

# OLIMPIADI DI FISICA 2000

Gara Nazionale: Prova Sperimentale — APPUNTI DI LAVORO

13 Aprile 2000

## PROBLEMA SPERIMENTALE - APPUNTI DI LAVORO

### Quesito n. 1.

#### Metodo A

L'intera scatola può essere appesa al righello rigido, che serve come giogo di una rudimentale bilancia, ad una certa distanza dall'appoggio (costituito dalla matita rotonda o da una squadretta disposta in verticale, tenuti direttamente in mano dall'operatore, oppure appoggiati su un angolo del tavolo, in maniera che sia la scatola sia i dadi - vedi appresso - possano pendere liberamente dal giogo). Dall'altra parte dell'appoggio si può appendere un dato numero  $L$  di dadi, spostandoli finché non viene raggiunto l'equilibrio. Dall'uguaglianza dei due momenti rispetto al fulcro

$$(M_{\text{scatola vuota}} + N m_{\text{un dado}}) a = L m_{\text{un dado}} b$$

si può ricavare il numero incognito di dadi  $N$  che interessa, in quanto  $a$  e  $b$  possono facilmente essere misurati

$$N = L \frac{b}{a} - \frac{M_{\text{scatola vuota}}}{m_{\text{un dado}}}$$

È questa (assieme a quella che segue) la maniera più sicura per escludere altre soluzioni non corrette, relative al numero di dadi che ci sono all'interno. Infatti, tutte le altre maniere esposte in queste note non danno soluzioni univoche, quindi hanno bisogno di controllo.

#### Metodo B

Questo metodo è possibile solo se si sono già determinati i due centri di massa (dell'intero sistema e dei dadi, vedi quesiti 2 e 3). Considerando l'equilibrio descritto nel primo metodo del quesito 3, si può scrivere:

$$m_{\text{dadi}} x = m_{\text{scatola}} y,$$

dove  $x$  è la distanza del centro di massa dei dadi dal centro di massa dell'intero sistema;  $y$  la distanza del centro di massa della scatola (che è il centro  $O$  della scatola) dal centro di massa dell'intero sistema. Dall'uguaglianza di cui sopra, misurando  $x$  e  $y$  e conoscendo la massa della scatola vuota, si può ricavare la massa di tutti i dadi contenuti nella scatola, quindi il corrispondente numero di dadi, poiché si conosce la massa di un dado. In questa maniera di procedere sorprendentemente la scatola stessa fa da bilancia, se appoggiata nel suo centro di massa!

#### Metodo C

Appendendo, ad esempio, due dadi con un filo che risulta tangente all'esterno della scatola disposta in verticale, si può scrivere l'equilibrio alla rotazione rispetto al centro della scatola nella nuova posizione di riposo (infatti il centro di massa dei dadi viene spostato dalla linea  $V$  tanto meno quanto più numerosi sono i dadi interni). In questa maniera si può scrivere la seguente equazione utilizzabile per trovare ad esempio il numero di dadi:

$$M_{\text{totale dadi interni}} x = m_{\text{dadi appesi}} r,$$

dove  $r$  è il raggio della scatola,  $x$  è la distanza del centro di massa dei due gruppi di dadi interni dalla verticale passante per il centro  $O$ , mentre è anche:

$$M_{\text{totale dadi interni}} = N m_{\text{dado esterno}},$$

con  $N$  numero di dadi interni, supposto incognito.

#### Metodo D

È questo un metodo semiquantitativo, però interessante dal punto di vista concettuale. Si fissa con il biadesivo un certo numero di dadi, metà per parte rispetto a  $V$ , sulla circonferenza, dalla parte opposta rispetto a  $O$ , in due posizioni simmetriche rispetto a  $V$ . Se ora si fa rotolare la scatola disposta in verticale, il suo moto deve risultare costante, sempreché il numero di dadi esterni sia effettivamente uguale a quello interno e disposti nelle posizioni simmetriche a quelli interni, in maniera che il loro centro di massa complessivo coincida con il centro  $O$ . Se così non avviene, si deve cambiare la posizione dei dadi esterni. Con questo metodo è ben difficile poter stimare il “grado di costanza” della velocità con cui rotola la scatola. Esso permette tuttavia di determinare, seppure approssimativamente, sia il centro di massa dei dadi esterni, sia la collocazione di questi ultimi sulla circonferenza.

#### **Quesito n. 2.**

##### Metodo A

Si traccia la perpendicolare a  $V$  passante per la posizione del centro di massa dei dadi interni trovata nel primo metodo del quarto quesito, fino ad incontrare la circonferenza in due punti simmetrici rispetto a  $V$ . Da questi due punti, sottraendo la metà del “diametro” dei dadi, lungo due raggi della scatola che passano dai suddetti punti, si trovano le posizioni dei centri di massa dei due gruppi. I risultati possono essere dati come angoli al centro, rispetto a  $V$ , oppure come lunghezze lungo la circonferenza, rispetto all’intersezione di  $V$ , e come spostamento verso l’interno (sul raggio rispettivo) dovuto alle dimensioni non nulle dei dadi.

##### Metodo B

Vedi il metodo D del primo quesito.

#### **Quesito n. 3.**

##### Metodo A

Si può appoggiare la scatola in orizzontale, disponendola sulla matita fissata con biadesivo oppure sullo spigolo dell’assicella di legno, perpendicolarmente all’asse  $V$  di simmetria. Tale asse contiene il centro di massa  $CM$  cercato. Per tentativi spostare la matita finché la scatola resta in equilibrio sulla matita stessa. (Equilibrio molto instabile!) Il punto di appoggio su  $V$  così determinato è il centro di massa dell’intero sistema (dadi + scatola).

##### Metodo B

La scatola può essere sospesa per due o tre punti, utilizzando il filo di nylon, ogni volta tracciando il prolungamento del filo di sospensione utilizzato (verticale). Tali linee si incontreranno nel centro di massa cercato.

##### Metodo C

Si può utilizzare anche la linea perpendicolare alla tavoletta che permette di realizzare un piano molto inclinato (per aumentare la precisione) grazie alla carta vetrata sopra fissata, onde appoggiarvi sopra la scatola senza che questa scivoli verso il basso. Si traccia poi con la squadretta la verticale passante per il punto di contatto della scatola con il piano inclinato (che si determina facilmente tracciando la normale

al piano passante per O): tale verticale contiene il centro di massa della scatola con i dadi, quindi per determinare completamente il centro di massa suddetto basta considerare l'intersezione di tale linea con l'asse di simmetria  $V$ , oppure con una linea ottenuta come nel precedente metodo.

**Quesito n. 4.**Metodo A

Dopo aver determinato l'asse di simmetria  $V$ , con la scatola in orizzontale appoggiata sulla matita disposta nel centro  $O$  perpendicolarmente a  $V$  (oppure appoggiata sullo spigolo della tavoletta in legno), si può disporre sullo stesso asse  $V$  un numero di dadi, uno sull'altro, a varie distanze da  $O$ , dalla parte opposta rispetto alla posizione dei dadi interni, per cercare quella posizione della pila di dadi tale che la scatola risulti in equilibrio (instabile). La posizione dei dadi così determinata su  $V$  è simmetrica alla posizione del centro di massa dei due gruppi di dadi interni. Se è già stato determinato il numero dei dadi - vedi primo metodo del quesito 1 o seguenti - allora l'equazione che esprime questo equilibrio ha solo una incognita, cioè la posizione del centro di massa dei dadi, quindi ammette un'unica soluzione. Se non si conosce il numero di dadi, si può ammettere più soluzioni, che quindi vanno controllate, ad esempio con considerazioni sul centro di massa dell'intero sistema.

Metodo B

Il centro di massa dei dadi può essere determinato anche solo teoricamente, avendo determinato in precedenza il centro di massa dell'intero sistema, il centro di massa della scatola e il rapporto massa della scatola/massa dei dadi. (La massa dei dadi implica la conoscenza del numero di dadi).

Metodo C

Facendo oscillare la scatola liberamente, appoggiata in verticale sul ripiano del tavolo, il suo periodo di oscillazione è legato all'inerzia della scatola ed alle posizioni dei dadi rispetto all'asse di rotazione, mentre il momento applicato è dovuto al momento della forza peso dei dadi rispetto ad  $O$ . Fissando poi sulla circonferenza altri dadi all'esterno, e misurando come questi fanno variare il periodo di oscillazione, si potrebbe scrivere una seconda equazione del moto che almeno concettualmente potrebbe permettere di determinare il numero e la posizione dei dadi interni.



*Materiale prodotto nell'ambito del Progetto Olimpiadi*

	<b>PROGETTO OLIMPIADI</b>
	c/o Dipartimento di Fisica dell'Università
	Via Marzolo, 8 - 35131 Padova
	Tel/Fax: 049.8277.270
	e-mail: <a href="mailto:olifis@no.sctrade.it">olifis@no.sctrade.it</a>
	<a href="http://www.cadnet.marche.it/olifis">http://www.cadnet.marche.it/olifis</a>