



## Materiali per la riforma

Con il corrente anno scolastico, la Scuola italiana vede l'uscita dal *tunnel* quinquennale di riordino – avviato dalla c. d. *riforma Gelmini* del 2010 – che porta a regime l'esame di Stato conclusivo del nuovo ciclo secondario, anche in applicazione delle nuove Indicazioni Nazionali.

In relazione a ciò la Direzione generale per gli ordinamenti scolastici e la valutazione del sistema nazionale di istruzione ha proposto per i licei scientifici delle prove simulate di Matematica (svoltesi in data 25 febbraio e 22 aprile 2015) e, per i licei scientifici con opzione scienze applicate, delle prove simulate relative alle altre materie caratterizzanti: Fisica (svolta in data 11 marzo 2015) e Scienze (svolta in data 25 marzo 2015).

Sulla mailing list "Sagredo" (e non solo), subito dopo lo svolgimento della prova simulata di Matematica e poi in occasione di quella di Fisica, si è accesa un'animata discussione intorno alla formulazione delle prove ed alle soluzioni proposte dagli esperti del MIUR.

Abbiamo quindi pensato di dare, in questa sede, un seguito alla discussione, proponendo una soluzione commentata dei problemi 1 e 2 della simulazione svoltasi lo scorso marzo, a cura risp. di Silvano Sgrignoli ed Elio Fabri, cui rivolgiamo per questo un sentito ringraziamento.

Il 28 marzo scorso, il Consiglio Direttivo dell'A.I.F. ha prodotto un breve documento ([http://www.aif.it/ArchivioA/AIF\\_simulazione\\_seconda\\_prova.pdf](http://www.aif.it/ArchivioA/AIF_simulazione_seconda_prova.pdf)), al termine del quale, fra l'altro, "auspica una revisione del curriculum, attraverso un reale confronto con i docenti e le associazioni disciplinari, e ritiene maturi i tempi, allo scadere del primo quinquennio dalla riforma dei licei, per una revisione critica degli argomenti previsti nelle Indicazioni Nazionali".

Si è quindi ritenuto opportuno di dedicare il prossimo Convegno Orlandini (Bologna, 19-20 settembre 2015) ai temi di discussione sollevati dalla simulazione di seconda prova di Fisica dell'Esame di Stato.

Ricordiamo infine che la scorsa estate si è costituito un gruppo di lavoro AIF, coordinato dal consigliere Alberto Meroni, che ha studiato e prodotto un esempio di seconda prova. La documentazione di questo lavoro è reperibile al link [http://www.aif.it/ArchivioA/AIF\\_seconda\\_prova\\_di\\_fisica.pdf](http://www.aif.it/ArchivioA/AIF_seconda_prova_di_fisica.pdf).

I testi (che riportiamo fedelmente qui di seguito) e le proposte di soluzioni ministeriali relative alle simulazioni sono reperibili all'indirizzo web <http://questionariolsosa.miur.carloanti.it/>.

Le pagine della rivista sono aperte per ulteriori interventi e contributi su questi temi.

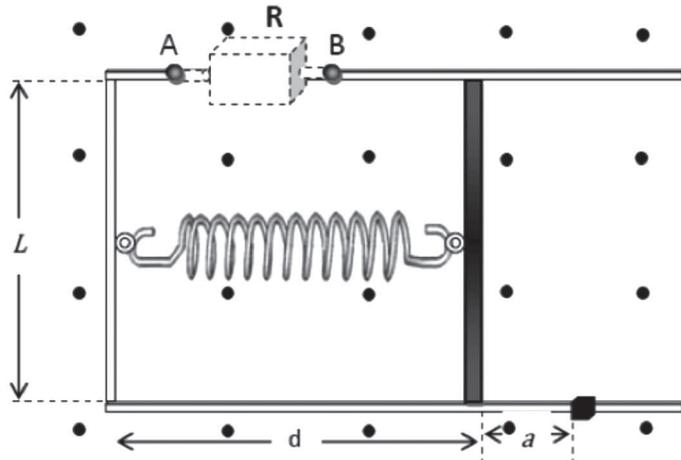
### Problemi di simulazione della seconda prova dell'esame di maturità di Fisica 11 marzo 2015

Lo studente deve svolgere un solo problema a sua scelta  
Tempo massimo assegnato alla prove tre ore

#### Problema n. 1: Un generatore "IDEALE"

Il tuo amico Luigi pensa di aver avuto un'idea geniale: ha progettato un generatore di tensione alternata che, una volta avviato, non necessita di ulteriore apporto di

energia per il suo funzionamento se non quel poco che serve a vincere gli attriti del dispositivo. Ti mostra la rappresentazione schematica sotto raffigurata descrivendola così:



Una barretta metallica, di massa  $m$ , può scorrere lungo i due binari paralleli di una guida ad U anch'essa metallica. La barretta, di lunghezza  $L$ , è collegata al lato della guida parallelo ad essa mediante una molla fissata con materiale isolante. Il tutto è immerso in un campo magnetico uniforme e costante  $\vec{B}$ , ortogonale al piano della guida.

La barretta viene spostata di un tratto  $a$  e poi bloccata in modo da mantenere la molla allungata. Una volta tolto il blocco la barretta inizierà ad oscillare generando tra i poli A e B una differenza di potenziale alternata che potrebbe essere utilizzata, ad esempio collegando ai poli una resistenza  $R$ , fin quando la barretta si muove.

Volendo presentare la sua idea in un concorso scolastico, Luigi chiede a te di:

1. preparare una descrizione qualitativa e quantitativa del fenomeno fisico che determina la differenza di potenziale tra i poli A e B, e calcolando il valore della costante elastica della molla che consente di produrre una tensione di frequenza pari a quella della rete domestica di 50,0 Hz, nell'ipotesi che la massa  $m$  abbia il valore  $2,0 \cdot 10^{-2}$  kg.

2. valutare il valore massimo  $f_{\max}$  della forza elettromotrice indotta  $f_{e.m.}$  che tale generatore produce nel caso  $a = 1,0 \cdot 10^{-2}$  m,  $L = 1,0 \cdot 10^{-1}$  m,  $B = 0,30$  T.

Tu non sei convinto che il generatore ideato da Luigi una volta avviato possa fornire per sempre energia elettrica ad una utenza, senza ulteriore apporto di energia; per capire meglio cerchi di ottenere energia dal generatore e colleghi la resistenza elettrica  $R$ , come mostrato in figura, tra i poli A e B, misuri la differenza di potenziale tra i poli in funzione del tempo e ne tracci un grafico.

3. Che tipo di grafico ottieni?
4. Che tipo di moto ha la barretta e perché?
5. Come spiegheresti a Luigi cosa avviene dal punto di vista energetico e perché la sua idea non è poi così geniale come lui immagina?

### Problema n. 2: Una missione spaziale

Nel 2200 il più moderno razzo vettore interplanetario costruito dall'uomo può raggiungere il 75,0% della velocità della luce nel vuoto. Farai parte dell'equipaggio della missione che deve raggiungere un pianeta che orbita intorno alla stella Sirio, che di-

sta 8,61 anni-luce e si avvicina con velocità di 7,63 km/s al sistema solare, effettuare ricerche lì per 2,00 anni e poi rientrare sulla Terra. Devi contribuire alla programmazione di tutti i dettagli della missione, come ad esempio le scorte di cibo e acqua; prendendo come istante di riferimento  $t = 0$  il momento della partenza dalla Terra, considerando che viaggerai sempre alla massima velocità possibile e trascurando tutti gli effetti dovuti alla accelerazione del moto nella fase di partenza e di arrivo, fatte tutte le ipotesi aggiuntive che ritieni necessarie, devi valutare:

1. quanto tempo durerà la missione per un osservatore sulla terra;
2. quanto tempo durerà il viaggio di andata e quello di ritorno secondo i componenti dell'equipaggio;
3. quanto tempo durerà complessivamente la missione secondo i componenti dell'equipaggio.

Alcuni test effettuati nei laboratori della Terra sui componenti elettronici simili a quelli utilizzati sull'astronave, indicano che è necessario effettuare alcuni interventi di manutenzione sull'astronave. Dopo 1,00 anni dalla partenza (tempo terrestre) viene quindi inviato un segnale alla navicella. Quando il capitano riceve il segnale,

4. quanto tempo è trascorso sulla navicella dall'inizio del viaggio?

Ricevuto il segnale, il capitano invia immediatamente la conferma alla Terra;

5. dopo quanto tempo dall'invio del segnale alla navicella la base terrestre riceve la conferma della ricezione?

Durante il viaggio di andata, il ritardo nelle comunicazioni con l'astronave aumenta con l'aumentare della distanza; per illustrare al pubblico questo effetto

6. disegna su un piano cartesiano i grafici che mostrino rispetto al riferimento terrestre la distanza dalla Terra dell'astronave e dei due segnali di comunicazione, in funzione del tempo.

Il responsabile della sicurezza della missione ti comunica una sua preoccupazione: teme che, a causa della contrazione relativistica delle lunghezze, il simbolo della flotta terrestre riportato sulla fusoliera del razzo, un cerchio, possa apparire deformato agli occhi delle guardie di frontiera, che potrebbero quindi non riconoscerlo, e lanciare un falso allarme. **Pensi che sia una preoccupazione fondata?**

7. **Illustra le tue considerazioni in merito a questa preoccupazione e dai una risposta al responsabile della sicurezza, corredandola con argomenti quantitativi e proponendo una soluzione al problema.**

Indicatori di valutazione portati a conoscenza dello studente:

- Osservare criticamente i fenomeni e formularne ipotesi esplicative utilizzando modelli, analogie e leggi.
- Formalizzare situazioni problematiche e applicare gli strumenti matematici e disciplinari rilevanti per la loro risoluzione.
- Interpretare e/o elaborare i dati proposti, anche di natura sperimentale, secondo un'ipotesi, valutando l'adeguatezza di un processo di misura e/o l'incertezza dei dati, verificando la pertinenza dei dati alla validazione del modello interpretativo.

## Prova simulata di Fisica. Soluzione del problema 1

a cura di *Silvano Sgrignoli, Bergamo* [sisgri@iol.it](mailto:sisgri@iol.it)

Qualche considerazione, innanzitutto, sul *realismo* del dispositivo.

È difficile immaginare la costruzione concreta di un apparato come quello descritto, che resista bene alle sollecitazioni meccaniche – molla e barretta devono oscillare a 50 Hz con ampiezza non modesta, che presenti “esigui attriti” e che abbia resistenza elettrica di contatto trascurabile tra le parti mobili (di questo ultimo aspetto gli autori non si sono preoccupati, ma le circostanze sembrano doverlo implicare). La molla, inoltre, dovrebbe essere realizzata con un materiale non ferromagnetico, per evitare che l’interazione con il forte campo magnetico la fletta, aumentandone l’instabilità laterale.

Infine, come vedremo presto, non è realistico pensare che la molla abbia massa trascurabile, altra circostanza della quale gli autori non si sono preoccupati affatto.

Quello proposto, insomma, è in tutto e per tutto un *oggetto del mondo di carta*. Nulla di male in questo, se non fosse che la pretesa di “autenticità” fa parte delle premesse sulle quali si vorrebbe fondare la prova.

**1a.** Cominciamo ad occuparci della molla. Supponendo, per il momento, che la sua massa sia trascurabile rispetto a quella della barretta e ammettendo che, a circuito aperto, possano essere ignorati gli effetti elettromagnetici, si tratta di determinare il valore della costante elastica  $k$  dalla relazione:

$$\omega^2 = \frac{k}{m}. \quad (1)$$

Da questa si ricava facilmente:

$$k = 4\pi^2\nu^2m = 4\pi^2 \cdot 50^2 \cdot 0,02 \text{ N/m} = 1974 \text{ N/m} \approx 2000 \text{ N/m}. \quad (2)$$

(Qui sopra abbiamo indicato con  $\omega$  la pulsazione dell’oscillatore e con  $\nu$  la sua frequenza; abbiamo mantenuto soltanto due cifre del valore calcolato, in quanto con la stessa precisione è assegnato il valore di  $m$ ).

Una molla con questo valore della costante elastica è piuttosto “dura”; inoltre, per poter lavorare sia in estensione che in compressione, deve avere un sufficiente passo tra le spire. Consultando i cataloghi dei produttori<sup>1</sup>, si può fare una stima di circa 9 g per la massa di una molla adatta; considerando che tale massa entra per 1/3 a determinare la massa efficace dell’oscillatore, si capisce che ciò comporta una piccola, ma non trascurabile, modifica nel calcolo fatto sopra. Il valore di  $m$  non può più considerarsi assegnato con la precisione di due cifre; il risultato per  $k$  cambia un poco ( $2270 \text{ N/m} \approx 2300 \text{ N/m}$ ).

**1b.** Il testo chiede di “preparare una descrizione qualitativa e quantitativa del fenomeno fisico che determina la differenza di potenziale tra i poli A e B”. A questa richiesta, la soluzione “ufficiale” risponde discutendo delle linee di flusso del campo tagliate dalla barretta nel suo moto e calcolando la *f.e.m.* indotta tramite la legge di Faraday-Neumann-Lenz. In realtà, il “fenomeno fisico” da considerare è l’azione della forza di Lorentz sugli elettroni della barretta in moto e, riferendoci a questo, risulta anche più diretto il calcolo della *f.e.m.* indotta.

2. Nella logica appena detta e indicando con  $\varepsilon$  la forza elettromotrice, la si può esprimere semplicemente come:

$$\varepsilon = BLv \quad (3)$$

e, tenuto conto che il valore massimo della velocità della barretta che si muove di moto armonico con frequenza  $\nu$  e ampiezza d'oscillazione  $a$  è dato da  $2\pi\nu a$ , si ottiene subito:

$$\varepsilon_{\max} = 2\pi\nu BLa = 2\pi \cdot 50 \cdot 0,3 \cdot 0,1 \cdot 0,01 \text{ V} = 94,2 \text{ mV} \approx 94 \text{ mV}. \quad (4)$$

(È un valore piuttosto modesto per un generatore elettrico! Immaginando un carico di  $1 \Omega$  e nessuno smorzamento, se ne ricaverebbe una potenza minore di  $5 \text{ mW}$  e la *f.e.m.* sarebbe comunque insufficiente per alimentare qualunque apparato di uso comune).

3. Vi è una ragione molto fondamentale per ritenere impossibile che il generatore “una volta avviato possa fornire per sempre energia elettrica ad una utenza”, e si chiama *prima legge della termodinamica*. È strano che gli autori della soluzione “ufficiale” non lo ricordino subito esplicitamente e, soltanto come frase conclusiva di tutta la discussione (dopo i punti 4 e 5), si risolvano a dire: “non c'è quindi alcuna violazione del principio di conservazione dell'energia”.

Comunque, “per capire meglio”, la premessa alla domanda 3 suggerisce di collegare un resistore a chiudere il circuito e indica: “misuri la differenza di potenziale tra i poli in funzione del tempo e ne tracci un grafico”.

Come sarebbe possibile effettuare questa misura? Si tenga conto che la tensione dovrebbe oscillare con una frequenza di  $50 \text{ Hz}$ : soltanto un sistema di acquisizione dati collegato a un sensore voltmetrico potrebbe rispondere alla richiesta. Si presumeva che lo studente pensasse a questo?

In verità, dalla risposta fornita nella risoluzione “ufficiale” si capisce che il parlare di “misura” non voleva essere altro che una forma retorica per chiedere quale andamento di massima della tensione ci si debba attendere ai capi del resistore, senza alcun riferimento concreto all'esecuzione di misure. Tant'è che si dichiara serenamente: “il moto risultante è un moto armonico smorzato” e si mostra un diagramma corrispondente per la d.d.p. ai capi del resistore (senza alcuna indicazione né di grandezze sugli assi, né di scale, né di unità di misura).

Però, anche considerando che la domanda posta miri soltanto a far tracciare un andamento approssimativo, rimane un problema: il testo non indica di che ordine debba essere il valore della resistenza  $R$ . Di conseguenza, a priori, non è scontato che l'andamento sia quello descritto: l'oscillazione potrebbe essere critica o sovrasmorzata!

Forse gli autori del testo hanno ritenuto che lo studente, non avendo presumibilmente esaminato a scuola l'argomento dell'oscillatore armonico smorzato, non si sarebbe neppure posto la questione, ma... e se, invece, a qualche studente fosse venuto in mente un dispositivo concreto come un chiudiporta a molla, oppure la sospensione di una moto? “Per fortuna” un rapido calcolo<sup>2</sup> (che però lo studente non poteva ragionevolmente svolgere) assicura che, anche con un valore molto piccolo di  $R$ , si ricadrebbe sempre nel caso dell'oscillatore sottosmorzato.

In definitiva, la domanda è formulata in modo poco “onesto”; sarebbe stato forse più opportuno chiedere di valutare la percentuale di energia che si suppone dissipata in un'oscillazione e quindi, dopo aver verificato che si tratta comunque di un valore piccolo, di ragionare sull'andamento dell'oscillazione.

4. In risposta a questo punto, come già accennato, i solutori “ufficiali” si limitano a dichiarare che la barretta si muove di moto armonico smorzato. In questo modo i due quesiti 3 e 4 si riducono a uno solo, salvo forse per la considerazione che la differenza di potenziale fra i terminali A e B è proporzionale *alla velocità del moto*. In realtà qui si potrebbe dire di più e, cioè, si potrebbe determinare in funzione di  $R$  il tempo di smorzamento dell'oscillazione – ma, siccome chi ha proposto/risolto il quesito (a quanto pare) non lo chiedeva, rimandiamo questo aspetto a un'appendice.

5. Da un punto di vista energetico, il sistema viene inizialmente “caricato” ponendo in tensione la molla, che acquista in tal modo un'energia potenziale  $\frac{1}{2}ka^2 = 99 \text{ mJ}$ . Durante il moto, tramite il lavoro della forza esercitata dalla molla sulla barretta, le si fornisce energia cinetica e, contemporaneamente, energia “elettrica” (che è poi dissipata dal circuito per effetto Joule); il dispositivo eroga in totale 99 mJ.

Il solutore “ufficiale” parla di “lavoro negativo” della forza magnetica, assimilandola a tutti gli effetti a un attrito viscoso. È vero che l'interazione con il campo magnetico sottrae energia meccanica alla barretta, il cui moto cambia esattamente come con una resistenza viscosa, ma *l'energia corrispondente non è dissipata*: la si ritrova, invece, come energia “elettrica” nel circuito, disponibile per alimentare un carico utile (benché, nel caso specifico, il resistore semplicemente la dissipi *scaldando il mondo*). Insomma, la discussione energetica “ufficiale” appare un po' confusa...

Considerando l'andamento periodico (anche se smorzato) della *f.e.m.* indotta, può invece essere utile esprimere il bilancio energetico in riferimento a un ciclo dell'oscillazione. Indicando con  $a_0$  l'ampiezza iniziale del moto, con  $a_T$  l'ampiezza alla fine del periodo, si può scrivere:

$$\frac{1}{2}ka_0^2 = \frac{1}{2}ka_T^2 + \frac{\varepsilon_{\text{eff}}^2 T}{R} \quad (5)$$

(si è considerato il valore efficace della *f.e.m.*:  $\varepsilon_{\text{eff}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \varepsilon_{\text{max}}$ ).

Come accennato al punto 4, da questo bilancio è possibile ricavare il tempo di smorzamento dell'oscillazione (vedi appendice). Confrontando il primo membro dell'equazione con l'ultimo termine del secondo membro, si può avere un'idea di quanto sia piccola la frazione di energia erogata (e dissipata) in ogni oscillazione.

### Considerazioni finali

Che cosa chiedeva, in definitiva, questo esercizio? Di norma, per rispondere a una domanda simile basta una lettura del testo. Qui, invece, è raccomandabile, se non indispensabile, “leggere la soluzione”!

Stringendo: era necessario ricordare la “legge” (1) che caratterizza l'oscillatore massa-molla nonché l'espressione (3) della forza elettromotrice cinetica. La vera difficoltà stava nel considerare gli effetti elettromagnetici come una piccola “perturbazione” sovrapposta al comportamento elastico del sistema; chi ha formulato i quesiti ha assunto che questa fosse una visione ovvia e naturale delle cose (ma abbiamo visto che la cosa non è così assoluta).

Quanto alla discussione energetica, potrebbe risolversi con il richiamo alla prima legge della termodinamica; volendo, però, approfondire i dettagli si rischia di far confusione e, per evitarlo, è consigliabile tener ben presente che l'energia resa disponibile dall'apparecchio “IDEALE” proviene tutta soltanto da quella immessa all'inizio, quando è stata allungata la molla.

## APPENDICE

Per comodità indicheremo di seguito con  $a_0$  l'ampiezza iniziale dell'oscillazione (che, nel testo, è detta  $a$ ). Tenendo conto della relazione (5), cerchiamo di esprimere la legge del moto nella forma:

$$x = a_0 \exp\left(\frac{-t}{\tau}\right) \cdot \cos(\omega t) = a(t) \cdot \cos(\omega t). \quad (6)$$

Dalla (5), usando l'espressione di  $\varepsilon_{\max}$  ricavata nella relazione (4), si ottiene:

$$\frac{1}{2} k a_T^2 = \frac{1}{2} k a_0^2 - \left(\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 2\pi v \cdot B L a_0\right)^2 \cdot \frac{T}{R} \quad (7)$$

e da qui, con qualche passaggio algebrico:

$$a_T = a_0 \left(1 - \frac{4\pi^2 v B^2 L^2}{kR}\right)^{\frac{1}{2}}. \quad (8)$$

Confrontando ora la (6) con la (8), si ha:

$$\exp\left(\frac{-T}{\tau}\right) = \left(1 - \frac{4\pi^2 v B^2 L^2}{kR}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

e si può ricavarne  $\tau$ :

$$\tau = \frac{-2}{v \log\left(1 - \frac{B^2 L^2}{vmR}\right)} \cong \frac{2mR}{B^2 L^2} \quad (10)$$

(si sono espressi  $T$  come  $1/v$ ,  $k$  come  $4\pi^2 v^2 m$  e si è poi usata l'approssimazione:  $\log(1-x) \cong -x$ ).

Da qui il tempo di dimezzamento  $t_{1/2}$ :

$$t_{1/2} = \tau \log(2) = 2 \log(2) \cdot \frac{mR}{B^2 L^2} \quad (11)$$

Resta ora da calcolare qualche valore:

$R$ ( $\Omega$ )	1	10	100	1000
$t_{1/2}$ (s)	30,8	308	3080	30800

La tabella mostra chiaramente che, anche con piccoli valori di  $R$ , l'ampiezza dell'oscillazione si attenua in tempi piuttosto lunghi. Del resto, grosso modo, in ogni oscillazione dovrebbe essere dissipato circa 1/1000 dell'energia iniziale se la resistenza è di 1  $\Omega$ , e una frazione proporzionatamente minore al crescere di  $R$ . Ma, tornando a un po' di realismo, è ben difficile immaginare che un effetto così debole possa essere prevalente sulle resistenze e gli attriti meccanici...

**Note** <sup>1</sup> Per es. <http://www.vanel.com/>

<sup>2</sup> Si tratta di calcolare il fattore di merito  $Q$  dell'oscillatore e determinare per quali valori di  $R$  risulta maggiore di 1/2.