

# Olimpiadi di Fisica 2017



Gara di 2° livello

Giovedì 16 Febbraio 2017

**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 0.
- Per prima cosa leggere **ATTENTAMENTE** le istruzioni riportate subito prima dei testi.

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

## ALCUNE COSTANTI FISICHE

Valori arrotondati, con errore relativo minore di  $10^{-5}$ , da considerare esatti

COSTANTE	SIMBOLO	VALORE	UNITÀ
Velocità della luce nel vuoto	$c$	$2.9979 \times 10^8$	$\text{m s}^{-1}$
Carica elementare	$e$	$1.60218 \times 10^{-19}$	C
Massa dell'elettrone	$m_e$	$9.1094 \times 10^{-31}$	kg
		$= 5.1100 \times 10^2$	keV $c^{-2}$
Massa del protone	$m_p$	$1.67262 \times 10^{-27}$	kg
		$= 9.3827 \times 10^2$	MeV $c^{-2}$
Massa del neutrone	$m_n$	$1.67493 \times 10^{-27}$	kg
		$= 9.3955 \times 10^2$	MeV $c^{-2}$
Costante dielettrica del vuoto	$\epsilon_0$	$8.8542 \times 10^{-12}$	$\text{F m}^{-1}$
Permeabilità magnetica del vuoto	$\mu_0$	$1.25664 \times 10^{-6}$	$\text{H m}^{-1}$
Costante di Planck	$h$	$6.6261 \times 10^{-34}$	J s
Costante universale dei gas	$R$	8.3145	$\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$
Costante di Avogadro	$N$	$6.0221 \times 10^{23}$	$\text{mol}^{-1}$
Costante di Boltzmann	$k$	$1.38065 \times 10^{-23}$	$\text{J K}^{-1}$
Costante di Faraday	$F$	$9.6485 \times 10^4$	$\text{C mol}^{-1}$
Costante di Stefan-Boltzmann	$\sigma$	$5.6704 \times 10^{-8}$	$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-4}$
Costante gravitazionale	$G$	$6.674 \times 10^{-11}$	$\text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-2}$
Pressione atmosferica standard	$p_0$	$1.01325 \times 10^5$	Pa
Temperatura standard (0°C)	$T_0$	273.15	K
Volume molare di un gas perfetto in condizioni standard ( $p_0, T_0$ )	$V_m$	$2.2414 \times 10^{-2}$	$\text{m}^3 \text{mol}^{-1}$
Unità di massa atomica	u	$1.66054 \times 10^{-27}$	kg

## ALTRI DATI CHE POSSONO ESSERE NECESSARI

Valori arrotondati, con errore relativo minore di  $10^{-5}$ , da considerare esatti.

Per semplicità – salvo che non sia detto esplicitamente – questi dati, quando riferiti ad una specifica temperatura, si potranno utilizzare anche ad altre temperature senza errori importanti.

Accelerazione media di gravità		$g$	9.8067	$\text{m s}^{-2}$
Densità dell'acqua	(a 4°C)	$\rho_a$	$1.000 \times 10^3$	$\text{kg m}^{-3}$
Calore specifico dell'acqua	(a 20°C)	$c_a$	$4.182 \times 10^3$	$\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$
Calore di fusione dell'acqua		$\lambda_f$	$3.335 \times 10^5$	$\text{J kg}^{-1}$
Calore di vaporizzazione dell'acqua	(a 100°C)	$\lambda_v$	$2.257 \times 10^6$	$\text{J kg}^{-1}$
Calore specifico del ghiaccio		$c_g$	$2.093 \times 10^3$	$\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$

Materiale elaborato dal Gruppo

	<p><b>PROGETTO OLIMPIADI</b>  <i>Segreteria delle Olimpiadi Italiane di Fisica</i>            e-mail: <a href="mailto:segreteria@olifis.it">segreteria@olifis.it</a>            WEB: <a href="http://www.olifis.it">www.olifis.it</a></p>	
---	---	---

**NOTA BENE:** È possibile utilizzare, riprodurre, distribuire, comunicare al pubblico questo materiale alle due seguenti condizioni: citare la fonte; non usare il materiale, nemmeno parzialmente, per fini commerciali.

*Leggere attentamente !*

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 3 punti.
- Nessun punto verrà detratto per le risposte errate.
- Nessun punto verrà assegnato alle mancate risposte.

**NOTA importante sui DATI NUMERICI:** I dati numerici forniti nei singoli problemi, qualunque sia il numero di cifre con cui vengono scritti, si devono considerare noti con un'incertezza dello 0.1 %, salvo esplicita indicazione contraria. Le costanti fornite nella tabella generale si possono invece considerare note con incertezza trascurabile. Di conseguenza si scrivano i risultati numerici, quando richiesti, con un numero di cifre appropriato all'incertezza del risultato stesso.

**Q<sup>1</sup>**

Una boa a forma di guscio sferico, di raggio esterno  $R = 80$  cm e spessore uniforme, galleggia sulla superficie di un lago essendo immersa per metà del suo volume.

- Sapendo che la boa è fatta di una lega di ferro con densità  $\delta_{\text{Fe}} = 7.96 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ , qual è il suo spessore?

**Q<sup>2</sup>**

Due lenti, una prima convergente, A, di focale  $f_A = 25$  cm e una seconda divergente, B, di focale  $f_B = -10$  cm, hanno l'asse ottico in comune. Un fascio di raggi paralleli a quest'asse incide su A. All'uscita da B i raggi risultano ancora paralleli all'asse ottico.

- Quanto vale la distanza  $d$  tra le lenti?

**Q<sup>3</sup>**

Un sistema fisico in uno stato di non equilibrio può raggiungere uno stato stabile dissipando energia.

Si consideri un recipiente cilindrico di raggio  $r_1 = 5$  cm che contiene acqua fino ad un'altezza  $h_0 = 20$  cm. Il recipiente viene collegato, per mezzo di un tubicino molto corto (tale che il suo volume possa essere trascurato) ad un secondo cilindro appoggiato sullo stesso piano, inizialmente vuoto, di raggio  $r_2$  doppio del primo; il tubicino è collegato sul fondo dei contenitori.

- Quanta energia meccanica si dissipa per raggiungere l'equilibrio?

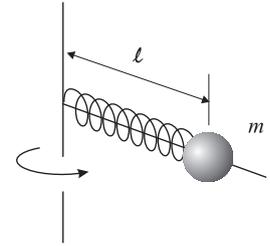
**Q<sup>4</sup>**

- Determinare la velocità  $v$  di una particella relativistica la cui energia è pari al doppio della sua energia a riposo.

**Q5**

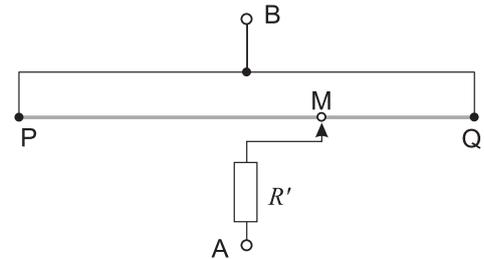
Una molla ideale, di costante elastica  $k$ , ha lunghezza  $\ell_0$ ; ad essa è attaccata una massa  $m$ ; il sistema si muove su un piano orizzontale e ruota, con velocità angolare uniforme  $\omega$ , attorno ad un asse verticale (vedi figura).

- Trovare la lunghezza  $\ell$  della molla quando è in rotazione.

**Q6**

Nella parte di circuito mostrata in figura il filo conduttore PQ, di sezione uniforme, ha resistenza  $R = 81 \Omega$ ; su di esso un contatto mobile si trova nel punto M tale che  $PM = (2/3)PQ$ .

- Quanto vale la resistenza  $R'$  se la resistenza misurata tra i punti A e B è uguale a quella del filo PQ?

**Q7**

La velocità delle onde di superficie in acqua può essere approssimata con l'espressione  $v = \sqrt{g\lambda/(2\pi)}$  quando la profondità dell'acqua  $h$  è dell'ordine della lunghezza d'onda o maggiore. Quando invece la profondità è molto minore della lunghezza d'onda vale con buona approssimazione l'espressione  $v = \sqrt{gh}$ ; tutto questo vale fintantoché l'ampiezza dell'onda è molto minore della profondità  $h$ .

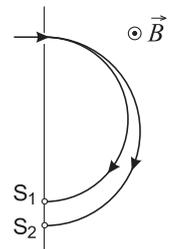
Un ragazzo si trova al mare sulla spiaggia, e osserva le onde che arrivano. Egli conta 18 onde in un minuto.

- Calcolare la lunghezza d'onda delle onde al largo.

**Q8**

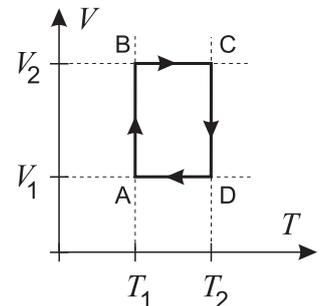
In uno spettrometro di massa entra un fascio di ioni aventi carica  $q = e$ , velocità  $v = 5000 \text{ m s}^{-1}$  e massa  $m_1 = 20 \text{ u}$  per alcuni e  $m_2 = 22 \text{ u}$  per altri (con u unità di massa atomica). Il fascio viene deviato di  $180^\circ$  da un campo magnetico uniforme, perpendicolare al fascio,  $B = 0.09 \text{ T}$  (vedi figura).

- Qual è la distanza  $D$  tra i punti  $S_1$  e  $S_2$ ?

**Q9**

Un gas perfetto è soggetto al ciclo termodinamico A-B-C-D-A rappresentato in figura nel piano  $V - T$ , dove  $T$  è la temperatura assoluta.

- Disegnare il grafico di questo ciclo nel piano  $p - T$ , indicando le posizioni degli stati A, B, C, D.

**Q10**

La costante solare, ovvero la quantità di energia radiante che arriva sulla Terra dal Sole per unità di tempo e di superficie, misurata perpendicolarmente ai raggi, ha un valore medio  $J = 1.37 \text{ kW m}^{-2}$ . L'orbita terrestre ha un raggio  $r = 1.5 \times 10^{11} \text{ m}$ , mentre il Sole ha un raggio  $R_S = 6.9 \times 10^8 \text{ m}$ .

- Assumendo che il Sole emetta come un corpo nero, trova la temperatura della fotosfera<sup>(\*)</sup>, cioè del sottile strato da cui proviene la radiazione solare.

(\*) Per il suo piccolo spessore la fotosfera può essere considerata come la "superficie" del Sole e ne definisce il raggio.

Associazione per l'Insegnamento della Fisica  31<sup>a</sup> Edizione

# Olimpiadi di Fisica

 **Gara di 2° livello** **2017**  
Giovedì 16 Febbraio 2017

## 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.

**NOTA importante sui DATI NUMERICI:** I dati numerici forniti nei singoli problemi, qualunque sia il numero di cifre con cui vengono scritti, si devono considerare noti con un'incertezza dello 0.1 %, salvo esplicita indicazione contraria. Le costanti fornite nella tabella generale si possono invece considerare note con incertezza trascurabile. Di conseguenza si scrivano i risultati numerici, quando richiesti, con un numero di cifre appropriato all'incertezza del risultato stesso.

*Materiale elaborato dal Gruppo*



**PROGETTO OLIMPIADI**  
*Segreteria delle Olimpiadi Italiane di Fisica*  
e-mail: [segreteria@olifis.it](mailto:segreteria@olifis.it)  
WEB: [www.olifis.it](http://www.olifis.it)



**NOTA BENE:** È possibile utilizzare, riprodurre, distribuire, comunicare al pubblico questo materiale alle due seguenti condizioni: citare la fonte; non usare il materiale, nemmeno parzialmente, per fini commerciali.

## P I

Camminando, con attrito, sui cilindri...

Punti 20

## Parte A

[Punti 6]

Due amici A e B si trovano spesso a camminare svelti, a una velocità di circa 6 km/h, su di un viale alberato in cui il percorso è segnato con una targhetta ogni 100 m.

Ad un certo punto A chiede: “A che velocità stiamo andando, secondo te?”

“Usa il tuo cronometro e dimmi in quanto tempo facciamo 100 m” replica B.

Percorso quel tratto, A dice: “58.3 secondi”; in un attimo B gli risponde: “Andiamo a 6.17 km/h”.

All’amico stupito della rapidità della risposta, B spiega come ha fatto: “Ho fatto la differenza tra 60 secondi e il tempo che mi hai dato:  $60 - 58.3 = 1.7$  che è un piccolo intervallo; poi ho diviso questo piccolo intervallo per 10 e l’ho sommato a 6, cioè  $6 + 0.17 = 6.17$  che è, appunto, la velocità che ti ho detto in km/h. Se non camminiamo troppo velocemente, questo modo di fare il conto dà un risultato quasi giusto, conoscendo quel piccolo intervallo.”

1. Per quali valori di quel piccolo intervallo, questo metodo fornisce un risultato corretto entro l’1%?
2. Qual è la massima velocità corrispondente?

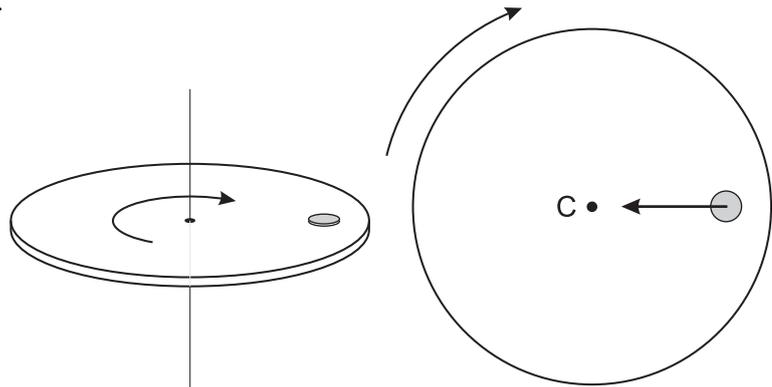
## Parte B

[Punti 7]

Nella figura a fianco è mostrata una piccola pedina di massa  $m = 25$  g, appoggiata su di un disco che sta ruotando attorno al suo asse, con accelerazione angolare costante  $\alpha = 2 \text{ rad s}^{-2}$ . La pedina si trova in un punto a distanza  $r = 22.3$  cm dall’asse di rotazione.

Nell’istante a cui fa riferimento la figura, la velocità angolare del disco è  $\omega = 2 \text{ rad s}^{-1}$ , e la pedina è ferma rispetto al disco, grazie all’attrito statico di coefficiente  $\mu_s = 0.45$ .

Nella parte destra della figura, in cui il disco è visto dall’alto, il vettore rappresenta la forza centripeta agente sulla pedina, disegnata in unità arbitrarie, nello stesso istante.



- Dopo aver riportato sul foglio a quadretti la figura a destra, con il vettore di lunghezza pari ad almeno 6 quadretti, disegnare – nella stessa scala – la forza d’attrito che agisce in quello stesso istante sulla pedina, motivando adeguatamente la soluzione trovata.

## Parte C

[Punti 7]

Tre cilindri, tutti di massa  $m$ , rotolano senza scivolare lungo un piano inclinato di altezza  $h$ . I cilindri hanno le seguenti caratteristiche: il primo è vuoto ed ha raggio  $r$ ; il secondo è pieno ed ha raggio  $r/2$ ; il terzo è pieno ed ha raggio  $r$ .

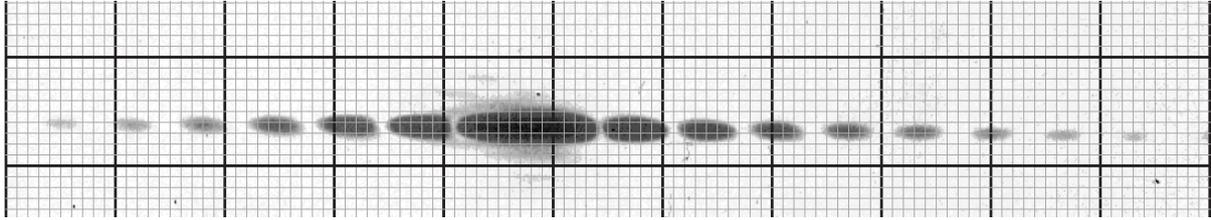
- Se i tre cilindri sono stati lasciati liberi simultaneamente dalla stessa altezza, quale cilindro impiegherà più tempo a raggiungere la base del piano inclinato?

P2

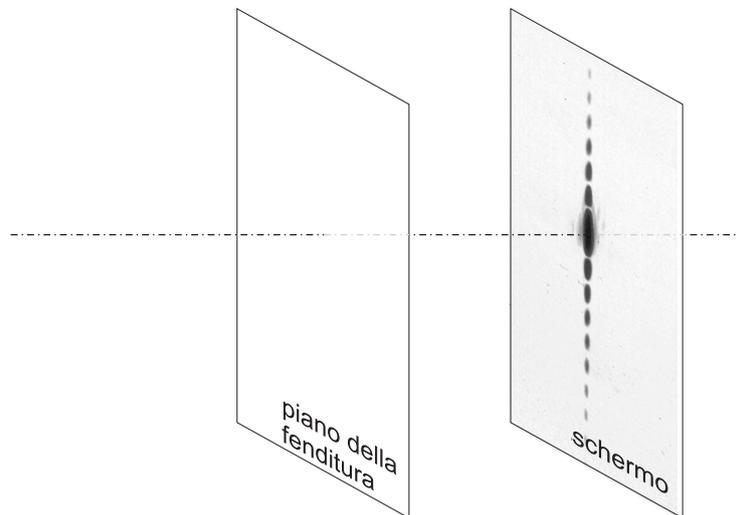
Laser e fenditura

Punti 20 punti

Si pone una fenditura di larghezza  $a$  davanti a un laser a He-Ne che emette un fascio, sottile e collimato, di luce monocromatica di lunghezza d'onda  $\lambda = 632.8 \text{ nm}$ . Su di uno schermo ortogonale al fascio del laser e posto ad una distanza  $D = 1.5 \text{ m}$  dalla fenditura si osserva una figura di diffrazione come quella qui riprodotta, per comodità, a colori invertiti. Si tenga presente che la scala del disegno è tale che la quadrettatura minore è di 1 mm, quella maggiore di 1 cm.



1. Lo schema seguente illustra parzialmente il montaggio sperimentale con cui si è ottenuta la figura di diffrazione, riportata sopra, orizzontalmente. Dopo aver copiato sul foglio lo schema, completarlo con gli elementi essenziali che mancano.



2. Fissato un sistema di riferimento sulla figura di diffrazione data, determinare le posizioni dei minimi e riportarle in un grafico in funzione del numero d'ordine. In base a tale grafico, fornire la migliore stima per il valore della distanza tra due minimi adiacenti.
3. Utilizzando il risultato del quesito precedente, determinare la larghezza  $a$  della fenditura.
4. Dimostrare che, nei punti di minimo della figura di diffrazione, la differenza di fase  $\Delta\varphi$  tra i raggi che provengono dai bordi opposti della fenditura è pari a un multiplo intero di  $2\pi \text{ rad}$ .
5. Calcolare il valore della differenza di fase  $\Delta\varphi(P)$  tra i raggi che arrivano nel punto P equidistante dal primo e secondo minimo, provenendo dai bordi opposti della fenditura.

## P3

## Moto di cariche

Punti 20

In fondo ad un lungo filo ben teso, disposto verticalmente ed isolante, è collocata una sferetta di massa  $m = 1$  g, dotata di una carica elettrica  $Q_1 = Q$ . Più in alto, ad una distanza  $d_0 = 10$  cm dalla prima, si trova, libera di scorrere lungo il filo ed in situazione di equilibrio, una seconda sferetta di massa uguale e carica  $Q_2 = 4Q$ . Le sferette possono essere trattate sempre come puntiformi e l'attrito tra di esse e il filo può essere trascurato.

1. Scrivere l'espressione di  $Q$  in funzione dei dati e di eventuali costanti e calcolarne il valore.

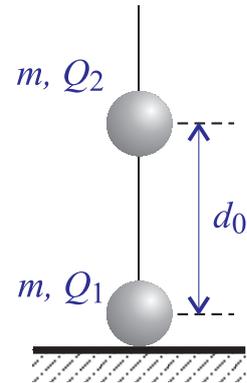
Successivamente, si blocca la sferetta superiore e si lancia l'altra verso l'alto con una velocità iniziale  $v_0 = 2$  m/s.

2. Qual è la minima distanza alla quale la sferetta inferiore riesce ad avvicinarsi all'altra?

*Suggerimento: utilizzare l'espressione di  $Q$  trovata precedentemente.*

L'esperimento viene ora ripetuto lasciando la sferetta superiore libera di muoversi lungo il filo.

3. Qual è la minima distanza alla quale la sferetta inferiore riesce ora ad avvicinarsi all'altra?



Materiale elaborato dal Gruppo

	<p><b>PROGETTO OLIMPIADI</b>          Segreteria delle Olimpiadi Italiane di Fisica          e-mail: <a href="mailto:segreteria@olifis.it">segreteria@olifis.it</a>          WEB: <a href="http://www.olifis.it">www.olifis.it</a></p>	
--	--	--

**NOTA BENE:** È possibile utilizzare, riprodurre, distribuire, comunicare al pubblico questo materiale alle due seguenti condizioni: citare la fonte; non usare il materiale, nemmeno parzialmente, per fini commerciali.