

Associazione delle Olimpiadi
Scientifiche Svizzere

SwissPhO 2010 Swiss Physics Olympiad



Selezione nazionale

Aarau, 27/28 marzo 2010



Parte teorica 6 Problemini

Durata: 60 minuti

Valutazione: 6 x 4 punti = 24 punti

Nome Punti.....

Materiale autorizzato:

Calcolatrice tascabile senza raccolta di dati.

Materiale per scrivere e disegnare

Supported by:



Alpiq Holding AG



Staatssekretariat für Bildung und Forschung



BASF (Basel)



Deutschschweizerische Physikkommission VSMP / DPK



Materials Science & Technology



École Polytechnique Fédérale de Lausanne



ETH Zurich Department of Physics



Fondation Claude & Giuliana

ERNST GÖHNER STIFTUNG

Ernst Göhner Stiftung, Zug



Hasler Stiftung Bern



Kernkraftwerk Gösgen-Däniken AG (KKG)



Merck Serono S.A. (Genf)



Metrohm Stiftung, Herisau



Rudolf Hug, MPL AG Elektronik, Dättwil



Novartis International AG (Basel)



F. Hoffmann-La Roche AG (Basel)



Schnelli Thermographie, Schaffhausen



Swiss Academy of Engineering Sciences SATW



Swiss Academy of Sciences



Swiss Physical Society



Syngenta AG



Universität Bern FB Physik/Astronomie



Universität Zürich FB Physik Mathematik

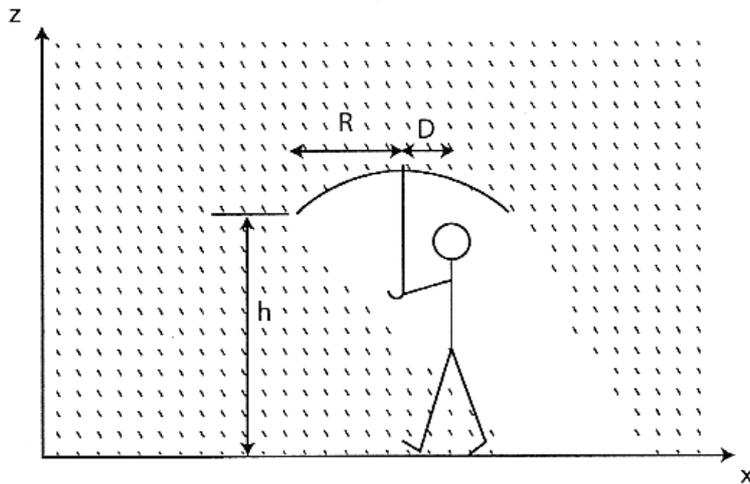
Buona fortuna!

1° Problemino

Meccanica

Ombrello

Durante uno scroscio di pioggia, le gocce d'acqua cadono dal cielo con una velocità costante v_p . Un viandante ha all'altezza h un ombrello di raggio R . Egli si muove in direzione x con una velocità v_x .



A quale distanza D , davanti a sé dovrà tenere l'ombrello affinché non si bagni?

a) Nel caso di assenza di vento cioè la pioggia cade verticalmente con una velocità $v_p = -3.0\text{m/s}$, inoltre

$$v_x = -1.0\text{m/s}$$

$$h = 2.2\text{m}$$

$$R = 70\text{cm}$$

[2.5P]

b) C'è un vento addizionale con velocità $v_v = 0.50\text{m/s}$ in direzione x

[1.5P]

2° Problemino**Gravitazione****Piccolo principe**

Il piccolo principe di Saint Exupéry abita su un pianeta di raggio R e massa M .

Quanta energia dovrà fornire ad una cassa di pecore di massa m inizialmente a riposo sulla superficie del suo pianeta al fine di:

- a) raggiungere una distanza r dal centro del suo pianeta? (con $r > R$) [1.5P]
- b) metterla in orbita circolare ad una distanza r dal centro del suo pianeta? [1.5P]
- c) impedirle di ricadere di nuovo sul pianeta?(energia di fuga) [1P]

3° Problemino**Idrostatica**

Una bilancia a due bracci è mantenuta in equilibrio da una parte, da una sfera di piombo e dall'altra da una d'oro. I due bracci hanno la stessa lunghezza.

- a) Si immergono le due sfere in due recipienti pieni d'acqua, da che parte si inclinerà la bilancia? Giustificate la risposta [2.5P]
- b) Quale densità dovrebbe avere il liquido contenuto nel recipiente, verso il quale si inclina la bilancia, per mantenerla in equilibrio? [1.5P]

Indicazione:

le densità dell'oro e del piombo valgono reciprocamente $\rho_{Au} = 19.3 \text{ t/m}^3$ e $\rho_{Pb} = 13.4 \text{ t/m}^3$.

4° Problemino**Termodinamica****Bottiglietta PET**

Un escursionista chiude la sua bottiglia vuota di PET da 1.5 litri alla temperatura di 20°C e alla pressione di 1015 mbar.

Successivamente sale su una montagna dove apre la bottiglia dopo che la temperatura del contenuto è scesa alla temperatura esterna di -10°C. La pressione esterna sulla montagna vale 960 mbar.

- a) Quando apre la bottiglia l'aria esce o entra? Giustifica la risposta. [2P]
- b) Quanto vale il volume dell'aria che esce o entra? [2P]

5° Problemino**Magnetismo****Sonda ad effetto Hall**

Si disponga di un'elettrocalamita che produca un campo magnetico H variabile e di una sonda ad effetto Hall.

- a) Si spieghi l'effetto Hall a traverso uno **schema** e si trovi la relazione che da l'intensità del campo misurato B in funzione della corrente che passa attraverso la sonda e la tensione che vi è indotta. Si suppongano conosciute le dimensioni della sonda che ha forma di parallelepipedo. [2.5P]
- b) Vi si dà un campione d'un materiale magnetico di cui vi si chiede di determinare la magnetizzazione residua. Si proponga un metodo per ottenere ciò. [1.5P]

6° Problemino**Elettrodinamica****Elettrone in un campo elettrico**

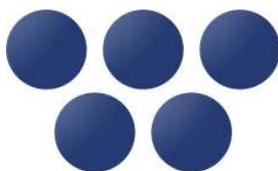
Un elettrone è posto tra due piastre distanti 20 cm e tra le quali c'è una differenza di potenziale di 100V.

- a) Fare uno schizzo con rappresentato il senso del campo elettrico E e la posizione dell'elettrone [1P]
- b) Calcolare il campo elettrico [1P]
- c) Calcolare la lunghezza d'onda emessa dall'elettrone dopo aver passato tutto il potenziale [2P]

Si suppone che la velocità non sia relativistica.

$$h = 6.6262 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

$$m_e = 9.109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$



Associazione delle Olimpiadi
Scientifiche Svizzere

SwissPhO 2010 Swiss Physics Olympiad



Selezione nazionale

Aarau, 27/28 aprile 2010



Parte teorica
3 Problemi
(3 a scelta)

Nome **Punti.....**

Durata: 150 minuti
Valutazione: 3 x 16 punti = 48 punti

Materiale autorizzato:
Calcolatrice tascabile senza raccolta di dati.
Materiale per scrivere e disegnare

Supported by:

-  Alpiq Holding AG
-  Staatssekretariat für Bildung und Forschung
-  BASF (Basel)
-  Deutschschweizerische Physikkommission VSMP / DPK
-  Materials Science & Technology
-  École Polytechnique Fédérale de Lausanne
-  ETH Zurich Department of Physics
-  Fondation Claude & Giuliana
-  Ernst Göhner Stiftung, Zug
-  Hasler Stiftung Bern
-  Kernkraftwerk Gösgen-Däniken AG (KKG)
-  Merck Serono S.A. (Genf)
-  Metrohm Stiftung, Herisau
-  Rudolf Hug, MPL AG Elektronik, Dättwil
-  Novartis International AG (Basel)
-  F. Hoffmann-La Roche AG (Basel)
-  Schnelli Thermographie, Schaffhausen
-  Swiss Academy of Engineering Sciences SATW
-  Swiss Academy of Sciences
-  Swiss Physical Society
-  Syngenta AG
-  Universität Bern FB Physik/Astronomie
-  Universität Zürich FB Physik Mathematik

Buona fortuna!

1° Problema

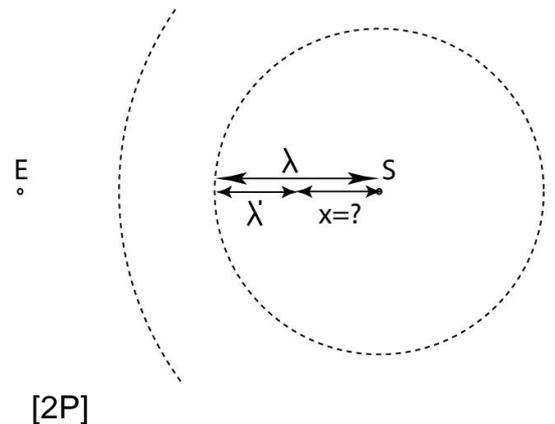
Meccanica

Effetto Doppler

Le prime tre domande servono a derivare la formula per la variazione della frequenza udita quando la sorgente sonora è in movimento (a), quando il ricevitore è in movimento (b) e quando entrambi sono in movimento (c).

La velocità del suono ha il valore $c = 343$ m/s. Si presume che il trasmettitore e il ricevitore si muovono sempre a velocità inferiore a quella del suono.

- a) La sorgente sonora S (emette onde sferiche di frequenza f da ferma) si allontana con una velocità radiale¹ v dal ricevitore E (o verso di esso se $v < 0$, vedi disegno). Il ricevitore si trova in quiete nel mezzo in cui le onde sonore si propagano, vale a dire l'aria. Quale frequenza f' è percepita dal ricevitore? [2P]



- b) Uguale domanda nel caso in cui la sorgente S è ferma e il ricevitore E si muove verso di essa con velocità radiale v (o si allontana se $v < 0$). [2P]

- c) Quale frequenza percepisce il ricevitore se la sorgente si muove rispetto all'aria con velocità v_s e il ricevitore con velocità v_e rispetto all'aria?

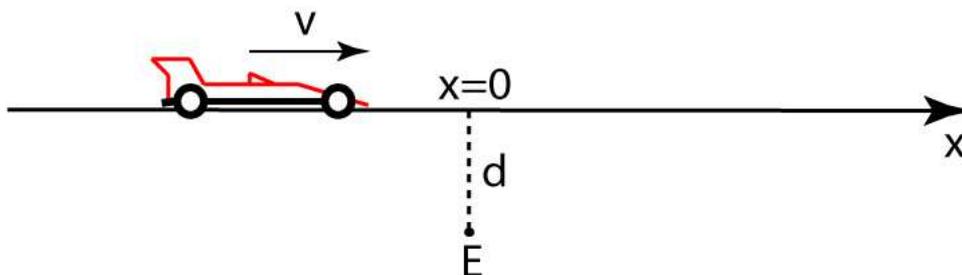
Dimostra che per velocità piccole, cioè. $v_s \ll c$ e $v_e \ll c$, la variazione di frequenza $\Delta f = f' - f$ è proporzionale a $v_r \equiv v_e - v_s$

(utilizzare $\frac{1}{1+x} \approx 1-x$ per $x \ll 1$).

[2P]

Le seguenti due domande sono applicazioni delle formule derivate in precedenza.

- d) Una persona E si trova a distanza d da una pista² dove transita una macchina di Formula 1 a velocità costante v . Idealmente si assume che la macchina di F1 emetta per una determinata velocità onde sonore di un'unica frequenza f . All'istante $t=0$ l'auto si trova nella posizione $x=0$ (vedi disegno). Esprimere l'espressione analitica della frequenza percepita dal ricevitore in funzione del tempo t . [3P]



- e) Due sorgenti sonore A e B (ad esempio, i suoni prodotti da due aerei) emettono suoni di frequenza a riposo f mentre si muovono con velocità costante lungo una linea retta x . Sia $x_A < x_B$. La velocità relativa tra A e B sia $v_r = v_B - v_A = 25 \text{ m/s}$, dove v_A e v_B sono le velocità degli emettitori A e B nel sistema di riferimento dell'aria ferma³. Entrambe le frequenze sono dotate di misuratori di frequenze e possono misurare la frequenza percepita dall'altra sorgente: B riceve f_B , A misura f_A . A e B si comunicano il risultato della misura e concludono che $\frac{f_B}{f_A} = 1.1$.

Determina v_A e v_B .

[4P]



- f) Domanda Bonus:

Spiegare perché le formule derivate per l'effetto Doppler per le onde elettromagnetiche non sono valide quando ci si trova nella situazione analoga alla domanda c) .

[3P]

Osservazioni:

¹ Proiezione della velocità sulla linea che collega il trasmettitore e il ricevitore.

² Per semplicità un rettilineo infinitamente lungo

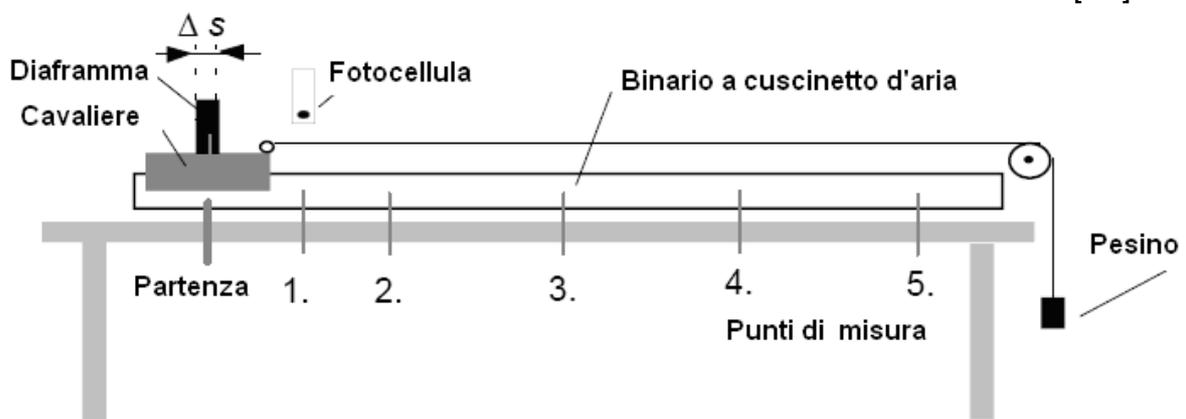
³ Questi possono essere positivi o negativi. Nel disegno sono per esempio $v_A > 0$ e $v_B < 0$.

2° Problema

Meccanica

Binario a cuscinetto d'aria

- I. Definisci le grandezze fisiche velocità media, velocità istantanea e accelerazione. Confronta la velocità media con la velocità istantanea nel caso del moto rettilineo uniforme e del moto rettilineo uniformemente accelerato [3P]
- II. Per determinare la velocità istantanea del cavaliere lungo un binario a cuscinetto d'aria viene impiegata una fotocellula piazzata nei diversi punti di misura. Il cavaliere è dotato di un diaframma che quando passa davanti alla fotocellula interrompe il raggio di luce. Un cronometro elettronico registra il corrispondente intervallo di oscuramento Δt . [2P]



Spiega come con questo metodo, nei diversi punti di misura, può essere determinata approssimativamente la velocità istantanea e spiega come influisce la larghezza Δs del diaframma usato.

- III. Sul binario a cuscinetto d'aria, verificato orizzontale, viene analizzato un moto non uniforme. Il cavaliere di massa $m_1 = 200$ g viene collegato, per mezzo di un filo e una carrucola, con un pesino di massa $m_2 = 5.00$ g come mostrato in figura. Il cavaliere parte da fermo. La larghezza del diaframma vale $\Delta s = 20.0$ mm. Si possono tralasciare gli effetti dell'attrito, del moto della carrucola e della massa del filo.

Valori misurati

Punto di misura	1	2	3	4	5
Distanza s in m	0.20	0.40	0.80	1.20	1.60
Intervallo di oscuramento Δt in 10^{-3} s	64.5	45.7	32.3	26.4	23.0

a) Di che tipo di moto si muove il cavaliere tenendo conto delle forze che agiscono su di esso? Mostra che ne risulta un'accelerazione di $a = 0.239 \text{ m/s}^2$.

b) Calcola dai valori misurati la velocità istantanea v nei diversi punti di misura e disegna il diagramma $v(s)$ (scegliere una scala adeguata!).

c) Mostra che per questo moto la velocità istantanea può essere calcolata con l'equazione $v = \sqrt{2 \cdot a \cdot s}$. Calcola l'accelerazione del cavaliere dai valori misurati e confronta il valore trovato con il valore dato nel punto I.

d) Disegnare il diagramma $v(t)$ (scegliere una scala adeguata!). Calcola i tempi necessari.

[8P]

IV. a) Il dispositivo sperimentale viene modificato aggiungendo alla fine del binario a cuscinetto d'aria, prima della carrucola, una molla a spirale di lunghezza 4.0 cm che dopo l'urto rimanda indietro il cavaliere. La molla viene compressa fino ad assumere metà lunghezza. Calcola la costante della molla.

b) Con l'appostamento della fotocellula viene misurata la velocità del cavaliere quando viene rimandato indietro nell'istante in cui si distacca dalla molla $v = 0.830$ m/s. A quale distanza dalla molla si fermerà il cavaliere dopo essere stato respinto?

[3P]

3° Problema

Ottica

Arcobaleno

- a) Nella figura 1 è rappresentato un raggio di luce in un mezzo trasparente con indice di rifrazione n_1 . Il raggio viene deviato quando penetra in una sfera trasparente di indice di rifrazione $n_2 > n_1$, riflesso dal fondo della sfera e riemerge nel primo mezzo. Trova la relazione tra l'angolo emergente β in funzione di quello incidente α . [2P]

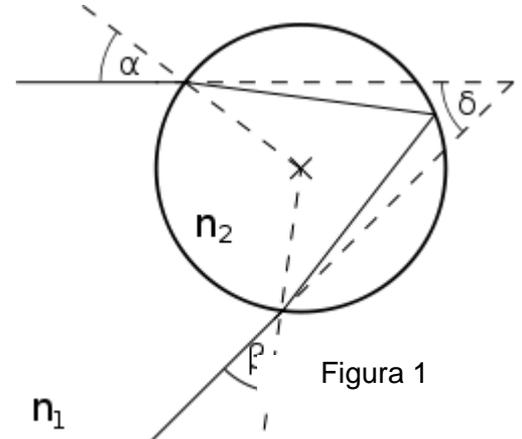


Figura 1

- b) Si tratta di una riflessione totale o parziale? [2P]
- c) Trova l'angolo di deviazione δ in funzione di α . [2P]
- d) Per quale valore di α si ottiene δ massimo? Trova il valore massimo per δ quando il mezzo 1 è l'aria ($n_1 = 1.00$) e il 2 è l'acqua ($n_2 = 1.33$). [3P]
Nota: La derivata della arcoseno in radianti è $(1-x^2)^{-1/2}$.

- e) Spiegare perché questo è l'angolo che agli occhi di un osservatore produce un arcobaleno dovuto al sole. [1P]
- f) Il colore esterno di un arcobaleno è rosso, il più interno è viola. Come cambia l'indice di rifrazione dell'acqua con l'aumentare lunghezza d'onda? [1P]

- g) Spesso si osserva all'esterno dell'arcobaleno principale uno secondario più debole. Questi si forma perché la luce viene riflessa due volte all'interno della goccia di pioggia (vedi figura 2). Come dipende l'angolo di deviazione ϵ da quello d'incidenza γ ? [3P]

- h) Che angolo forma l'arcobaleno rispetto al sole e all'osservatore? [2P]

- i) Perché il cielo tra i due arcobaleni appare spesso più scuro del cielo intorno ad essi? [2P]

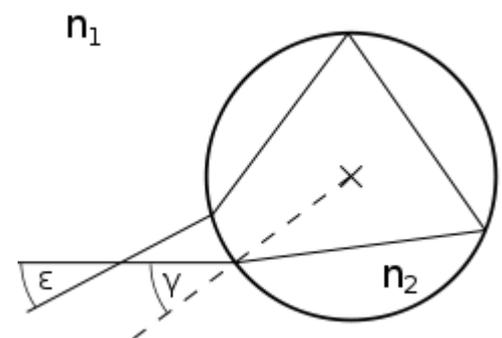


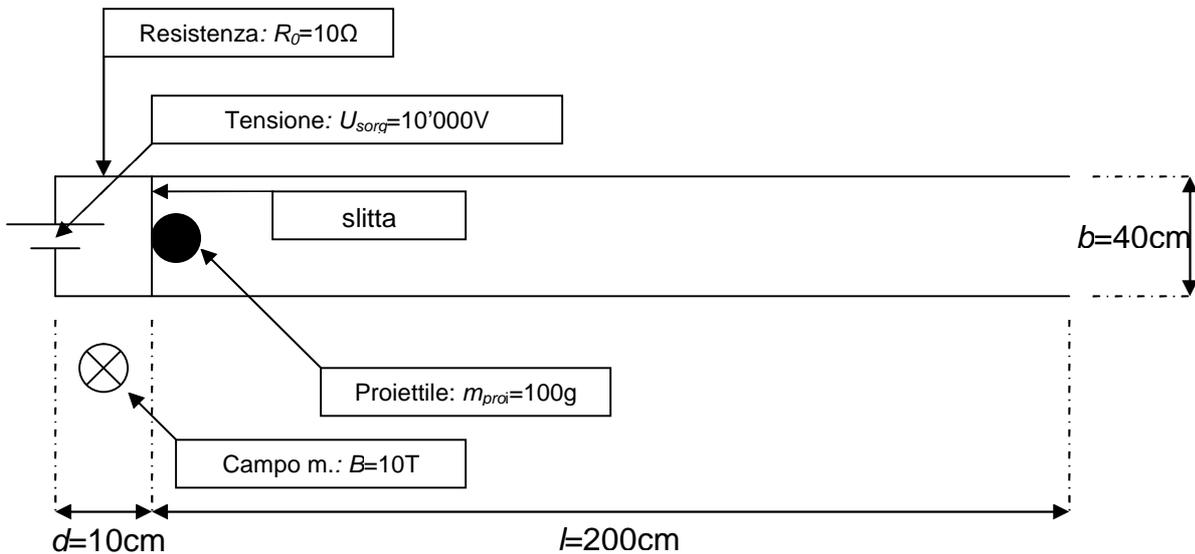
Figura 2

Problema 4.

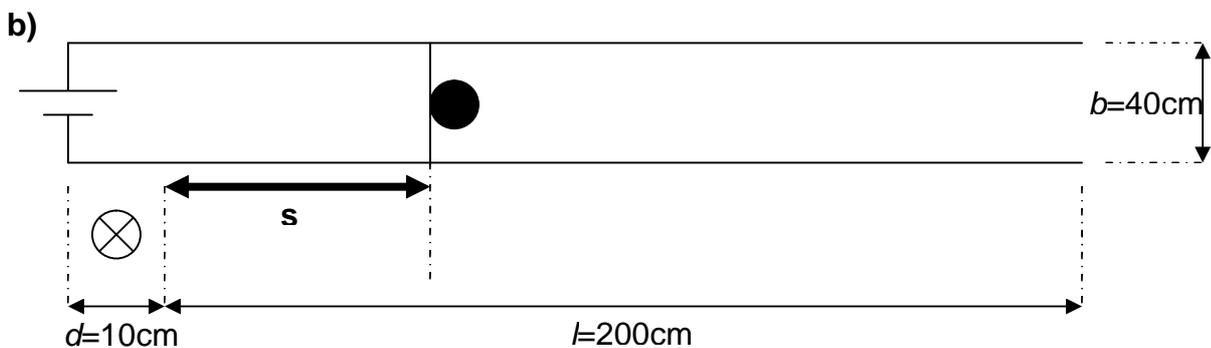
Elettromagnetismo

Railgun

In un cannone elettromagnetico (railgun) viene accelerato un proiettile per mezzo di un campo magnetico. In questo problema si possono trascurare la gravità e gli attriti meccanici. In aggiunta si deve considerare l'azione del campo magnetico.



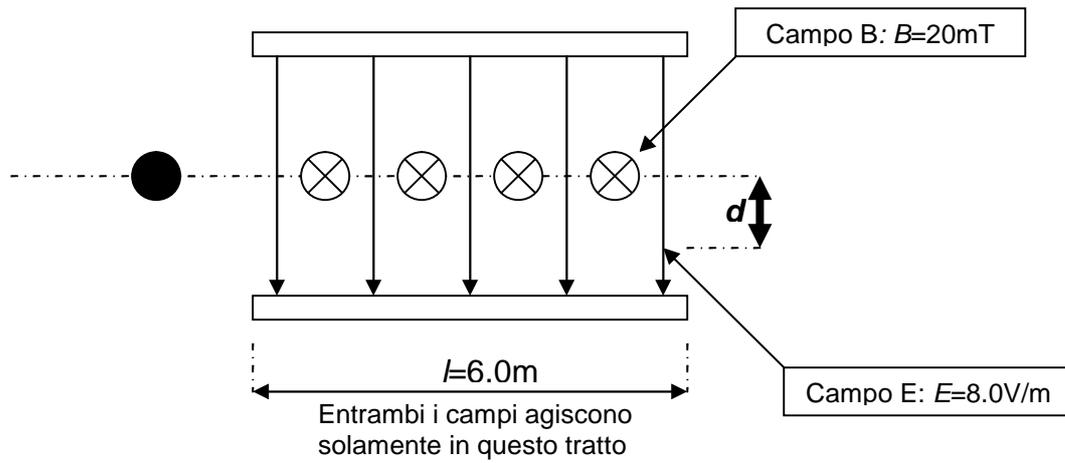
- a) Calcola la massima velocità di uscita. [2P]
 Si ammetta per questa domanda:
 - R è costante e vale R_0
 - l lungo a piacere



- Calcola la funzione $U_{sorg}(s)$, per cui la forza sul proiettile sia costante. [8P]
 Inserisci i valori numerici noti solo alla fine.
 Si ammetta per questa domanda:
 - nessuna (salvo quelle che valgono per l'intero problema)

- c) Calcolare l'effettiva velocità d'uscita. [2P]
 Si ammetta per questa domanda:
 - U_{sorg} si comporta come calcolato nella domanda b) \rightarrow forza costante

d) Dopo che il proiettile è stato sparato, sono applicati i seguenti due campi combinati:



Esprimi la funzione $d(q)$. Dove q è la carica positiva del proiettile.
(nel caso la domanda **c**) non sia stata ri

[4P]