**S. SGRIGNOLI**
*I.T.I.S. "G. Natta"*
*Bergamo*

# I problemi di fisica del concorso a cattedre (1984)

*(Pervenuto il 23.11.90)*

ABSTRACT
Physics examination papers, which were set during the latest (1984) "Concorsi" (i.e. the competitive examinations through which the teachers applying for posts in the Italian State Schools are selected) for teaching "Physics" and "Mathematics and Physics" at secondary school level, are here briefly commented on and a possible solution is sketched for two of the problems.

*Si riportano i testi delle prove scritte di fisica proposti per il Concorso a cattedre (ordinario) relativo alle classi XLIV (Fisica) e LXV (Matematica e Fisica) del 1984 - Scuola Secondaria Superiore. Dei problemi proposti per la classe LXV è, anche, fornita una traccia di soluzione. Conoscere i testi di queste prove può risultare interessante ma, in particolare, ci si augura che questo lavoro possa tornare utile a quanti dovranno in un prossimo futuro affrontare l'esame scritto di un analogo Concorso.*

**Classe di Concorso XLIV (Fisica)**

1. Lo spettro di corpo nero e la costante di Plank.
2. Conduttori e semiconduttori: caratteristiche sia macroscopiche che microscopiche.
3. Interazione tra osservatore e sistema osservato: il principio di indeterminazione.

*(Commento)* Come si nota, tutti i temi proposti riguardano questioni di fisica moderna. La tendenza a privilegiare questi argomenti si era già chiaramente manifestata nelle prove del Concorso precedente [1] (1982): sembra dunque che ai nuovi insegnanti si voglia richiedere una preparazione specifica su questi temi, nella prospettiva - forse - di un possibile inserimento della fisica moderna all'interno dei programmi di insegnamento (dove, attualmente, essa figura solo in modo marginale).

La maggior parte di coloro che affrontano il concorso per la classe di Fisica, tuttavia, dovrà insegnare nel primo biennio della Scuola secondaria superiore, dove non si richiede di trattare questi temi. Se si pensa a ciò, la scelta appare più un riflesso del paradigma che vorrebbe il futuro docente di per sé tanto meglio preparato per l'insegnamento quanto meglio conosce i contenuti disciplinari (ad un livello specifico più elevato di quello richiesto per l'ordine di scuola nel quale dovrà prestare servizio). Notoriamente questa condizione non è sufficiente a garantire il possesso di abilità nel settore didattico (è, se mai, una condizione necessaria).

Nello specifico: i primi due quesiti sono, in qualche modo, più tecnici e sembrano richiedere l'enunciazione di un discorso preciso e circoscritto sulle questioni coinvolte. Il terzo tema appare un poco più generico nella formulazione e lascia spazio anche, eventualmente a qualche considerazione di taglio discorsivo. In ogni caso esso richiede di inquadrare con equilibrio un argomento relativamente vasto e, dunque, comporta in sostanza una maggiore complessità e difficoltà.

**Classe di Concorso LXV (Matematica e Fisica)**

1. Le equazioni di Maxwell e le trasformazioni di Lorentz.
2. Dalla legge dei gas perfetti espressa nella forma

$$pV = 2\,n\,N\,\bar{E}\,/\,3$$

(dove p indica la pressione del gas, V il volume, n il numero di grammomolecole, N il numero di Avogadro ed $\bar{E}$ l'energia media delle molecole) dedurre il rapporto tra calore specifico a pressione costante e calore specifico a volume costante sia per un gas monoatomico sia per un gas biatomico.

Calcolare quindi: a) la velocità quadratica media degli atomi di gas elio, se questo si trova alla temperatura di 0°C e la corrispondente lunghezza d'onda associata di De Broglie; b) l'energia E necessaria per ionizzare un atomo di idrogeno (si ipotizzi l'elettrone dell'atomo di idrogeno alla distanza di 0,05 nm dal nucleo in condizioni di equilibrio) e la temperatura a cui si debbono trovare gli

[1] Per un'analisi delle prove scritte di Fisica del concorso 1982, con un commento e una traccia di risoluzione, si veda: C. Marchi Trevisi, "Prove scritte di fisica negli esami di concorso", L.F.N.S. XVII (1984), n. 3, pag. 157.

atomi di idrogeno affinché la loro energia cinetica media sia E; c) l'incremento di entropia per una grammomolecola di idrogeno che passi da 273°K a 742°K sia a volume costante sia a pressione costante. Infine si determino i livelli energetici possibili come autovalori per un atomo di elio confinato in una "scatola cubica" di lato 1 mm (si consideri cioè un atomo di elio confinato in un cubo al cui interno il potenziale è nullo e alle pareti diventa infinito). Si calcoli quindi il valore del livello energetico più basso.

(Si ricordano i valori di alcune grandezze:

numero di Avogadro = $6{,}0 \cdot 10^{23}$

costante R del gas perfetto = 8,3 J/°K

massa del grammoatomo di elio = 4,0 g

costante di Plank = $6{,}6 \cdot 10^{-34}$ J·s)

3. Una sferetta di vetro del raggio di 5 mm (densità 2,7 g/cm³) urta elasticamente una sferetta di acciaio di uguali dimensioni (densità 8,1 g/cm³). La pallina di vetro acquista la velocità con cui va ad urtare la sferetta di acciaio rotolando lungo un piano inclinato alto 29 cm e lungo 90 cm. Calcolare la velocità della sferetta di vetro prima e dopo l'urto, sapendo che la sferetta di vetro (o meglio il suo baricentro) prima dell'urto si muove lungo una retta che dista 6 mm dal baricentro della sferetta in acciaio.

Si studi quindi la reazione:

$$He^4 + Be^9 \rightarrow C^{12} + n^1 + 5{,}7 \text{ MeV}$$

e si determini la velocità massima del neutrone prodotto se la reazione avviene bombardando una targhetta di Be con particelle alfa accelerate per mezzo di una d.d.p. di 1000000 volt.

(Si ricordano i valori di alcune grandezze:

massa del neutrone = $1{,}67 \cdot 10^{-27}$ kg

massa del $He^4$ = $6{,}6 \cdot 10^{-27}$ kg

massa del $Be^9$ = $1{,}5 \cdot 10^{-26}$ kg

massa del $C^{12}$ = $2{,}0 \cdot 10^{-26}$ kg

carica dell'elettrone = $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C)

Si tratti quindi il tema della radioattività sia naturale che indotta.

**Traccia di soluzione** - Problema 2

Nel testo è scritto: $p V = 2 n N \bar{E}/3$ e si afferma che "$\bar{E}$ è l'energia media delle molecole". In realtà questo non è del tutto corretto.

Infatti dalla più nota forma: $p\ V = n\ R\ T$, ricordando che - in accordo con la teoria cinetica - si ha: $R = K\ N$ (dove $K$ è la costante di Boltzmann e $N$ il numero di Avogadro), si ottiene:

$$p\ V = n\ K\ N\ T$$

Per confronto si ricava: $\bar{E} = \frac{3}{2}$ K T, che rappresenta l'energia media per una molecola *monoatomica* o, più opportunamente, l'energia *cinetica* media *del moto traslatorio* per una molecola generica.

Accetteremo, perciò, quest'ultima posizione per ricavare il risultato seguente.

Si ammetta di effettuare una trasformazione isobara infinitesima; per la 1ª legge della T.D. si avrà:

$$\delta Q_p = dU + \delta L = dU + p\ dV$$

Per un'uguale variazione di temperatura, ottenuta però a volume costante, sarebbe invece:

$$\delta Q_v = dU$$

(si ricordi che l'energia interna del gas perfetto non dipende esplicitamente che dalla temperatura, fissato che sia $n$).

Pertanto si può ricavare il rapporto $\gamma$ tra i calori specifici come:

$$\gamma = \frac{\delta Q_p}{\delta Q_v} = \frac{dU + p\ dV}{dU} = 1 + \frac{p\ dV}{dU}$$

Differenziando la legge del gas perfetto (nell'ipotesi $P =$ cost.), si ricava:

$$p\ dV = \frac{2}{3}\ n\ N\ d\bar{E}$$

D'altro canto, per il gas monoatomico, si ha: $dU = n\ N\ d\bar{E}$ e si ricava così:

$$\gamma = \frac{2}{3} + 1 = \frac{5}{3}$$

Per il gas biatomico, invece, l'energia media per ogni particella è:

$$\varepsilon = \frac{5}{2}\ K\ T = \frac{5}{3}\ \bar{E}.$$

Ne diviene un diverso valore per $\gamma$, infatti:

$$\gamma = 1 + \frac{\frac{2}{3}\ n\ N\ d\bar{E}}{\frac{5}{3}\ n\ N\ d\bar{E}} = \frac{7}{5}$$

Per il calcolo della velocità quadratica media, basta ricordare che:

$$\frac{1}{2}\ m\ \langle v^2 \rangle = \frac{3}{2}\ K\ T = \frac{3\ N\ K\ T}{2\ N} = \frac{3\ R\ T}{2\ N}$$

da cui:

$$v_{qm} = \sqrt{\langle v^2 \rangle} = \sqrt{\frac{3\,K\,T}{m}} = \sqrt{\frac{3\,R\,T}{m\,N}}$$

dove $m\,N$ rappresenta la massa di una mole e $\langle v^2 \rangle$ indica il valore medio del quadrato della velocità. Per il gas He a 0°C si ricava allora: $v_{mq} = 1{,}3 \cdot 10^3$ m/s.

La corrispondente lunghezza d'onda di de Broglie si ricava dalla nota formula:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\frac{M}{N}\,v_{qm}} = \frac{N\,h}{\sqrt{3\,R\,T\,M}}$$

dove si è indicato con M il prodotto m N.

Il calcolo fornisce: $\lambda = 7{,}6 \cdot 10^{-11}$ m.

Per determinare l'energia di ionizzazione di un atomo di idrogeno nelle ipotesi prospettate dal testo, è opportuno determinare preventivamente l'energia potenziale di un sistema di due cariche puntiformi (ciascuna del valore della carica di un elettrone), distanti 0,05 nm. Si scrive perciò:

$$U = \frac{-1}{4\pi\,\varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{r}$$

e, assumendo il valore di $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C per $e$, e di $8{,}9 \cdot 10^{-12}$ $C^2N^{-1}m^{-2}$ per $\varepsilon_0$, si ricava:

$$U = -4{,}6 \cdot 10^{-18} \text{ J.}$$

Nel modello di Bohr per l'atomo di idrogeno, l'elettrone descrive un'orbita circolare attorno al protone: al moto è associata un'energia cinetica $\frac{1}{2}\,m\,v^2$ pari a $\frac{1}{2}\,|U|$ [2].

Perché l'atomo venga ionizzato l'elettrone deve avere un'energia totale maggiore o uguale a zero: bisogna allora comunicargli un'energia $E_i$ pari all'opposto della sua energia totale $(U + \frac{1}{2}\,|U|)$.

In definitiva:

$$E_i = -U/2 = 2{,}3 \cdot 10^{-18} \text{ J.}$$

(Può valere la pena di osservare che il valore tabulato di questa grandezza [3] è di 13,6 eV, pari a $2{,}2 \cdot 10^{-18}$ J).

La corrispondente temperatura (per *atomi* di idrogeno) si ottiene ponendo:

$$E_i = \frac{3}{2}\,K\,T$$

e fornisce:

$$T = \frac{2}{3}\,\frac{E_i}{K} = 1{,}1 \cdot 10^5 \text{ K}$$

Si tratta ora di valutare le variazioni di entropia, per una trasformazione isocora e per una isobara da 273 K a 742 K [4].

Per la definizione si ha:

$$\Delta S = \int_A^B \frac{\delta Q}{T} = \int_A^B dS$$

Nel caso della trasformazione a $V$ = cost, tenendo conto della legge del gas perfetto e della definizione di $C_v$:

$$\delta Q = C_v\,dT + p\,dV = dU + \delta L$$

$$dS = C_v\,dT\,/\,T \text{ (perché } dV = 0)$$

Pertanto, integrando (con riferimento all'idrogeno, la cui molecola è biatomica):

$$\Delta S_v = C_v \ln(T_B / T_A) = \frac{5}{2} R \ln(T_B / T_A) = 20{,}7 \text{ J/K.}$$

Nel caso, invece, di $p$ = cost, possiamo scrivere:

$$\delta Q = C_P\,dT - V\,dp$$

e, poiché $dp = 0$, integrando si ricava (analogamente a sopra):

$$\Delta S_P = C_P \ln(T_B / T_A) = \frac{7}{2} R \ln(T_B / T_A) = 29{,}0 \text{ J/K.}$$

L'ultimo quesito costituisce un problema classico, discusso in molti manuali [5]. Qui ci limitiamo, perciò, a ricordare che per risolverlo si può considerare l'equazione di Schröedinger degli stati stazionari, ovvero:

$$-\frac{\hbar^2}{2\,m}\,\nabla^2 u = [E - U(x,y,z)]\,u$$

nella quale $u$ rappresenta la "parte spaziale" della funzione d'onda $\psi(x,y,z,t) = u(x,y,z)\,\varphi(t)$ (la fattorizzazione della $\psi$ è lecita perché $U$ non dipende dal tempo). Per il potenziale $U$ si ammette che sia:

[2] Lo si ricava rapidamente, eguagliando l'espressione della forza centripeta a quella della forza elettrica.

[3] Vedere, ad esempio: *Le tavole M·A·F·BI·C*, Zanichelli, Bologna 1989, pag. 43.

[4] Il simbolo del kelvin è K, non °K. Il testo del problema è stato ripreso nella rivista *Valore Scuola*, non da un originale del M.P.I., ma ritengo poco probabile che la responsabilità dell'inesattezza debba essere attribuita al tipografo. Ad errori tipografici possono invece, probabilmente essere attribuite altre due inesattezze: il nome di de Broglie (che nel testo è scritto De Broglie) e l'unità di misura per $R$ (che dovrebbe essere $J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$).

[5] Si veda, ad esempio: P. Caldirola, *Istituzioni di Fisica Teorica*, Milano 1965. Il medesimo problema, ma in una sola dimensione, è anche trattato in appendice a: F. Hund, *Storia della teoria dei quanti*, Boringhieri, Torino 1980, pagg. 237 e 241.

$$U(x,y,z) = U_x(x) \cdot U_y(y) \cdot U_z(z)$$

(dove tanto $U_x$ che $U_y$ che $U_z$ hanno valore nullo nell'intervallo (0,a) delle corrispondenti variabili e infinito all'esterno): questo consente di separare tra loro anche le variabili spaziali, fornendo:

$$-\frac{\hbar^2}{2\,m}\frac{d^2u_x(x)}{dx^2} = [E_x - U_x(x)]\; u_x(x) \qquad (*)$$

e le corrispondenti equazioni per i temini in $y$ e $z$ (con le posizioni: $E = E_x + E_y + E_z$, $u = u_x \cdot u_y \cdot u_z$).

Come è note la (*) ammette una soluzione del tipo:

$$u_x(x) = A \cdot \sin(kx + \Phi)$$

con:

$$k = \frac{2\,\pi}{\lambda} = \frac{\sqrt{2\;m\;E_x}}{\hbar}$$

I valori di $A$, $\Phi$ e di $E_x$ devono essere determinati in modo da soddisfare tanto le condizioni al contorno che la condizione di normalizzazione. In particolare, poiché si è ipotizzato che la $U(x)$ diverga per $x \to 0$ e per $x \to a$, in $x = 0$ e in $x = a$ deve aversi [6]: $u_x = 0$. Questo porta alle condizioni:

$$A\;\sin(\Phi) = 0$$
$$A\;\sin(k\;a + \Phi) = 0$$

che possono essere soddisfatte da:

$$\Phi = 0 \qquad k = n\,\frac{\pi}{a} \qquad (\text{con } n = 1, 2, 3, \ldots)$$

In definitiva, confrontando l'espressione di $k$ con quella data sopra:

$$k = n\,\frac{\pi}{a} = \frac{\sqrt{2\;m\;E_x}}{\hbar} \qquad E_x = \frac{h^2}{8\;m\;a^2}\,n^2$$

Analoghe espressioni si ricavano per $E_y$ e per $E_z$; pertanto si può scrivere:

$$E = \frac{h^2}{8\;m\;a^2} \cdot (n_x^2 + n_y^2 + n_z^2)$$

che, al variare di $n_x$, $n_y$ e $n_z$, fornisce gli autovalori richiesti.

[6] Infatti: ricordando il significato di $|\psi|$, perché la particella non possa trovarsi nella regione a potenziale infinito bisogna che $\psi$ sia identicamente nulla in tutto lo spazio esterno alla "scatola", il che richiede l'annullarsi di $u$ in tale regione. E, poiché la $u$ deve essere ovunque continua, ne deriva la necessità di valori nulli (tanto per $u_x$ che per $u_y$ e $u_z$) anche in corrispondenza alle pareti.

Il livello energetico fondamentale è allora:

$$E_0 = \frac{3\;h^2}{8\;m\;a^2} = \frac{3\;N\;h^2}{8\;M\;a^2} = 2{,}5 \cdot 10^{-35}\;\text{J}.$$

**Traccia di soluzione** - Problema 2

Si intende che la sferetta d'acciaio sia inizialmente ferma. Si ammette, inoltre, che la sferetta di vetro rotoli lungo il piano inclinato *senza strisciare* (anche se, in condizioni reali, con un angolo di quasi 19°, ciò non è molto probabile, salvo che il piano inclinato presenti una superficie piuttosto ruvida [7]).

In tale ipotesi la sferetta acquista un'energia cinetica:

$$\frac{1}{2}\;m\;v^2 + \frac{1}{2}\;I\;\omega^2 = m\;g\;h$$

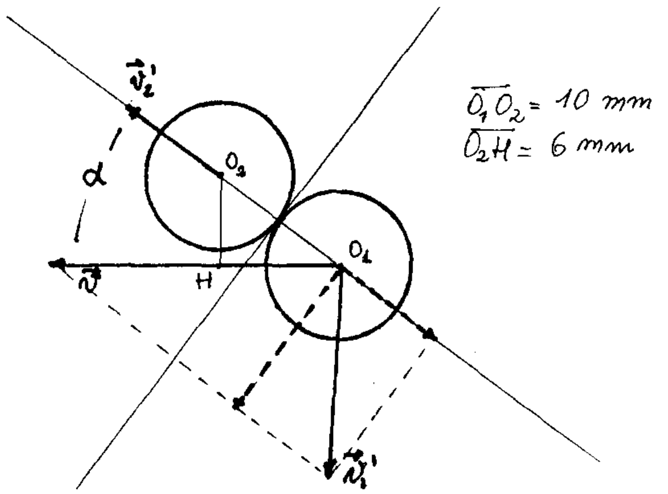
dove $\omega^2 = \dfrac{v^2}{r^2}$ e $I = \dfrac{2}{5}\;m\;r^2$.

Da qui si ricava facilmente:

$$v = \sqrt{\frac{10}{7}\;g\;h} = 2{,}01\;\text{m/s}.$$

Poiché l'urto tra le due sfere non è diretto, bisogna scomporre la velocità della sfera proiettile, considerando due proiezioni ortogonali: sul piano tangente ad entrambe le sfere nell'istante di contatto e sulla normale d'urto.

Come si ricava dalla figura, per l'angolo $\alpha$ si ha: $\sin\,\alpha = 3/5$, $\cos\,\alpha = 4/5$.




Come è noto, imponendo la conservazione dell'energia e della quantità di moto si ricavano per le componenti normali delle due velocità le espressioni:

$$u_1' = \frac{2\;m_2\;u_2 + (m_1 - m_2) \cdot u_1}{m_1 + m_2}$$

$$u_2' = \frac{2\;m_1\;u_1 + (m_2 - m_1) \cdot u_2}{m_1 + m_2}$$

[7] Si veda, ad esempio: G. Alberini, A. Dell'Aringa, R. Gualtieri, L. Vioni, "Discesa di un corpo lungo un piano inclinato", L.F.N.S., vol. XVI, n. 2 (1983), pag. 85.

Si ha pertanto, ricordando che $u_2 = 0$ e $u_1 = \frac{4}{5}v$:

$$u_1' = \frac{4}{5}\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\mathrm{v} \ = \frac{4}{5}\frac{\mathrm{x} - 1}{\mathrm{x} + 1}v$$

$$u_2' = \frac{8}{5}\frac{m_1}{m_1 + m_2}\mathrm{v} \ = \frac{8}{5}\frac{\mathrm{x}}{\mathrm{x} + 1}v$$

dove si è posto $\mathrm{x} = m_1/m_2 = d_1/d_2 = 1/3$ (essendo $\mathrm{d}_1$ e $\mathrm{d}_2$ le due densità). Il calcolo fornisce, allora:

$$u_1' = -\frac{2}{5}v = -0{,}81 \text{ m/s}$$

$$u_2' = \frac{2}{3}v = 0{,}81 \text{ m/s}$$

Dopo l'urto, dunque, la seconda sferetta si muoverà con velocità $v_2' = u_2'$, nella direzione della congiungente i due centri all'istante del contatto e nel verso che va dal centro della sfera di vetro all'altro centro. La velocità della prima sfera, invece, si ricava con l'ausilio del teorema di Pitagora, ottenendo:

$$v_1' = \frac{\sqrt{13}}{5}v = 1{,}45 \text{ m/s}.$$

L'angolo formato da $v_1$ con la direzione di $v$ risulta inoltre di 1,52 radianti (circa 86°49′).

Nella reazione nucleare si devono conservare energia e quantità di moto. Si constata facilmente, tuttavia, che *con i valori di massa indicati nel testo*, si passa da una massa iniziale di $2{,}16 \cdot 10^{-26}$ kg a una massa finale (più grande) di $2{,}167 \cdot 10^{-26}$ kg, liberando inoltre 5,7 MeV. Valutando l'energia associata alle masse a riposo delle particelle in gioco, risulterebbero così circa 45 MeV creati dal nulla...

Questo risultato assurdo deriva dal fatto che i valori indicati nel testo sono eccessivamente approssimati: perché il bilancio energetico risulti equilibrato è necessario considerare valori delle masse a riposo con almeno 6 cifre significative [8]. Si ricava allora un difetto di massa di $1{,}016 \cdot 10^{-29}$ kg, pari appunto a circa 5,7 MeV.

Indicando valori approssimati a 2 cifre, l'estensore del quesito intendeva forse suggerire indirettamente la possibilità di affrontare la questione in termini non relativistici (cosa che non si potrebbe fare se si volesse determinare un risultato molto preciso). Sarebbe stato, in tal caso, assai più logico dichiarare esplicitamente il grado di approssimazione richiesto nella risposta, evitando una così vistosa incongruenza.

Per giustificare l'uso dell'approssimazione non relativistica nella soluzione del quesito, si osservi ora che l'energia liberata nella reazione (5,7 MeV) e quella impressa alla particella $\alpha$ incidente (2 MeV) sono piccole rispetto alle energie da associare alle masse di riposo delle particelle interessate (che vanno da 0,9 a 11 GeV).

È facile convincersi che la velocità massima del neutrone si ottiene quando le traiettorie di tutte le particelle (prima e dopo l'urto) giacciono sulla stessa retta: se, infatti, si considera la reazione nucleare dal riferimento del centro di massa, le particelle prodotte appaiono allontanarsi con impulsi opposti (perché l'impulso totale è nullo) e, quindi, con velocità orientate nei versi opposti di una stessa direzione.

La velocità del neutrone (nel sistema del laboratorio) sarà dunque massima se direzione e verso del moto nel sistema del centro di massa coincideranno con quelli del centro di massa stesso rispetto al laboratorio. Ma il nucleo di berillio è inizialmente fermo rispetto al laboratorio; perciò il moto del centro di massa ha direzione (e verso) coincidenti con quelli della particella $\alpha$: in sostanza tutte le particelle si devono muovere lungo la stessa retta.

Per la conservazione dell'impulso, deve aversi allora:

$$m_C\vec{v}_C + m_n\vec{v}_n = m_{He}\vec{v}_{He} = \vec{p}$$

Inoltre: $m_C v_C^2 + m_n v_n^2 = 2E$, laddove $E$ indica l'energia disponibile (somma dei 5,7 MeV liberati dalla reazione più i 2 MeV della particella $\alpha$ incidente).

Per ricavare $v_n$ dal sistema di queste due equazioni, si può sostituire nella seconda il valore di $v_C$ che si ottiene dalla prima; si perviene quindi all'espressione seguente:

$$v_n = \frac{p \pm \sqrt{(m_C/m_n)\cdot([2E\,(m_C + m_n) - p^2]}}{m_C + m_n}$$

(Si noti, per inciso, che $p/(m_C + m_n)$ rappresenta la velocità del centro di massa del sistema, riferita al laboratorio).

Il valore di $p$ può essere determinato come:

$$p = \sqrt{2\, E_{He}\, m_{He}} = 6{,}52 \cdot 10^{-20} \text{ kg·m/s}$$

e sostituendo nella precedente (col segno positivo), si ricava infine:

$$v_n = 3{,}8 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$

Si può, a questo punto, constatare che – nell'ambito dell'approssimazione di due cifre – questo risultato non cambia se si assumono i valori del testo o valori più precisi delle masse. (La stessa coincidenza non si avrebbe se si volesse determinare anche il valore di $v_C$).

[8] Si vedano, per esempio, i valori della tabella a pag. 166 di: E.S. Andersen, P. Jespersgaard, O. Østergaard, *Data Book*, Ed. Studio tesi, Pordenone 1985 - o quelli a pag. 46 de: *Le tavole M·A·F·BI·C*, cit.

*Commento*

**Tema n. 1**

L'argomento proposto è di notevole rilievo concettuale e, certamente, appare sensato richiedere che non sia ignorato dagli insegnanti della secondaria superiore. Da questo a svolgere il tema con l'approfondimento e la completezza che le 8 ore a disposizione fanno presupporre, corre qualche passaggio...

**Tema n. 2**

Il testo, più che da un problema di fisica, è costituito da una lunga sequenza di semplici esercizi, piuttosto nozionistici: si propone, evidentemente, di accertare che il candidato ricordi un buon campionario di formule. Si discostano un poco da ciò il primo e l'ultimo quesito: l'uno perché l'equazione dei gas e, quindi, la dimostrazione richiesta, sono proposte con una formulazione che non è la più consueta (per di più con una descrizione inesatta); l'altra perché, essendo assai improbabile ricordare il risultato, richiede di ricostruire una dimostrazione (seppur elementare) di fisica teorica. Con ciò lo svolgimento può richiedere un discreto ammontare di tempo (si tenga, però, presente che nel corso della prova si richiede di affrontare uno solo dei tre temi proposti).

**Tema n. 3**

Il problema non pone particolari difficoltà, salvo il caso che il candidato, valutato che i valori di massa indicati nel testo risultano incompatibili con la conservazione della massa-energia nella reazione, non abbia pensato ad un errore nella formulazione del quesito, rinunciando perciò a svolgerlo!

Incidentalmente si può anche osservare che, sempre nel testo, il numero di massa dei nuclidi che prendono parte alla reazione è scritto in alto a destra rispetto al simbolo dell'elemento corrispondente: ciò è in contrasto con la convenzione ufficiale corrente (per la quale dovrebbe essere scritto in alto a sinistra) [9].

Il tema 3, tuttavia, non si esaurisce nella soluzione del problema: il lavoro deve essere completato con una trattazione del tema della radioattività, sia naturale che indotta. Non si tratta certo di una questione risolvibile in poche parole: la difficoltà sta nel trovare un equilibrio che consenta di affrontare le questioni più importanti senza cercare di dire tutto e, nello stesso tempo, senza cadere nel rischio opposto di un discorso eccessivamente superficiale a sommario.

---

[9] Come osservato alla nota [4] il testo dei quesiti non è stato ripreso da un originale: anche in questo caso, però, mi par difficile pensare ad un errore del tipografo.

## UNA NUOVA SPERIMENTAZIONE ASSISTITA

La tutela dell'ambiente richiede, tra l'altro, nuove figure professionali anche a livello di tecnici diplomati. Una recente indagine condotta dal MURST valuta nell'ordine di molte migliaia il fabbisogno immediato di tecnici per l'ambiente, ai vari livelli di qualificazione. Ognuna di queste figure professionali deve essere specializzata in un settore specifico della prevenzione, tutela e bonifica ambientale e, nello stesso tempo, tutte devono avere una "mentalità" e una formazione culturale "ecologica". Tecnici diplomati, quindi, adatti ad integrare la propria competenza con le altre necessarie ad intervenire nella complessità dell'ambiente.

La scuola secondaria superiore si è posta, di conseguenza, l'obiettivo non solo di adeguare alle esigenze ambientali gli indirizzi di studio oggi esistenti, ma – anche – di istituirne di nuovi, nei settori per i quali è più pressante la necessità di disporre di nuove professionalità e gli sbocchi occupazionali sono già maturi. Queste necessità e questi sbocchi esistono, in particolare, nel campo delle applicazioni delle moderne tecnologie fisico-chimiche per la prevenzione, il monitoraggio ed il controllo dai rischi ambientali di natura fisica e fisico-chimica: radiazioni ionizzanti e non ionizzanti, rumore ecc.

Per questo, superando le precedenti esperienze degli indirizzi in fisica industriale e in energia nucleare, col presente anno scolastico, viene avviata a livello nazionale la sperimentazione, assistita dal M.P.I., di un nuovo indirizzo di specializzazione nell'ambito del triennio degli Istituti Tecnici Industriali, corrispondente al nuovo profilo professionale del tecnico diplomato in Fisica Ambientale e Sanitaria in una prospettiva Europea (progetto F.A.S.E.). Questo nuovo indirizzo:

– viene introdotto dopo anni di sperimentazioni preliminari condotte da alcuni istituti, che hanno permesso di individuare le linee portanti su cui si innesta il progetto F.A.S.E., in collaborazione con Enti ed Istituti di ricerca, in particolare l'ENEA;

– forma professionalmente tecnici specializzati nella tutela ambientale nel campo fisico e chimico-fisico, che a competenze specifiche uniscono le caratteristiche di flessibilità che li rende adatti a ulteriori specializzazioni e riconversioni in funzione delle esigenze del territorio e degli sviluppi delle tecnologie;

– introduce una figura professionale che, nel settore considerato, va nella direzione di una sempre più stretta integrazione a livello CEE.

Con l'anno scolastico 1990/91 la sperimentazione F.A.S.E. è stata attivata negli Istituti Tecnici Industriali "Fermi" e "Hertz" di Roma, "Fermi" di Frascati, "Belluzzi" di Bologna, "Molinari" di Milano. Altri Istituti seguiranno nel prossimo anno scolastico.

Le caratteristiche principali del nuovo piano di studi sono espresse dalle innovazioni nei contenuti di tutte le discipline, alcune delle quali sono potenziate come numero di ore e arrivano al quinto anno di corso – matematica, fisica, chimica, inglese –, e dall'introduzione di nuove disipline, come fisica ambientale e sanitaria, chimica dell'ambiente e sistemi) gestione e controllo di sistemi complessi finalizzati alla tutela dell'ambiente e della salute). Mentre viene confermato e potenziato il ruolo del laboratorio per tutte le discipline tecnico-scientifiche, una forte innovazione è rappresentata dall'introduzione di attività svolte direttamente "sul campo", cioè nel territorio, per far acquisire ai futuri diplomati una reale professionalità attraverso percorsi di ricerca trasversali e interdisciplinari su temi concreti.

Con tali caratteristiche, il nuovo tecnico ha reali sbocchi occupazionali nel campo della radioprotezione in ambito sanitario e ambientale; negli organismi, istituzioni ed enti che si occupano di prevenzione, tutela e bonifica negli ambienti di lavoro e/o esterni; nelle industrie produttrici di strumentazione; nel campo dei controlli di qualità, in stretto rapporto con le direttive della Comunità Europea.

Allo scopo di sostenere gli insegnanti che sono impegnati in questo progetto di sperimentazione, il Ministero ha previsto un piano pluriennale e nazionale di aggiornamento, con articolazioni anche locali.

EMANUELE CARUSO - *Direttore Generale Istruzione Tecnica - MPI*