula di Rutherford. Quante particelle ci si aspetta di trovare in corrispondenza di un angolo $\theta = 90^\circ$?

7) Nel testo A si legge che, come si deduce dai dati sperimentali, la carica del nucleo è uguale, salvo il segno, a tante volte la carica elettronica, quanto è il numero atomico dell'elemento considerato, cioè il numero d'ordine nel sistema periodico di Mendelèiev.

A partire da questa osservazione illustra brevemente come le nuove conoscenze sulla struttura della materia hanno contribuito a migliorare il modello di Tavola periodica proposta da Mendelèiev nel 1869.

8) Nel testo C il pittore Vasilij Kandinskij si riferisce alle scoperte scientifiche che, tra la fine dell'800 e gli inizi del '900, avviarono un processo di profonda revisione nella concezione della struttura della materia. Descrivi quelle che ritieni più significative.

9) Una delle correnti artistiche più discusse , nella prima metà del '900, è senza dubbio l'Astrattismo, per il completo capovolgimento della concezione plurisecolare dell' arte come "imitatrice" della realtà.

Elenca, prendendo in considerazione il testo D, alcune delle considerazioni che condussero l'autore a teorizzare l'astrattismo.

10) Quali erano i motivi ispiratori del gruppo artistico Der Blaue Reiter (Il cavaliere azzurro o Il cavaliere blu) formatosi a Monaco di Baviera nel 1911. Quali erano i principali esponenti oltre a Kandinskij ?

DOMANDE DI CORREDO ALLA PROVA

Fisica

1) Con riferimento al modello atomico di Rutherford ,secondo la meccanica classica un atomo può avere orbite circolari di qualsiasi raggio , purché sia rispettata la condizione che lega raggio r dell'orbita e velocità orbitale v (m è la massa , e la carica dell'elettrone)

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

Spiega il significato fisico della suddetta relazione e la sua importanza per la stabilità dell'atomo.

2) Un campo di forze conservativo può essere studiato sia mediante il vettore <<intensità del campo>>, sia mediante la grandezza scalare <<potenziale>>. Da quale relazione sono legate queste due grandezze?

3) La figura 1 , del testo A, mette in evidenza le possibili traiettorie di una particella α che ha subito una deviazione attraversando la materia, la prima secondo il modello di Thomson e la seconda in accordo col modello di Rutherford.

Il testo suggerisce che, nell'ipotesi di una carica positiva uniformemente distribuita nell'atomo, la deviazione della traiettoria α è molto piccola in quanto la forza elettrica decresce man mano che ci si avvicina al centro.

Giustifica la precedente affermazione studiando il campo elettrico all'interno e all'esterno di una distribuzione sferica uniforme di cariche positive (Q) e dimostrando che si ottiene la seguente funzione

$$E(r) = \begin{cases} \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^3} r & 0 < r < R \\ \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} & r \geq R \end{cases}$$

4) La stessa carica Q si trova sulla superficie di un conduttore sferico di raggio R . Qual è in questo caso l'espressione del campo elettrico $E_2(r)$ all'interno o all'esterno della sfera?

Matematica

5) Traccia un grafico qualitativo della funzione $E(r)$ determinata nel quesito 3) dopo averne studiato il comportamento nell'intorno destro e nell'intorno sinistro del punto di ascissa $r = R$ (raggio della sfera).

La funzione è continua nel punto suddetto? È derivabile?

6) Mostrare che la regione piana compresa tra il grafico di $E(r)$ (vedi quesito precedente) e il suo asintoto orizzontale è illimitata ma la sua area ha un valore finito. Determinare il suddetto valore.

7) Con riferimento alla figura 2.4 del testo B, si supponga che il bersaglio sia suddiviso in n zone, di cui la prima è un cerchio di raggio r e le altre sono corone circolari concentriche di spessore uguale a r .

- a) mostra che le aree delle zone suddette variano in progressione aritmetica
- b) calcola la probabilità che un arciere, se colpisce il bersaglio, lo colpisca
 - nella prima zona
 - nell'ultima zona (corona circolare più esterna)

8) Traccia l'andamento della funzione $\frac{1}{\sin^4 \frac{\theta}{2}}$ in un periodo

Scienze

9) Quali sono le principali innovazioni proposte da Keplero rispetto al sistema copernicano?

10) Il periodo di rivoluzione di un pianeta del sistema solare dipende dalla massa del pianeta? Dipende dalla massa del Sole? Spiegare.

11) La velocità orbitale di un pianeta che percorre un'orbita ellittica

- è costante
- è massima all'afelio
- è massima al perielio

Motivare la risposta

12) Quale proprietà dell'atomo non trova un'adeguata spiegazione nel modello di Rutherford? Come modificò, in seguito, Bohr il suddetto modello?

Storia dell'Arte

13) Nel 1922 Kandinskij viene chiamato da Walter Gropius ad insegnare al Bauhaus di Weimar e in questo periodo il suo astrattismo conosce una svolta molto decisa.

Da cosa è caratterizzato questo nuovo approccio verso l'arte astratta? Quali sono le opere più famose di questa seconda fase pittorica?

14) Quali altri movimenti artistici, oltre l'Astrattismo, noti come Avanguardie Storiche, si affermarono nei primi tre decenni del XX secolo?