OLIMPIADI DI FISICA 2002

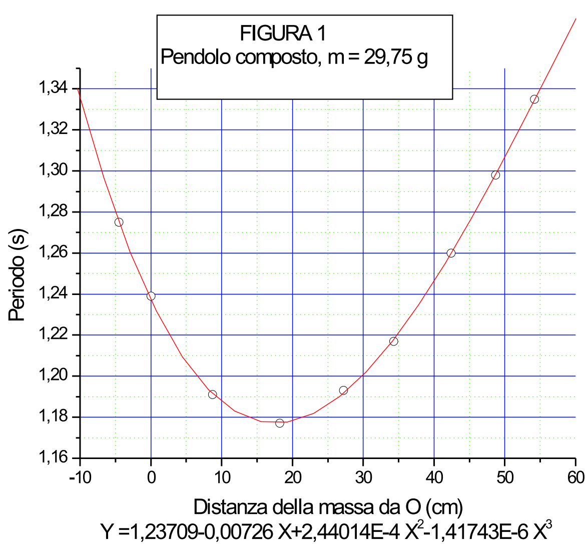
18 Aprile 2002

Gara Nazionale: Prova Sperimentale

APPUNTI DI LAVORO

Quesito n. 1.

Concettualmente il tema proposto è molto semplice. Dal punto di vista delle capacità sperimentali, queste non devono essere sottovalutate, in particolare nella misura del periodo del pendolo composto, con una incertezza molto bassa, pari allo $0,2 - 0,3\%$. Occorre avere anche un buon senso fisico, in particolare per scegliere i punti in cui fissare le masse campione e per non perdere troppo tempo nella raccolta dei dati sperimentali. I ragazzi devono conoscere la teoria degli errori, come rappresentarli in un grafico (vedi figura 1), saper fare interpolazioni. Devono rendersi conto che se fanno fare troppe oscillazioni al pendolo, per diminuire l'incertezza percentuale su ogni valore del periodo, rischiano di far diminuire il suddetto valore, poiché l'ampiezza delle oscillazioni diminuisce nel tempo e l'isocronicità non è rigorosa, al variare dell'ampiezza. Un numero ottimale di oscillazioni è forse un gruppo di 30 consecutive (non ripetute), per risparmiare tempo di esecuzione dell'intero esperimento e per far sì che resti bassa l'incertezza % sul valore dei periodi, dovuta all'errore sistematico della variazione del periodo con la variazione dell'ampiezza. Prendere come riferimento una linea sul pavimento, per far scattare il contasecondi a istanti ben definiti dell'oscillazione del pendolo, è essenziale per diminuire gli errori accidentali di misura.



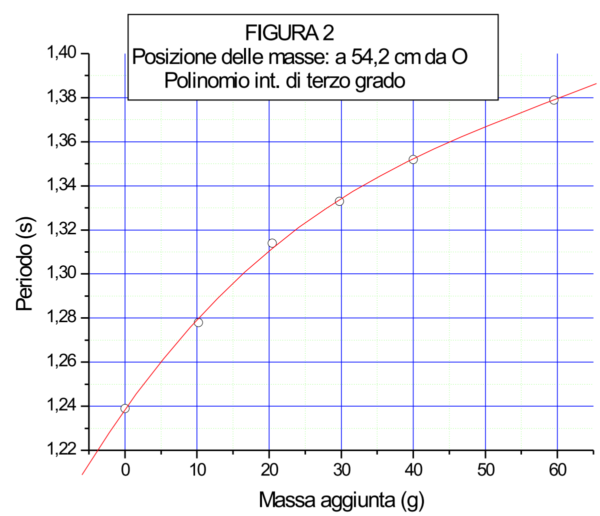


Tabella dei valori delle due figure

ℓ (cm)	T (s)
0	1,239
-4,5	1,275
8,7	1,191
18,2	1,177
27,2	1,193
34,3	1,217
42,4	1,260
48,7	1,298
54,2	1,335

Fig. 1

m (g)	T (s)
0	1,239
10,22	1,278
20,44	1,314
29,75	1,333
39,97	1,352
59,50	1,379

Fig. 2

Quesito n. 2.

L'intersezione con l'asse y del grafico di figura 1 rappresenta il valore del periodo del pendolo quando il dado è a distanza nulla da O, cioè quando è posizionato in O stesso. Ma rappresenta anche il periodo della riga quando essa è scarica, ed anche quando una massa qualsiasi è collocata sull'asse di rotazione (poiché in questo secondo caso l'inerzia è trascurabile - non è nulla poiché non è puntiforme - mentre il momento della forza peso del dado è nullo, rispetto ad O, quindi dal punto di vista dell'equazione del moto è come se non ci fosse alcuna massa aggiunta). Questo è il motivo per cui i ragazzi dovrebbero dire che i due valori sono uguali.

Quesito n. 3.

La curva $T(\ell)$ della figura precedente è a due valori e la sua concavità è rivolta verso l'alto. In base alla teoria del pendolo composto si trova la seguente espressione, che però ben pochi ragazzi possono saper ricavare, a livello delle scuole secondarie superiori:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I_{\rm r} + m\ell^2}{g(M_{\rm r}d + m\ell)}}\,.$$

La distanza ℓ_1 di cui si parla nel testo è compresa nell'intervallo 37 - 41 cm circa (il suo valore teorico sarebbe attorno a $38,3\,\mathrm{cm}$). Per i ragazzi non è possibile determinarla meglio, stante la mancanza di un computer per tracciare la curva migliore che approssima i punti sperimentali (è ben approssimabile con una cubica). Il periodo per le due masse diverse, fissate una alla volta alla distanza ℓ_1 da O, dovrebbe risultare all'incirca uguale (infatti, ℓ_1 è la lunghezza ridotta del pendolo composto). La spiegazione di questo fatto, per chi non conosce la teoria della lunghezza ridotta del pendolo composto, potrebbe essere ricavata dalla seguente semplice considerazione, basata sulla conoscenza del fatto che il periodo di un pendolo semplice non dipende dalla sua massa: se fisso un dado qualsiasi nel punto ℓ_1, allora questo dado, oscillerà assieme alla riga senza accelerarla né frenarla, proprio perché esso si muove all'unisono. Il fatto di essere appeso alla riga serve solo per tenerlo appeso ad O: in altre parole, esso non sollecita la riga né ad andare più in fretta né più adagio, proprio perché ha periodo uguale di oscillazione. E questo si verifica solo per una data distanza da O, pari a ℓ_1. È questo un ragionamento intuitivo, che però può essere difficile da esplicitare, per un ragazzo. Ma ovviamente, anche la risposta formale, data in termini di lunghezza ridotta del pendolo composto, è accettabile. Facciamo notare che le considerazioni relative a questo punto sono essenziali più che per la teoria, per non trovarsi in un grosso pasticcio nella risposta alla domanda (4): infatti, se i ragazzi mettessero i dadi nel punto a distanza ℓ_0, o molto vicino ad esso, troverebbero che il periodo di oscillazione del sistema non dipende dalla massa, quindi per loro sarebbe impossibile servirsi del pendolo composto a disposizione onde determinare la massa incognita!

Quesito n. 4.

Si chiede di utilizzare la riga e le masse note per servirsene come una "bilancia a pendolo" capace di determinare il valore di una massa incognita. In particolare, si chiede di servirsene per determinare la massa di un dado da bullone fornito all'uopo. A questo proposito si potrebbe procedere per due vie: in entrambe ci si deve rendere conto preliminarmente che il periodo del pendolo dipende dalla massa (incognita) fissata alla riga, a meno che le masse non vengano messe a distanza ℓ_1, come detto sopra. Nel primo metodo, la taratura della bilancia risulta più diretta: si possono fissare i dadi di massa nota, uno o al massimo due per volta, in una posizione qualsiasi, ma sempre la stessa per tutti: conviene però fissarli nella posizione più bassa possibile perché l'errore di misura è minore, in quanto i tempi di oscillazione sono maggiori. Dopo aver determinato il grafico di taratura $T(m)$ riportato in figura 2, si potrà fissare nello stesso punto il dado di massa incognita, quindi, misurando il periodo risultante, si potrà procedere all'interpolazione sul grafico per trovare il valore della massa incognita. L'incertezza del risultato, con questo procedimento, risulta attorno al 6/8%. Come anticipato, vi sarebbe un altro metodo, più complesso, per servirsi di questo pendolo come "bilancia": anziché tracciare la curva $T(m)$ con ℓ costante, si dovrebbe tracciare una serie di curve $T(\ell)$ analoghe a quella di figura 1, per diversi valori noti di m. Indi si dovrebbe tracciare la curva $T(\ell)$ relativa alla massa incognita, per poi ricavare il valore di quest'ultima in base alla posizione della relativa curva tra le curve di taratura precedentemente tracciate.

N.B. Le incertezze sui periodi sono dell'ordine dello 0,2%, quindi nella scala dei grafici le barre di errore sono di dimensioni trascurabili. Le incertezze sulle masse sono del centesimo di grammo, mentre quelle sulle lunghezze sono dell'ordine dei 2 mm.

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@libero.it