

# 2001 OLIMPIADI di FISICA

Prova di Secondo Livello

23 Febbraio 2001

## ISTRUZIONI

Non sfogliare questo fascicolo  
finché l'insegnante non ti dica di farlo.  
Leggi **ATTENTAMENTE** le istruzioni!

La prova consiste di due parti: nella prima parte si chiede di rispondere a dei quesiti che vertono su argomenti diversi della fisica; nella seconda parte di risolvere dei problemi.

- Hai 1 ora e 20 minuti di tempo a disposizione per rispondere ai quesiti della prima parte; dopo questo tempo le tue soluzioni saranno ritirate e ti verranno consegnati i testi dei problemi per i quali avrai ancora 1 ora e 40 minuti.
- Per ottenere il massimo punteggio previsto non basta riportare i risultati numerici corretti; devi anche indicare le leggi e i principi validi nella situazione in esame su cui si fondano i tuoi procedimenti risolutivi.
- Nel riportare la soluzione scrivi in forma simbolica le relazioni usate, prima di sostituire i dati numerici. Cerca di sviluppare il procedimento risolutivo in forma algebrica sostituendo i dati numerici alla fine. Fai seguire dati e risultati numerici dalle corrette unità di misura. Leggi attentamente la NOTA che precede i testi.
- Puoi usare la calcolatrice tascabile.
- Non è permesso l'uso di manuali di alcun tipo.
- I valori delle costanti fisiche di uso più comune, insieme ad alcuni dati utili, sono riportati a pagina 2.

⇒ Ora aspetta che ti sia dato il via e... Buon lavoro ! ⇐

## ALCUNE COSTANTI FISICHE

| COSTANTE  | SIMBOLO         | VALORE                 | UNITÀ                                     |
|---|-----------------|------------------------|---|
| Velocità della luce nel vuoto   | $c$             | $3.00 \times 10^8$     | $\text{m s}^{-1}$                         |
| Carica elementare   | $e$             | $1.60 \times 10^{-19}$ | C   |
| Massa dell'elettrone  | $m_e$           | $9.11 \times 10^{-31}$ | kg  |
|   |                 | $5.11 \times 10^2$     | $\text{keV } c^{-2}$                      |
| Costante dielettrica del vuoto  | $\varepsilon_0$ | $8.85 \times 10^{-12}$ | $\text{F m}^{-1}$                         |
| Permeabilità magnetica del vuoto  | $\mu_0$         | $1.26 \times 10^{-6}$  | $\text{H m}^{-1}$                         |
| Massa del protone   | $m_p$           | $1.67 \times 10^{-27}$ | kg  |
|   |                 | $9.38 \times 10^2$     | $\text{MeV } c^{-2}$                      |
| Costante di Planck  | $h$             | $6.63 \times 10^{-34}$ | J s                                       |
| Costante universale dei gas   | $R$             | 8.31                   | $\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$         |
| Numero di Avogadro  | $N$             | $6.02 \times 10^{23}$  | $\text{mol}^{-1}$                         |
| Costante di Boltzmann   | $k$             | $1.38 \times 10^{-23}$ | $\text{J K}^{-1}$                         |
| Costante di Faraday   | $F$             | $9.65 \times 10^4$     | $\text{C mol}^{-1}$                       |
| Costante di Stefan-Boltzmann  | $\sigma$        | $5.67 \times 10^{-8}$  | $\text{W m}^{-2} \text{K}^{-4}$           |
| Costante gravitazionale   | $G$             | $6.67 \times 10^{-11}$ | $\text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-2}$ |
| Accelerazione media di gravità  | $g$             | 9.81                   | $\text{m s}^{-2}$                         |
| Pressione atmosferica standard  | $p_0$           | $1.01 \times 10^5$     | Pa  |
| Temperatura standard (0°C)  | $T_0$           | 273                    | K   |
| Volume molare di un gas perfetto<br>in condizioni standard ( $p_0, T_0$ ) | $V_m$           | $2.24 \times 10^{-2}$  | $\text{m}^3 \text{mol}^{-1}$              |

*Materiale prodotto dal gruppo*



## PROGETTO OLIMPIADI

Segreteria Olimpiadi Italiane della Fisica

presso Liceo Scientifico "U. Morin"

VENEZIA MESTRE

fax: 041.584.1272

e-mail: [olifis@hotmail.com](mailto:olifis@hotmail.com)

## OLIMPIADI DI FISICA 2001

23 Febbraio 2001

Gara di 2° Livello – Prima parte: QUESITI

TEMPO: 1 ora e 20 minuti.

Si consiglia di leggere il testo di tutti i 10 quesiti che ti sono proposti prima di iniziare a risolverli, tenendo presente che non sono stati ordinati per argomento.

Cerca poi di rispondere al maggior numero possibile dei quesiti.

- Riporta il tuo nome su TUTTI i fogli che consegnerai, nell'angolo in alto a SINISTRA.
- Sui fogli di risposta indica il numero del quesito in testa alla relativa soluzione, secondo questo esempio:

*Quesito 7*      *Soluzione: ...*

Se usi più fogli numera le pagine, nell'angolo in alto a DESTRA. Se la soluzione di un quesito prosegue su due fogli diversi riporta una nota esplicativa, come:

*SEGUE A PAGINA ... (numero della pagina)*

- Per ogni risposta corretta e chiaramente motivata verranno assegnati 4 punti.
- Nessun punto verrà detratto per le risposte errate.
- Nessun punto verrà assegnato alle mancate risposte.

**NOTA importante sui DATI NUMERICI:** Tutti i valori numerici che compaiono nei testi devono essere intesi con un'incertezza non superiore all'1 %, anche se sono dati con una sola cifra. Esprimere di conseguenza i risultati richiesti con l'adeguato numero di cifre.



Un piccolo aereo effettua una virata alla velocità di 150 km/h, mantenendo costante la quota.

- Se il raggio della virata è di 350 m, quanto vale l'accelerazione dell'aereo?

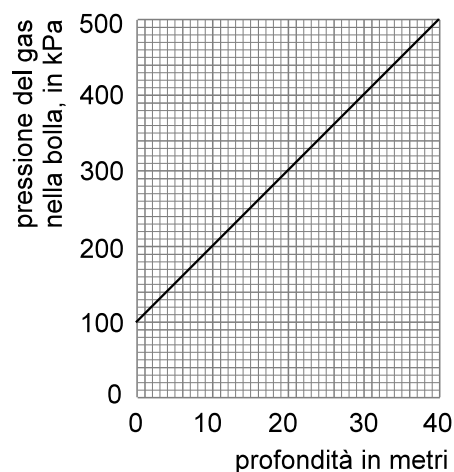
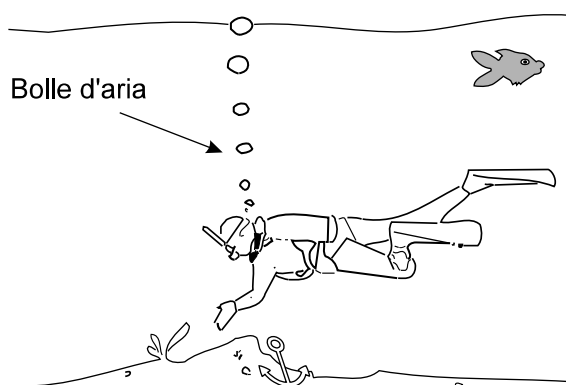


In una miniera profonda 100 m si infiltrano 500 litri di acqua al minuto, che vengono estratti facendo funzionare una pompa elettrica. La pompa ha un rendimento del 60 %.

- Calcolare la potenza elettrica necessaria per tenere asciutta la miniera.

### Quesito 3

Marina esplora il fondo di un lago con attrezzatura subacquea. Quando espira salgono alla superficie delle bolle di gas. La pressione nelle bolle varia con la profondità e di conseguenza cambiano le loro dimensioni.



Nel grafico presentato a destra è riportato l'andamento della pressione del gas nelle bolle in funzione della profondità.

- Qual è il volume, al pelo della superficie del lago, di una bolla che a 40 m di profondità ha un volume di  $10 \text{ cm}^3$ , se la temperatura nell'acqua del lago è la stessa in ogni punto?

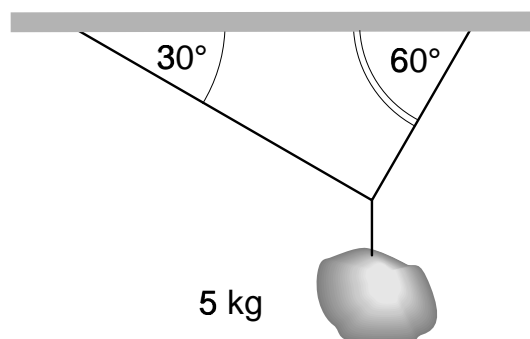
### Quesito 4

Tre grandi piastre metalliche uguali, A, B, C, sono disposte parallelamente nel vuoto a distanze molto minori delle loro dimensioni. Le due piastre esterne A e B sono collegate fra loro e distano rispettivamente 5 e 8 mm da quella centrale, isolata, sulla quale è posta una carica  $Q$ .

- Come si divide la carica  $Q$  sulle due facce della piastra centrale?

### Quesito 5

Una massa da 5 kg è appesa a due funi come si vede in figura.



- Calcolare la tensione delle funi.

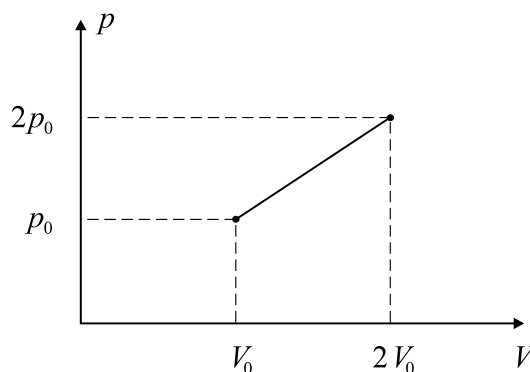
## Quesito 6

Una molla di lunghezza a riposo  $\ell_0$  è posta verticalmente su un piano; una pallina di massa  $m$  viene appoggiata sulla molla e lasciata libera da ferma. La pallina inizia ad oscillare ma dopo un certo tempo la pallina si ferma e la lunghezza della molla è  $(3/4)\ell_0$ .

- Quanta energia meccanica si dissipa prima che si raggiunga l'equilibrio?

## Quesito 7

Una mole di elio è contenuta in un recipiente di volume  $V_0$  alla pressione  $p_0$ . Sia il volume che la pressione vengono raddoppiati con una trasformazione, rappresentata nel piano  $p - V$  da un segmento, come mostrato in figura.



- Quanto calore deve essere fornito al gas?

## Quesito 8

In un bagno d'olio (2 kg di olio) è inserito un riscaldatore elettrico ai cui capi è applicata una differenza di potenziale di 24 V, facendo aumentare la temperatura dell'olio di  $1^\circ\text{C}$  in 4 minuti.

- Qual è la resistenza elettrica del riscaldatore?

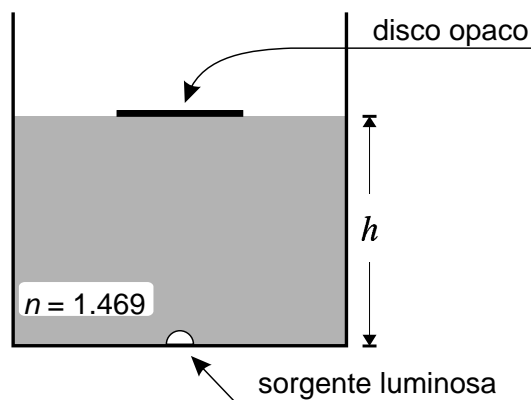
Il calore specifico dell'olio è  $1.8 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1}$ .

## Quesito 9

Sul fondo di un recipiente a sezione circolare, con le pareti opache e riempito con glicerina ( $n = 1.469$ ), è disposta una sorgente luminosa puntiforme. Sulla superficie della glicerina galleggia un disco, anch'esso opaco, di diametro  $d = 6 \text{ cm}$  e spessore trascurabile.

Il centro del disco si trova sulla perpendicolare passante per la sorgente luminosa, come mostrato in figura.

- Quanto vale la massima altezza  $h$  della glicerina nel recipiente per la quale nessun raggio luminoso esce dal recipiente?

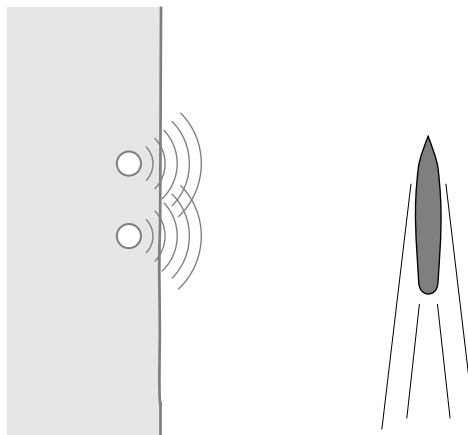


## Quesito 10

Una nave si muove parallelamente alla linea di costa lungo cui sono situate due antenne che trasmettono, in fase, onde elettromagnetiche di uguale ampiezza (costante) e alla stessa frequenza  $f = 109 \text{ MHz}$ .

Quando la nave transita di fronte alle antenne un passeggero sulla nave osserva che la distanza angolare tra le antenne è circa  $2^\circ$  e che l'intensità dell'onda e.m. ricevuta varia periodicamente nel tempo, con un periodo  $T = 8.4 \text{ s}$  tra due massimi successivi (si noti che la situazione è rappresentata solo indicativamente in figura).

- Il passeggero si accorge che con questi dati può stimare la velocità della nave: che valore ottiene?



## OLIMPIADI DI FISICA 2001

23 Febbraio 2001

Gara di 2° Livello – Seconda parte: PROBLEMI

TEMPO: 1 ora e 40 minuti.

- Esponi con chiarezza il procedimento risolutivo e tieni conto che nella valutazione si prenderanno in considerazione anche le soluzioni parziali.
- Riporta il tuo nome su TUTTI i fogli che consegnerai, nell'angolo in alto a SINISTRA.
- Utilizza un foglio diverso per ogni problema che hai risolto, numerandone le pagine, nell'angolo in alto a DESTRA.
- Indica il numero del problema in testa alla relativa soluzione, secondo questo esempio:

*Problema 2*      *Soluzione: ...*

- Indica chiaramente la domanda (1., 2., ...) cui si riferisce la parte di soluzione che stai scrivendo.
- Alla soluzione di ciascun problema è assegnato un punteggio massimo di 20 punti.

**NOTA importante sui DATI NUMERICI:** Tutti i valori numerici che compaiono nei testi devono essere intesi con un'incertezza non superiore all'1%, anche se sono dati con una sola cifra. Esprimere di conseguenza i risultati richiesti con l'adeguato numero di cifre.

*Materiale prodotto dal gruppo*



### PROGETTO OLIMPIADI

Segreteria Olimpiadi Italiane della Fisica

presso Liceo Scientifico "U. Morin"

VENEZIA MESTRE

fax: 041.584.1272

e-mail: [olifis@hotmail.com](mailto:olifis@hotmail.com)

## Problema 1

### Urti ripetuti

Su una guida orizzontale circolare (come i binari dei trenini) e ben lubrificata possono correre senza attrito due carrelli di dimensioni trascurabili rispetto al diametro della guida.

In un certo istante uno dei carrelli, di massa  $m$ , è fermo in un punto che useremo come origine delle coordinate angolari per descrivere il moto. L'altro carrello, di massa  $2m$ , si sta muovendo con velocità  $v$  in verso antiorario; siccome i carrelli sono vincolati alla guida, a un certo punto avviene un urto centrale elastico con il primo carrello.

1. Si dica quali sono le velocità (con i relativi versi) dei due carrelli dopo l'urto.
2. Si dica dove avviene un secondo urto, la posizione dell'urto essendo espressa come angolo in verso antiorario rispetto alla posizione iniziale del primo carrello.
3. Si trovino le velocità dei due carrelli dopo il secondo urto.
4. Si indichi la posizione del terzo urto, e poi si generalizzi al caso dell' $n$ -esimo urto.

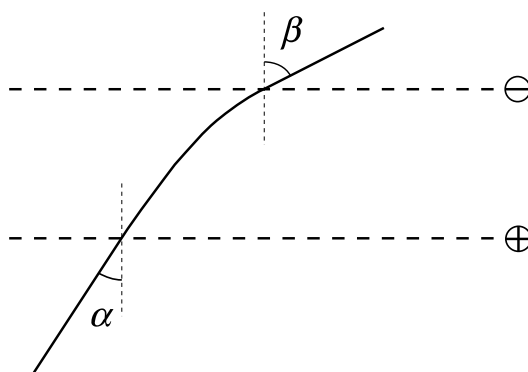
## Problema 2

### "Rifrazione" con elettroni

Le armature di un condensatore sono costituite da sottili reticelle metalliche parallele e poste nel vuoto. La loro distanza è  $d = 2\text{ mm}$  e fra di loro è stabilita una d.d.p.  $V = 500\text{ V}$ .

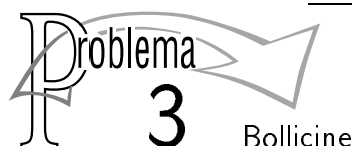
Un fascio di elettroni, di energia  $K_0 = 0.8\text{ keV}$  è diretto, con un angolo  $\alpha$  come in figura, verso l'armatura positiva e penetra, attraverso la reticella, nel condensatore.

Per la descrizione del campo le due reticelle possono essere trattate come superfici continue che consentono il passaggio degli elettroni.



1. Determinare il campo nel condensatore e la densità di carica sulle armature.
2. Tenendo conto che opportune considerazioni energetiche possono semplificare la soluzione, trovare il massimo valore  $\alpha_M$  per cui gli elettroni del fascio possono uscire attraverso l'armatura superiore.
3. Detto  $\beta$  l'angolo con cui escono gli elettroni, mostrare che – come per luce che si propaga da un mezzo ad un altro – il rapporto  $\sin \alpha / \sin \beta$  è costante al variare di  $\alpha$ .
4. Spiegare perché, anche se la condizione stabilita al punto 2 non fosse soddisfatta, il comportamento degli elettroni sarebbe comunque analogo a quello della luce.





## Problema 3

### Bollicine

Sul fondo di un bicchiere di birra, si forma una bollicina di gas che presto si stacca dal fondo e sale alla superficie.

Descrivere il comportamento della bolla di gas dal punto di vista fisico è molto complesso ma, facendo delle ipotesi semplificative, si può tentare di costruire un modello abbastanza valido per capire quello che accade e per impostare qualche osservazione sperimentale; per fare questo si possono utilizzare le informazioni e le relazioni matematiche date di seguito.

L'altezza della birra nel bicchiere è di 10 cm; la temperatura della birra, costante, è di 10°C; la pressione esterna, pure costante, vale 101.3 kPa. Il diametro della bolla, che non rimane costante, è di circa 0.3 mm quando si stacca dal fondo del bicchiere.

Si assumano poi le seguenti ipotesi:

- la densità della birra sia la stessa di quella dell'acqua;
- il gas nella bolla sia CO<sub>2</sub> (la cui massa molare è 44 g mol<sup>-1</sup>) che, dal punto di vista termodinamico, si può considerare alla stregua di un gas perfetto avente  $\gamma = 1.30$ .
- la massa di gas nella bolla si mantenga costante durante la salita verso la superficie;
- il moto della bolla si attui in regime di Stokes, secondo cui l'attrito viscoso su una sferetta in un fluido è direttamente proporzionale alla sua velocità; il coefficiente di proporzionalità, per una sferetta gassosa di raggio  $r$ , è dato da  $4\pi r \eta$ , dove  $\eta$  rappresenta il coefficiente di viscosità del fluido; in questo caso sia  $\eta = 1.005 \times 10^{-3} \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$ .

1. Trascurando gli effetti della tensione superficiale, determinare quanto gas è contenuto nella bolla.
2. Calcolare il rapporto tra il volume della bolla giunta in superficie e quello della bolla quando è ancora sul fondo del bicchiere nell'ipotesi in cui il gas si mantenga a temperatura costante e in quella in cui la vita della bolla sia troppo breve perché il gas contenuto in essa possa rimanere in equilibrio termico con l'ambiente.
3. Calcolare la velocità limite della bolla in regime viscoso, supponendo che il suo volume sia quello iniziale e valutare di quanto varia, in percentuale, tale valore considerando che il volume sia quello alla superficie.
4. Calcolare quanto tempo impiega la bolla a salire in superficie supponendo che, in una prima fase del moto, la sua accelerazione sia uguale a quella iniziale e poi, raggiunta la velocità limite, prosegua con quella velocità per il tratto rimanente.