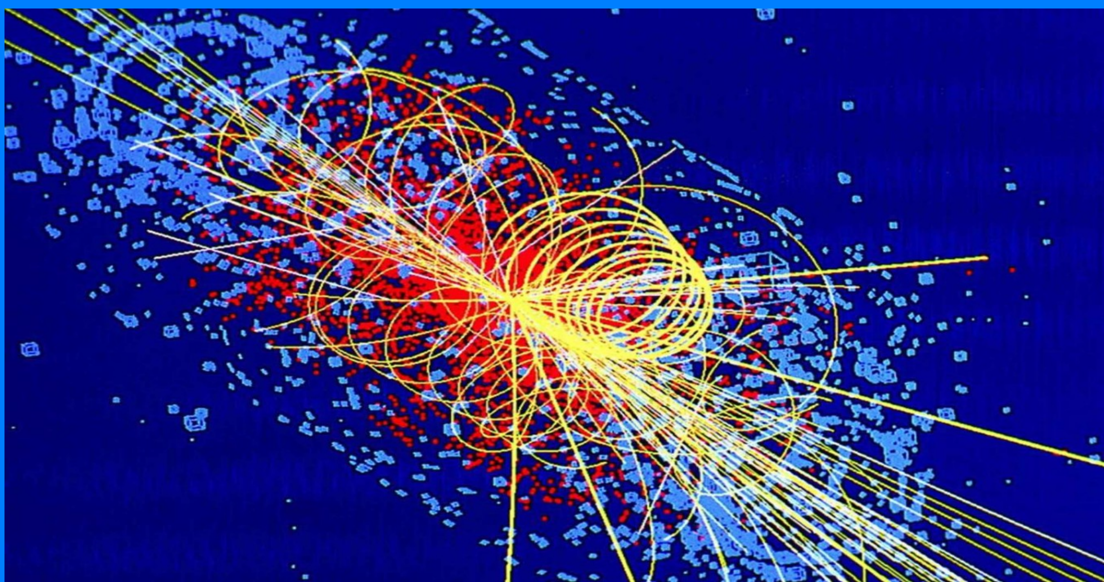
Giochi di Anacleto

ANACLETO in LAB

2007 - *2020*



Materiale prodotto per le prove dei "Giochi di Anacleto"

in copertina simulazione di una collisione fra particelle con produzione di un bosone di Higgs.
(Image: Lucas Taylor/CMS)

Giochi di Anacleto

ANACLETO in LAB

2007 - 2020

I PARTE

SCHEDE DI LAVORO

Materiale prodotto per le prove Anacleto in Lab *dei "Giochi di Anacleto"*

PRESENTAZIONE

Giochi di Anacleto: Primi Passi nella Fisica è un'iniziativa condotta nell'ambito dell'Associazione per l'Insegnamento della Fisica da un gruppo di soci, con l'obiettivo di offrire agli studenti del primo biennio degli istituti di istruzione secondaria di secondo grado attività motivanti e sufficientemente sfidanti per mettere alla prova il loro interesse, le loro conoscenze e la loro comprensione dei fatti e delle leggi delle scienze fisiche.

La prova *Anacleto in Lab,* ha carattere "laboratoriale" e si propone di fare emergere le capacità di gestire semplici strumenti di esplorazione ed indagine sul mondo fisico, di trarre conclusioni fondate sull'evidenza e di raccordarle con le conoscenze teoriche adatte al livello dei giovani partecipanti ai Giochi, e specialmente di quelli la cui intelligenza privilegia l'espressione non verbale.

I testi qui raccolti sono frutto del lavoro collegiale di quei membri del Gruppo "Giochi di Anacleto" che hanno scelto di dedicare il loro impegno alla produzione delle proposte per le prove sperimentali. La preparazione della prova sperimentale richiede di effettuare la scelta del tema e del procedimento sperimentale da suggerire in modo che siano adatti al livello di ragazze e ragazzi al primo approccio con un corso di fisica. L'esperimento scelto deve inoltre prestarsi a produrre un prototipo a basso costo, che non richieda un eccessivo e demotivante impegno di tempo per l'allestimento, tenendo conto che il tempo di preparazione delle prove di laboratorio non è contemplato, in genere, nell'orario di servizio degli insegnanti di discipline scientifiche nelle scuole italiane. Fatto questo, il prototipo va provato ed i risultati ottenuti sono valutati in termini di affidabilità e ripetibilità. Infine, il testo di presentazione della prova va stilato in modo da rispettare sia la correttezza scientifica che le esigenze di comprensione di uno studente alle prime armi col laboratorio di fisica.

Lo studente a cui mirano i Giochi di Anacleto è uno interessato alla fisica quando la riconosce in situazioni che capisce, è uno che opera volentieri se gli si suggeriscono procedure di cui comprende lo scopo ed è motivato a risolvere i problemi dei quali è in grado di cogliere il senso. Abbiamo fatto del nostro meglio per rispettare tutte queste esigenze, con la speranza di esserci, almeno in parte, riusciti.

Nel 2007 i Giochi di Anacleto si erano ormai resi autonomi dalle natie Olifis (allora Olimpiadi Italiane della Fisica), e non era più prevalente l'obiettivo di preparare futuri campioni ad affrontare con successo le competizioni internazionali. Nell'*Anacleto in Lab,* con tutti i limiti connessi con i tempi predefiniti di una prova, si è cercato di offrire dei suggerimenti che, ove possibile, si prestassero ad ulteriori indagini e ad una riflessione critica sui risultati da condurre in classe o in attività di approfondimento. Con ciò si è creduto di poter favorire negli studenti l'abitudine a costruire una spiegazione di quanto osservato contribuendo in tal modo a promuovere un apprendimento della fisica basato sulla comprensione.

Alcuni dei lavori proposti ricalcano attività suggerite da anni, in varie versioni, in progetti mirati ad una efficace didattica della fisica; altri esperimenti sono meno noti o del tutto originali, e ve ne sono alcuni che si presterebbero bene ad un'indagine approfondita, con più avanzati mezzi strumentali e di elaborazione. In questa riedizione ho cercato di suggerire, dove possibile, una bibliografia minima per il lettore curioso.

Nel periodo dal 2007 al 2020 diverse persone hanno contribuito alla preparazione dei materiali di questa raccolta. In genere la scelta dell'esperimento era effettuata in base alla proposta avanzata da un membro del gruppo il quale si faceva carico anche di produrre un prototipo dell'esperimento. Successivamente venivano effettuate delle prove da altri membri del gruppo ed i risultati discussi così da giungere ad una versione condivisa, alla base dei testi definitivi.

Seguendo le indicazioni del Sistema Internazionale si è deciso di abbandonare la abituale notazione scientifica del punto decimale, ormai approvata solamente per i testi in lingua inglese. È stato fatto anche con la convinzione che un uso consapevole dei programmi di calcolo sia bagaglio ineludibile dello studente e poiché tali programmi, nelle versioni standard in EU, accettano la scrittura dei numeri con la virgola decimale. Fra le righe dei testi che seguono potrebbero essere rimasti degli ibridi e di ciò si chiede scusa a chi legge.

Grazie a quanti ci hanno incoraggiati a rendere pubblica questa raccolta che per ora viene messa a disposizione online, sul sito dei *Giochi di Anacleto* (alla pagina "*materiali*") e nel blog "*amemipiacefisica*" alla voce Giochi di Anacleto.

il 28 Febbraio 2023

GLI AUTORI

Hanno collaborato alla proposta ed alla messa a punto di questi materiali

Luisa Bragalenti (dal 2007 fino al 2010) e *Ennio Poletti* (dal 2007 fino al 2014)
e, per tutto il periodo
Nicoletta Capitanio, Giuliana Cavaggioni, Chiara Magoga, Renato Sampaolo

I testi sono di *Giuliana Cavaggioni.*

SULL'UTILIZZO DI QUESTI MATERIALI

Gli autori di questi testi hanno tutti lunga esperienza come docenti di ruolo in istituti di istruzione secondaria di secondo grado, con tesi di laurea specialistica in fisica (e un astronomo); lo hanno fatto gratuitamente, a titolo di servizio civile come contributo all'educazione scientifica nelle nostre scuole. Essi mettono pertanto questi materiali liberamente a disposizione degli insegnanti di fisica, soprattutto quelli che, partecipando ai Giochi, ne condividono l'orientamento, e di quelli studenti che stanno facendo i primi passi nello studio della fisica e provano interesse e curiosità per i fatti del mondo fisico. Per l'utilizzo a scopi commerciali, in pubblicazioni o corsi a pagamento, e per l'inserimento in siti internet di questi materiali sarà apprezzata la richiesta di consenso all'editor. In ogni caso di riproduzione e diffusione, anche parziale, su carta o sul web si invita a ricordarsi di citare la fonte [**Giochi di Anacleto** del (**anno**)] e l'**indirizzo internet** a cui si può reperire il materiale originale che riporta doverosamente il nome degli autori].

SULLA SICUREZZA

Gli esperimenti proposti sono stati provati più volte e realizzati in centinaia di scuole: ciò non toglie che siano da trattare con **le dovute attenzioni relative alla sicurezza** come previsto dalla normativa e dal regolamento dell'istituto scolastico sull'uso del laboratorio di fisica. Chi conduce l'esperimento, ovunque voglia farlo, dovrà essere a conoscenza delle fondamentali regole di sicurezza e di corretto comportamento in attività di laboratorio e rispettare il regolamento previsto dagli istituti scolastici. In particolare, gli studenti che desiderano realizzare un esperimento fuori dall'ambito scolastico ne discutano col loro insegnante gli eventuali problemi di sicurezza e operino previa autorizzazione da parte dell'insegnante o di persona con equivalente competenza ed esperienza.

Edizione del 2023 a cura di Giuliana Cavaggioni, responsabile di progetto dei Giochi di Anacleto dal 1993 al 2020.
GCavaggioni@physics.org

UN TRIANGOLO CHE BATTE IL SECONDO[1]

Problema proposto per la gara del 8 Maggio 2007

Presentazione

Vi è mai capitato di far oscillare una squadra da disegno infilandola su un dito? E forse, se siete curiosi di come funzionano le cose del mondo fisico, vi siete chiesti se oscilla sempre allo stesso modo quando si cambi la posizione del dito e da cosa dipendano le caratteristiche di questo strano "pendolo".

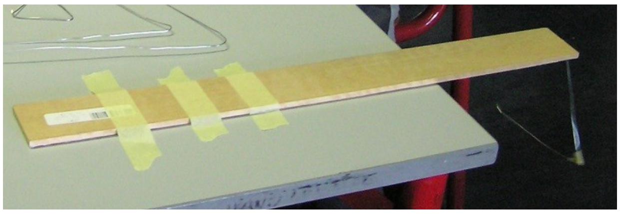
L'esperimento che viene proposto propone di studiare le oscillazioni dell'oggetto che si ottiene semplificando molto la squadra, riducendola ad un triangolo di sottile filo di ferro con lati uguali e facendolo dondolare, appoggiato ad uno spillo, nel piano del triangolo.

Si osserverà che, in queste condizioni, il periodo dell'oscillazione dipende dalla lunghezza del lato del triangolo e si determinerà la relazione fra periodo e lunghezza del lato. Fatto questo sarà possibile costruire un "triangolo che batte il secondo".

Controlla il materiale che hai a disposizione:

- un rotolino di filo di ferro;
- un nastro metrico o una riga millimetrata;
- una stecca di legno con uno spillo fissato ad un'estremità;
- un paio di forbici robuste per tagliare il filo di ferro;
- nastro adesivo;
- cronometro;
- fogli di carta millimetrata;
- matita e penna, calcolatrice tascabile;
- un foglio protocollo per la relazione;
- carta per prendere appunti.

Progetto



Col filo di ferro costruirai diversi triangoli equilateri il cui lato, *a,* avrà lunghezza compresa fra 70 cm e 10 cm. Per fare oscillare i triangoli bisognerà prima fissare la stecca di legno al piano del banco con il na-

1 Da una proposta del dr. Willie Yong di Singapore.

stro adesivo facendo sporgere di una decina di centimetri l'estremità con lo spillo. Il profilo triangolare sarò fatto oscillare appoggiandolo allo spillo in uno dei suoi vertici; dovrà oscillare in maniera tale che l'asse di oscillazione sia perpendicolare al piano del triangolo. Si prenderanno opportune misure per determinare la relazione cercata fra periodo di oscillazione T e lunghezza *a* del lato del triangolo.

Realizza il progetto ed elabora opportunamente i dati in modo da poter rispondere alle seguenti domande conclusive

D1) Qual è, fra le seguenti, la relazione che meglio esprime l'andamento del periodo di oscillazione T al variare del lato del triangolo, a? Ti sarà di aiuto sapere che la relazione attesa è una delle seguenti:

$$1)\ T=K_1 a; \quad 2)\ T=K_2\sqrt{a}; \quad 3)\ T=\frac{K_3}{a}; \quad 4)\ T=K_4 a^2.$$

D2) In base alle misure che hai preso ed alla relazione che hai scelto determina il valore della costante K e stima la sua incertezza.

D3) Sempre in base alle tue misure determina a_s, la lunghezza del lato del triangolo equilatero di filo di ferro che, oscillando, batte il secondo. Stima l'incertezza del tuo valore di a_s.

D4) Costruisci un triangolo che oscilli con un periodo di 1 s e provalo: quale valore misuri per il periodo? Il valore che hai misurato rientra nell'ordine dell'incertezza che avevi previsto?

LA BILANCIA ROTANTE

Problema proposto per la gara del 6 Maggio 2008

Presentazione

Chi non ha mai provato a far volteggiare un oggetto attaccato ad una corda, una cinghia, una catenella? Quando la rotazione è sufficientemente veloce la corda si tende e l'oggetto si innalza sfidando la gravità.

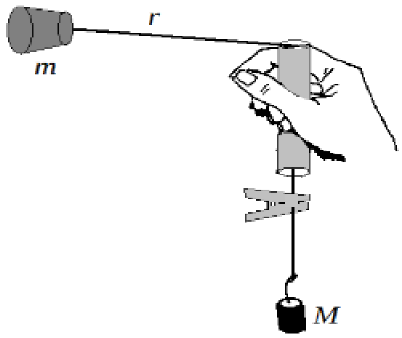
Chi regge la corda sente la forza della tensione, $\vec{T}$, che egli deve equilibrare con la trazione del polso, e può osservare che tale forza aumenta aumentando l'intensità della velocità di rotazione, v. Anche mantenendo velocità moderate però, se l'oggetto ha massa m considerevole, la trazione esercitata dal polso può diventare molto intensa. Inoltre, anche la lunghezza r del tratto teso della corda, quello che regge la massa rotante, influisce sulla tensione della corda e sulla velocità necessaria perché la massa si sollevi e si mantenga stabilmente in rotazione. Si tratta dunque di un fenomeno in cui sono in gioco diverse variabili,

T, m, v, r . Per studiarlo bisognerà lasciare che possano variare due soltanto e mantenere le altre costanti.

In questo esperimento, manterrai controllate la massa rotante m e la lunghezza della corda r , e cercherai di determinare in che relazione stanno fra loro la tensione e la intensità della velocità di rotazione.

PER LA SICUREZZA *L'esplorazione incontrollata del fenomeno descritto può risultare molto pericolosa. Una massa considerevole, se sfugge di mano quando si trova in rotazione veloce diventa un micidiale proiettile. Nelle prove sportive di lancio del martello il lanciatore è circondato da robuste ed alte reti di protezione. Si sconsiglia vivamente di effettuare prove libere suggerendo piuttosto, per l'esplorazione e lo studio, la messa a punto del dispositivo descritto nel seguito.*

Progetto



Anni or sono, per studiare la dinamica del moto rotatorio, era in voga questo semplicissimo dispositivo: uno spago viene fatto passare attraverso un tubetto di plastica rigida e, alle sue due estremità si attaccano, rispettivamente, un tappo, con massa m, ed un oggetto di massa M, più pesante del tappo. Con un po' di destrezza si riuscirà a mettere in rotazione, a velocità costante, il tratto di spago con il tappo senza che questo cada per effetto del suo peso. Una molletta fissata appena sotto al tubetto di plastica consente di controllare che rimanga invariata la lunghezza r del tratto di filo che rimane teso sostenendo il tappo.

Poiché il dispositivo permette di controllare, mantenendole costanti, sia la lunghezza r che la massa dell'oggetto rotante m, potrai studiare la relazione fra la massa M che fornisce la tensione e la velocità raggiunta nella rotazione, e quindi il periodo della rotazione τ. Alla fine sarai in grado di usare il dispositivo come una bizzarra bilancia e di ottenere con esso una misura della massa sconosciuta del sacchetto con la X che si trova sul tuo banco di lavoro.

Controlla il materiale che hai a disposizione:

- un tubetto di plastica;
- un nastro metrico o una riga millimetrata;
- un oggetto da fare ruotare, di massa circa 10 g (per esempio un tappo di gomma);
- vari di bicchierini di plastica che conterranno la massa M per tendere il filo, alcuni fermagli e fermapacchi;
- materiale sfuso per appesantire il bicchiere (sabbia, pallini, piccoli dadi o simili);
- cronometro (anche quello del tuo telefono);
- un metro di robusto filo di cotone ritorto;
- un pacchettino chiuso di massa incognita, contrassegnato con X;
- 2 fogli protocollo per la relazione

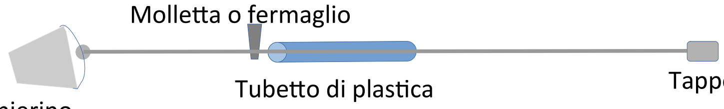
- 2 fogli di carta millimetrata;
- nastro adesivo robusto.

Hai inoltre accesso ad una bilancia per pesare il materiale sfuso. Potrai mettere le parti che hai pesato nei bicchierini di plastica.

Allestimento e misure

Fa passare il filo attraverso il tubetto. Un'estremità del filo dovrà essere saldamente fissata al tappo (ti può essere utile del robusto nastro adesivo). All'altra estremità collega il bicchierino di plastica.
Prepara almeno sei contenitori contenenti materiale sfuso, a partire da 20 g fino ad un massimo non superiore a 80 g.

SUGGERIMENTO: *nella pesata ricordati che alla massa del materiale sfuso va aggiunta anche quella del bicchierino di plastica che lo contiene. Se i contenitori sono tutti identici a quello collegato al dispositivo basterà pesare ogni volta il contenitore con dentro il materiale. È conveniente che le masse differiscano fra loro di quantità uguali, per esempio 10 g.*



Inserisci nel bicchierino del tuo dispositivo rotante una massa di 20 grammi di sabbia o altro materiale sfuso. A questo punto puoi far roteare il tappo: fai attenzione a mantenere la velocità praticamente costante. Controlla che durante la rotazione il tratto di spago che esce dal tubo di plastica e ruota, col tappo alla sua estremità, mantenga lunghezza costante r e che stia in un piano pressoché orizzontale. Usa il cronometro per determinare il tempo τ che il tappo impiega per fare un giro.

SUGGERIMENTO: *ti sarà utile individuare un punto fisso di riferimento sul quale controllare i passaggi del tappo mentre gira. Sarà bene misurare il tempo di un certo numero n di giri (almeno 10) e dividere quanto misurato per n. Per ottenere migliori risultati ripeti tutte queste operazioni alcune volte, almeno 5: per l'elaborazione conclusiva prenderai il valore medio delle 5 misure trovate.*

Ripeti queste operazioni con almeno sei valori diversi di massa M. Riporta le coppie di valori trovati, (M e τ) in tabelle e in un grafico sulla carta millimetrata.

SUGGERIMENTO: *si suggerisce che la relazione fra la massa M che tiene teso il filo e il periodo di rotazione del tappo a regime sia:* $M = K(1/\tau^2)$.

Nel grafico riporta le misure delle masse M sull'asse delle ordinate e le misure di $1/\tau^2$ sull'asse delle ascisse. Traccia la linea retta che meglio approssima i punti del grafico e calcolane la pendenza

Stima l'incertezza di questo valore della pendenza.

Applicazione

Ora puoi usare il tuo dispositivo come bilancia. Sostituisci al bicchierino con il materiale sfuso il pacchetto contrassegnato con X e usa quanto hai trovato per stabilirne la massa.

Nella relazione descrivi come hai fatto. Spiega come potresti stimare l'incertezza di questa misura.

Alla ricerca delle misure migliori:
studenti del Liceo scientifico "G. Galilei" di Trieste.

La foto è una cortesia della prof. Anna Rambelli .

LA LENTE DI INGRANDIMENTO

Problema proposto per la gara del 6 maggio 2009

Presentazione

Per vedere piccoli oggetti o leggere scritti con caratteri minuscoli usiamo la "lente di ingrandimento". In tal modo possiamo distinguere meglio i dettagli. Dovremmo però sapere come fare per risalire alle misure reali di ciò che vediamo ingrandito.

Per far questo è necessario conoscere l'ingrandimento lineare della lente, cioè di quante volte una certa lunghezza, riferita all'oggetto che ci interessa, è stata ingrandita nell'immagine che vediamo mediante la lente. In questo esperimento effettuerai opportune misure per determinare l'ingrandimento lineare di una lente convergente e poi userai la lente per misurare il passo di una piccola vite.

È UTILE SAPERE CHE: l'ingrandimento lineare di un oggetto dato da una lente sottile viene indicato con i ed è espresso dal rapporto fra le dimensioni dell'immagine e quelle corrispondenti dell'oggetto. Possiamo mettere in relazione l'ingrandimento con la distanza dalla lente dell'oggetto osservato, p, e con la distanza dalla lente dell'immagine prodotta, q.

Vale infatti la seguente relazione: $$i=\frac{\textit{dimensioni immagine}}{\textit{dimensioni oggetto}}=\frac{q}{p}$$

Tutte le misure delle grandezze sono qui intese in valore assoluto.

È piuttosto facile misurare la distanza p mentre, per conoscere la distanza dell'immagine dalla lente si ricorrerà alla legge di Snell per le lenti sottili.

La legge di Snell, la cui formulazione viene riportata qui sotto, mette in relazione le grandezze p e q con una caratteristica costruttiva della lente, la sua distanza focale, f.

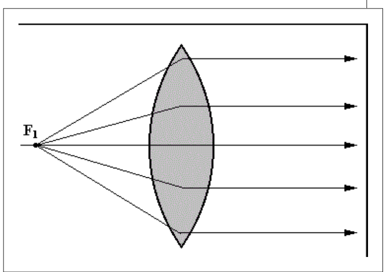
$$\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=\frac{1}{f}.$$

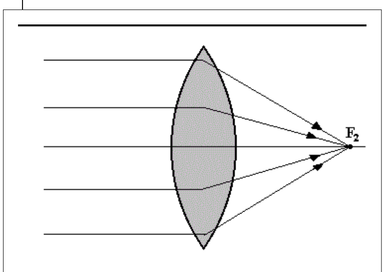
Esplicitando la formulazione della legge di Snell rispetto a q l'ingrandimento si può esprimere nella forma

$$i=\frac{q}{p}=\frac{f}{p-f}.$$

Si può osservare che quanto più l'oggetto si avvicina al fuoco principale della lente, F_1, con $p > f$, tanto più piccola è la differenza $p - f$ e quindi tanto maggiore l'ingrandimento.

È UTILE SAPERE CHE: fuoco principale della lente, F_1, è un punto tale che se vi si pone un piccolo oggetto luminoso (da considerarsi puntiforme) i raggi luminosi che dall'oggetto raggiungono ed attraversano la lente vengono rifratti in modo da risultare fra loro paralleli quando emergono dalla lente. Si dice allora che l'immagine dell'oggetto si forma all'infinito. La distanza fra F_1 e il piano che seziona la lente in due calotte sferiche viene indicata con f_1.





Esiste anche un altro fuoco che è punto tale che, se un oggetto viene posto ad una distanza abbastanza grande dalla lente, tanto che i raggi luminosi provenienti dall'oggetto raggiungono la lente "quasi" paralleli fra loro, allora i raggi rifratti dal passaggio attraverso la lente convergono in un punto F_2 che si chiama fuoco secondario. La distanza fra F_2 e il piano che seziona la lente in due calotte sferiche viene indicata con f_2. Se la lente è simmetrica allora $f_1 = f_2$.

Controlla il materiale che hai a disposizione

- lente convergente, sottile e simmetrica, di distanza focale ignota;
- pasta modellabile, pongo;
- nastri millimetrati di carta;

- dadi del tipo Lego;
- lampadina da torcia con portalampada;
- nastro adesivo;
- cavetti elettrici, coccodrilli e pila;
- carta millimetrata;
- schermo chiaro su telaio;
- vite senza fine di cui determinare il passo;
- lampada a torcia con fascio di luce intenso.

Progetto

Si userà la lampadina da torcia che costituisce una sorgente luminosa piuttosto piccola rispetto al diametro della lente così da potersi considerare puntiforme: servirà per determinare le due distanze focali. Poiché in questo esperimento si usa una lente convergente, sottile e simmetrica, la distanza focale comune f si ricaverà dalla semisomma delle misure per le due distanze focali

$$f = \frac{f_1 + f_2}{2}.$$

Successivamente si otterrà l'immagine della vite disponendola ad una distanza p dalla lente e si porrà uno schermo al di là dalla lente in posizione tale da visualizzare su di esso l'immagine nitida ed ingrandita della vite. Sarà dunque possibile misurare nell'immagine il passo della vite, x'. Si avranno allora tutti i dati necessari per misurare l'ingrandimento della lente e da esso risalire al passo reale della vite, x.

Allestimento e misure

Determinazione della distanza focale della lente.

Prepara un circuito con la pila i cavetti e la lampadina da torcia avvitata nel portalampade. Assicurati che la lampadina si accenda e poi interrompi il circuito per non consumare inutilmente l'energia della pila.

Fissa sul banco di lavoro il nastro millimetrato per una lunghezza di 2m e poni la lente in una posizione circa a metà del nastro con il suo piano perpendicolare al nastro. Usa i mattoncini Lego per supporto e la pasta per modellare per mantenere ferma la lente.

Metti la lampadina accesa ad una delle estremità del nastro. Usa lo schermo per trovare la posizione dell'immagine della lampadina. Annota sul nastro le posizioni della lente, L, della lampadina, P_1, e della sua immagine, Q_1. Ripeti più volte le misure precedenti avvicinando ogni volta di circa 10 cm la lampadina alla lente. Sul nastro alla fine saranno annotate diverse posizioni della lampadina (P_1, P_2, P_3….) e le corrispondenti immagini (Q_1, Q_2, Q_3….).

Quando l'immagine risulta tanto lontana che non si può più stabilirne la posizione annota sul nastro la posizione della lampadina per cui si realizza questa condizione indicandola con F_1 e misura la distanza f_1 del punto F_1 dalla lente. F_1 è il primo fuoco della lente e f_1 la corrispondente distanza focale.

Ora tieni la lampadina a circa due metri di distanza dalla lente e aggiustane la posizione finché sullo schermo si forma un'immagine puntiforme. Segna il punto F_2 sul nastro in corrispondenza del punto dove si forma questa immagine: annota la distanza f_2 di F_2 dalla lente. F_2 è il secondo fuoco della lente e f_2 la corrispondente distanza focale.

Misure sull'immagine ingrandita

Sostituisci il nastro millimetrato. Usa i dadi di supporto e il pongo per fissare la vite a ponte fra due colonnine di dadi. Disponi vite, lente e schermo allineati lungo il nastro. Lo schermo va posto a circa 70 cm dalla vite e la lente in posizione intermedia.

Illumina la vite con la lampada a torcia e sposta la lente in posizione tale che sullo schermo si veda a fuoco l'immagine della vite.

Quando l'immagine è chiara misura sullo schermo la lunghezza del tratto di vite che corrisponde a 5 giri completi 5 x'. Prendi nota di questo valore. Annota sul nastro per questa prima configurazione la posizione della lente, L_1, dello schermo, S_1, e della vite, V_1. Prendi nota della distanza della vite dalla lente, p_1.

Ripeti le misure precedenti modificando la distanza fra vite e schermo di 5 – 8 cm ogni volta.

Con i valori misurati precedentemente determina gli ingrandimenti trasversali i_1 , i_2 , …. dati dalla lente per i diversi valori di p.

Calcola per ciascuna delle misure il passo x della vite. Determina il valore più probabile del passo della vite.

UNA BILANCIA MOLTO SENSIBILE

Problema proposto per la gara del 6 maggio 2010

Presentazione

Pesare un granello di sabbia o un bruscolino di carta senza disporre di una bilancia speciale? È possibile, con una cannuccia, un nastro millimetrato, pochi altri oggetti di uso comune, e una certa abilità sperimentale.

Con i seguenti oggetti che hai a disposizione costruirai una bilancia adatta allo scopo e la userai per trovare lo spessore del sottile foglio di alluminio che si usa in cucina per conservare e cuocere i cibi.

Controlla il materiale che hai a disposizione

- alcune cannucce da bibita private della parte pieghevole;
- un paio di forbici;
- un foglio di carta quadrettata;

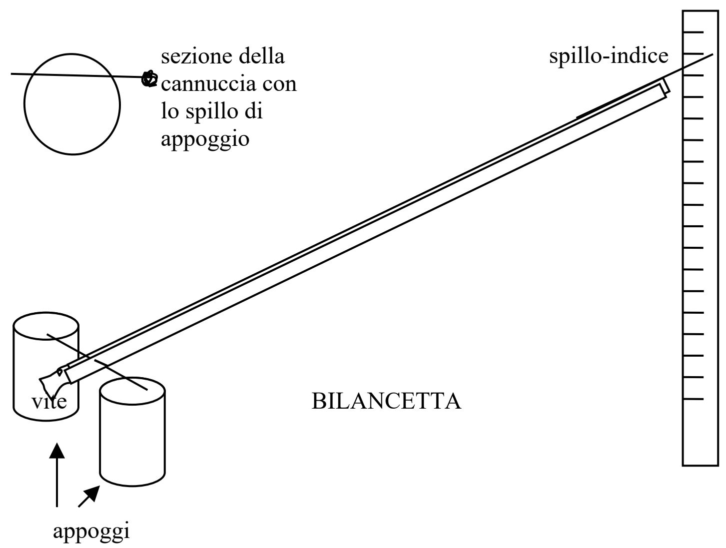
- una stecca di legno con incollato un nastro millimetrato;
- una vite che si adatti perfettamente ad essere inserita nella cannuccia (oppure un grosso fermaglio);
- due bicchierini (o altro dispositivo) per l'appoggio della bilancia;
- qualche foglio di carta millimetrata;
- un righello millimetrato;
- alcuni spilli da sarto;
- un supporto per sostenere la stecca di legno in posizione verticale;
- un contenitore per le piccole masse che userai;
- carta per prendere appunti e un foglio protocollo per scrivere il tuo rapporto sull'attività;
- nastro adesivo;
- pennarello a punta fine;
- un pezzo di foglio di alluminio.

Hai anche accesso ad un pacco di fogli di carta di cui ti viene dato il numero e la massa complessiva; puoi consultare una tabella con l'indicazione della densità di metalli fra i quali l'alluminio.

Allestimento e misure

Costruzione della bilancia

Per costruire la bilancia userai la cannuccia, opportunamente appesantita con la vite, che farai oscillare attorno ad uno spillo, come si vede nella seguente figura.



Infila la vite ad un'estremità della cannuccia.

Attenzione, dovrai poterla spostare dentro e fuori dalla cannuccia ma non deve scorrere involontariamente quando maneggi la "bilancia". Fungerà da indice uno degli spilli fissato all'altro estremo della cannuccia, in linea con essa.

Sostieni in equilibrio la cannuccia in modo da stimare la posizione del suo centro di massa. Segna sulla cannuccia la posizione del centro di massa con il pennarello. Infila un altro spillo, perpendicolarmente alla cannuccia all'altezza del centro di massa; lo spillo deve essere infisso sopra all'asse della cannuccia. Disponi le due estremità di questo spillo trasversale sui bordi dei due bicchierini usati come appoggi. La cannuccia dovrebbe disporsi in una posizione di equilibrio inclinata sul piano orizzontale; se ciò non avviene puoi ottenerlo spostando un po' la vite.

Taratura della bilancia.

Assicurati che la stecca millimetrata sia stabile e in posizione verticale.

Segna sulla stecca la posizione della punta dello spillo che ti serve come indice, lo farai avvicinando ad essa quanto più possibile la stecca millimetrata. Questa posizione definisce lo zero della tua bilancia.

> SUGGERIMENTO: *prendi le misure cercando di evitare errori di parallasse. Una volta trovata la posizione della vite che ti va bene non bisogna assolutamente spostarla più. Tratta la bilancetta con la massima cura. Lo zero della bilancia non deve cambiare significativamente durante la prova.*

All'equilibrio l'angolo di inclinazione della bilancetta dipende dalla distribuzione delle masse lungo la cannuccia. Osserva che, se appoggi allo spillo-indice un piccolo pezzetto di carta opportunamente ripiegato ripiegato, la cannuccia si dispone in una nuova posizione di equilibrio.

Per poter effettuare misure con la bilancetta occorre tararla, ossia leggere sul righello e registrare le posizioni assunte dalla punta del suo indice in corrispondenza di masse conosciute. Per farlo prenderai le misure delle nuove altezze della punta dell'indice appoggiando sullo spillo pezzetti di area nota della carta quadrettata. Cominciando da un pezzetto di area 1 cm^2 procederai via via con nuove masse aggiungendo ogni volta alla precedente 1 cm^2 di carta. Pesa almeno cinque masse diverse disponendole ogni volta nello stesso punto dello spillo-indice. Se lo riterrai necessario, alla fine del lavoro potrai affinare le tue informazioni usando anche pezzi di carta più piccoli di 1 cm^2. Prendi le misure con la massima accuratezza possibile.

Calcola la massa di 1 cm^2 della carta del pacco in dotazione: annota il calcolo fatto ed il risultato ottenuto. Calcolerai le masse dei pezzetti di carta tenendo conto delle informazioni che possiedi sulla massa del pacco di fogli quadrettati pesato all'inizio della prova e sul loro numero e le loro dimensioni.

Riporta in tabella le misure che hai preso delle altezze dell'indice, sia per la bilancia scarica che quando viene via via caricata con i quadratini di carta; annota la stima della loro incertezza, il corrispondente numero di unità di massa campione e la massa dei pezzetti di carta che hai messo ogni volta sull'ago.

Per tracciare la curva di taratura della bilancia, riporta in un grafico sulla carta millimetrata i valori dello scostamento dallo zero della punta dell'indice in funzione della massa dei pezzetti di carta che hai via via caricato sulla cannuccia. Traccia la linea che meglio approssima i punti del grafico.

> SUGGERIMENTO: *non unire i punti del grafico con una spezzata e ricorda che non è detto che la linea che approssima meglio i punti debba essere una linea retta.*

Applicazione

Userai la bilancetta per pesare quadratini di lato a di foglio di alluminio e, una volta nota la loro massa m, potrai trovare lo spessore x del foglio di alluminio che hai usato.

> SUGGERIMENTO: *conosci la densità d dell'alluminio: la densità è definita dal rapporto*
>
> $$d=\frac{m}{V}$$
>
> *dove V è il volume del quadratino che hai pesato.*
>
> *Potrai dunque con la bilancetta misurare la massa m e ricavare il valore del volume V di ciascun quadratino. Successivamente, conoscendo l'area della superficie a, troverai il suo spessore, x :*
>
> $$d=\frac{m}{V}=\frac{m}{a^2 x} \quad \text{da cui} \quad x=\frac{m}{a^2 d} \ .$$

Come procedere

Ritaglia dei quadratini di alluminio con lato noto (a_1, a_2, a_3, …) e prova a caricarne la bilancia. Scegline due o tre che pensi vadano bene in base alle misure che hai preso per la taratura.

Annotane l'area della superficie. Determina l'altezza a cui si dispone all'equilibrio la punta dell'indice quando la bilancetta è caricata con i foglietti di alluminio che hai scelto.

Riporta in tabella le posizioni dell'indice e l'area corrispondente della superficie dei foglietti di alluminio.

Ora puoi determinare la massa dei pezzi di alluminio che hai pesato. Usa per farlo il grafico di taratura.

> SUGGERIMENTO: *se lo giudichi necessario puoi aggiungere dati alla curva di taratura usando nuove masse campione.*

Descrivi il procedimento che hai seguito per determinare la massa dei foglietti di alluminio.

Stima l'incertezza per i valori delle masse dei quadratini di alluminio.

In base alle misure fatte determina lo spessore x del foglio di alluminio.

Stima l'incertezza del valore che trovi per lo spessore del foglio di alluminio.

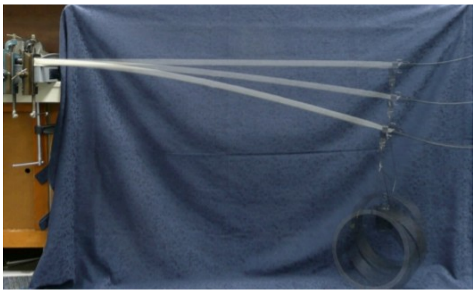
ELASTICITÀ DI UNA STECCA

Problema proposto per la gara del 6 maggio 2011

Presentazione

Hai osservato che chi si tuffa dal trampolino, prima di lanciarsi in acqua fa qualche saltello e nel saltare abilmente si solleva sempre più in alto? Il tuffatore sa per esperienza come sfruttare l'elasticità di quella tavola fissata ad un estremo e proiettata in fuori, sopra all'acqua. L'asse si flette e, quando viene spinta in giù dal tuffatore che ricade dal salto, reagisce elasticamente e spinge in su il tuffatore favorendo il suo prossimo saltello. L'entità della flessione, oltre che dal particolare tipo di asse, dipende sia dalla forza esercitata dal tuffatore che dalla lunghezza della parte libera del trampolino. Si osserva che, a parità di tutte le altre condizioni, quando la parte libera è più lunga la deflessione risulta maggiore.

In questo esperimento studierai alcune proprietà elastiche di un modello assai semplificato di trampolino, una stecca fissata ad un suo estremo al bordo di un tavolo.



Una stecca fotografata in tre situazioni: la prima senza alcun carico; la seconda con un carico di 83 N all'estremo libero; la terza con un carico di 163 N.

Progetto

Scelta la stecca da studiare si fisserà saldamente ad un tavolo così che vi sporga a sbalzo e permanga in posizione orizzontale. Da quanto descritto nella presentazione si può riconoscere che, a questo livello semplice di osservazione del fenomeno, sono tre le variabili che interessano: la forza peso $\vec{P}$ applicata all'estremità della stecca, la lunghezza L della parte della stecca che sporge a sbalzo, l'entità d dell'abbassamento dell'estremo che rappresenta la flessione della stecca.

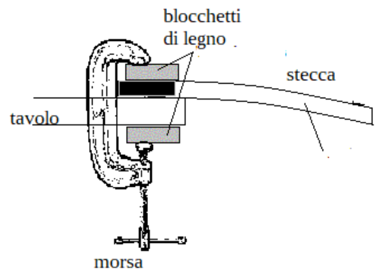
Per meglio definirle si dirà che $\vec{P}$ è una forza con direzione verticale diretta verso il basso: sarà fornita dal peso di masse opportune; si provvederà inoltre a misurare la parte libera della stecca L quando la stecca è scarica e in posizione orizzontale. L'entità d della flessione sarà definita dalla distanza fra l'altezza dal pavimento del bordo anteriore della stecca flessa e la medesima altezza quando la stecca è scarica in posizione orizzontale.

Si effettueranno due serie di misure della flessione d: la prima mantenendo fissa la lunghezza L e facendo variare il carico $\vec{P}$; la seconda mantenendo fisso il carico $\vec{P}$ e facendo variare la lunghezza L. Lo scopo dell'esperimento è di indagare la relazione fra queste tre variabili nel fenomeno descritto.

Controlla il materiale che hai a disposizione

- un bastone con una base per mantenerlo in posizione verticale;
- contenitore per i dadi da sospendere alla stecca. La massa del contenitore, *M*, viene data;
- un metro di carta;
- spago sottile (opzionale);
- forbici;
- calcolatrice;
- una stecca di legno o di plastica;
- uno stecchino o uno spillo;
- due fogli di carta millimetrata;
- una morsa e due blocchetti di legno di protezione;
- carta e penna per prendere appunti e un foglio protocollo per scrivere le risposte;
- dadi d'acciaio uguali di massa data, *m*;
- righello e matita per tracciare i grafici;
- nastro adesivo trasparente.

Allestimento e misure



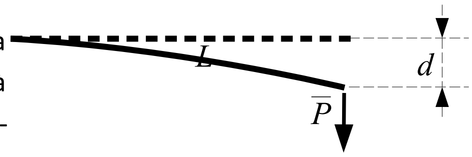
Fissa il metro di carta lungo il bastone usando il nastro adesivo. Infiggi il bastone nella base e assicurati che si trovi (e rimanga) in posizione verticale. Blocca la stecca posizionando la morsa al bordo del tavolo; proteggi la stecca e il tavolo facendo in modo che le ganasce della morsa siano a contatto con i blocchetti di legno. Fai in modo che dal bordo del tavolo sporgano non meno di 40 cm se la stecca è di plastica e 50 cm se è di legno. Annota il valore di L, la lunghezza del tratto della stecca che sporge dal tavolo. Nella figura precedente si mostra come fissare la stecca al tavolo con una morsa.

Disponi il bastone con il nastro millimetrato in maniera da poter individuare la posizione dell'estremità libera della stecca quando è priva di carico e in posizione orizzontale. Segna questa posizione: sarà il tuo riferimento a carico zero. D'ora in poi non dovrai spostare più il bastone con il nastro millimetrato.

Fissa all'estremità della stecca il contenitore assicurandoti che non scivoli, usa, se necessario, il nastro adesivo.

PER LA SICUREZZA: *Attenzione, non caricare troppo la stecca con cui lavori, potrebbe spezzarsi e colpirti. Per ottenere la deformazione usa solamente le masse che ti sono fornite e non flettere la stecca con le mani o in altri modi. Tieni la testa scostata dalla stecca durante le misure.*

La stecca fissata al tavolo si flette se carichi la sua estremità con la massa di uno o più dadi. Annota di quanto si abbassa l'estremità della stecca rispetto al livello che aveva quando era orizzontale, indicherai questo tratto con d. Ripeti la misura con masse diverse.



Riporta in un diagramma cartesiano i punti del grafico del peso applicato P (asse delle ordinate) in funzione della deformazione massima della stecca, d (asse delle ascisse).

Puoi assumere che la deformazione d sia direttamente proporzionale alla forza deformante data dal peso delle masse applicate. Traccia una linea di "fitting" e determina la costante di proporzionalità K fra la forza deformante e la deformazione misurata: $P=K\ d$.

Stima l'incertezza del valore che hai trovato per K.

SUGGERIMENTO: *nella registrazione ricorda di aggiungere la massa del contenitore!*

La costante K dipende dalle caratteristiche costruttive della stecca, dalla lunghezza della sua parte libera di flettersi e dalle proprietà del materiale di cui è fatta. Sapresti suggerire, in base alla relazione precedente, se una stecca assai meno flessibile, ma con le stesse dimensioni della tua, avrebbe un valore di K maggiore o minore di quello che hai trovato tu?

È UTILE SAPERE CHE: l'entità della deformazione elastica della stecca non dipende solamente dall'intensità della forza deformante. È esperienza comune che, a parità di tutti gli altri fattori costruttivi, applicando sempre la stessa forza si ottiene una deflessione più grande se la stecca è più lunga, infatti la deformazione ottenuta è proporzionale addirittura al cubo della lunghezza della parte libera della stecca:

$$d=H L^3.$$

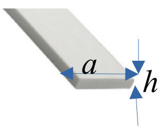
Organizza una serie di misure per determinare il valore della costante H e l'incertezza stimata per tale valore.

Si sa che la costante H dipende sia dalla forza (costante) applicata per ottenere la deformazione che dal materiale di cui è fatta la stecca e dalle sue dimensioni.

Nel caso che stai trattando puoi considerare valida la seguente relazione

$$H=\frac{4P}{Eah^3}$$

dove a è la larghezza della stecca, h il suo spessore e E (modulo di Young) descrive le proprietà elastiche del materiale con il quale è fatta la stecca.



Calcola il modulo di Young che ottieni dalle tue misure e l'incertezza che stimi per tale valore.

Controlla sulle tabelle che trovi su internet (o nella biblioteca del laboratorio di fisica) la compatibilità del valore che hai trovato con quello del materiale di cui è fatta la stecca che hai usato.

LA LUCE CHE SI ATTENUA

Problema proposto per la gara del 9 maggio 2012

Presentazione

Studentesse di scuola media osservano come cambia l'illuminamento del tavolo dato da una lampada a torcia quando la luce attraversa una o più buste di plastica trasparente. Trieste 2004, Centro Eureka per l'Educazione Scientifica.

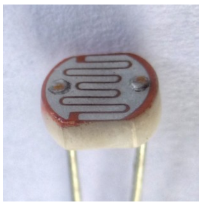
Quando un raggio di luce attraversa un blocco di materiale trasparente ne esce con un'intensità inferiore a quella che aveva in ingresso. L'attenuazione dell'intensità luminosa dipende da diversi fattori fra cui prevalgono, in solidi amorfi come il vetro e molte sostanze plastiche, la lunghezza del percorso della luce entro il blocco e il materiale di cui questo è fatto. Il primo a studiare sistematicamente questo fenomeno è stato Pierre Bouguer, nel 1729, *Essai d'optique sur la gradation de la lumière*.

In questa attività ci si propone di studiare l'attenuazione subita da un fascio di luce all'aumentare dello spessore di plastica trasparente che esso attraversa.

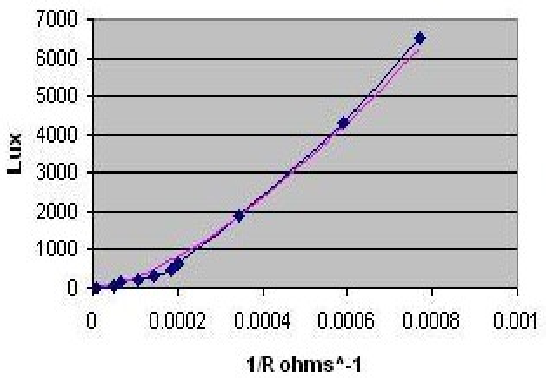
Progetto

Osserverai gli effetti della luce prodotta da un LED bianco sulla resistenza di un fotoresistore (LDR) e come questi effetti variano in relazione allo spessore di un materiale trasparente interposto fra l'LDR e la sorgente luminosa. Per farlo dovrai evitare altre cause di variazione dell'intensità luminosa: anzitutto manterrai rigorosamente costante la distanza fra la sorgente luminosa e la superficie sensibile del LDR, inoltre ridurrai la dispersione del fascio luminoso facendo passare la luce attraverso un tubo con pareti interne opache.

È UTILE SAPERE CHE:



il fotoresistore (LDR) è un componente usato in dispositivi di controllo perché la sua resistenza elettrica varia in funzione dell'intensità della luce che colpisce la sua superficie sensibile. La relazione fra intensità luminosa sulla superficie e resistenza del componente non è lineare ma, entro certi limiti che dipendono dal tipo di componente usato, si può approssimare efficacemente con una proporzionalità indiretta come si vede nella figura seguente dove la resistenza R del LDR risulta proporzionale a 1/R per un intervallo di intensità luminosa che va, approssimativamente, dai 1000 ai 4000 Lux.



intensità della luce su un LDR, misurata in Lux, in funzione del reciproco della resistenza del LDR. L'andamento della curva fra 1000 Lux e 4000 Lux è pressoché lineare.

La fotoresistenza del LDR può anche variare significativamente con la temperatura tanto che un LDR non è dispositivo adatto per misure che richiedano buona precisione per le quali un fotodiodo o un fototransistor risultano più adatti.

Nell'applicazione del fotoresistore si dovrà tenere conto di un tempo di ritardo nella risposta alle variazioni. Questo tempo è in genere dell'ordine di decine di millisecondi quando si passi dal buio alla luce, ma il ritardo dovuto ai processi fisici innescati dalla luce all'interno del materiale, diventa anche di parecchi secondi quando si passa dalla luce al buio.

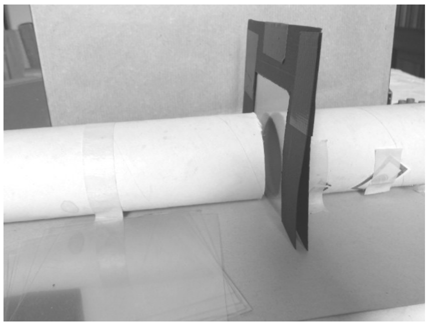
Controlla il materiale che hai a disposizione

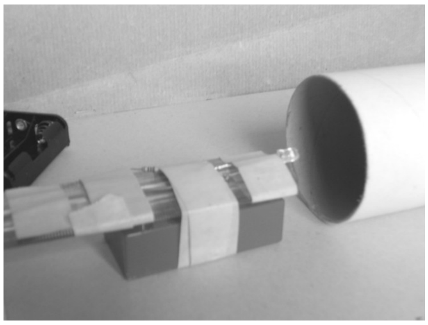
- Un pezzo di tubo di colore nero opaco aperto alle due estremità
- Un pezzo di tubo di colore nero opaco, simile al precedente, chiuso ad una estremità da cui escono i due terminali del LDR
- 2 cornici di cartone
- Un pacco con 15 foglietti uguali di plastica trasparente
- Un LED bianco collegato ad una resistenza
- Un porta pile con le pile
- 4 spezzoni di filo elettrico con terminali a coccodrillo
- una striscia di legno o di metallo (va bene un righello)
- Un multimetro digitale e istruzioni per la misura della resistenza elettrica
- Calcolatrice
- 2 fogli di carta millimetrata
- Un rotolino di nastro adesivo di carta
- Blocchetti o altro per tenere sollevata la stecca

Allestimento e misure

Preparazione dell'apparecchiatura

Disponi i due pezzi di tubo sul tavolo così che siano coassiali, uno di seguito all'altro e con l'asse parallelo al tavolo, lasciando fra di essi una fenditura dove disporrai i fogli di plastica inseriti fra le due cornici. I due pezzi di tubo dovranno rimanere fermi per tutta la durata dell'esperimento e quindi conviene segnare con pezzetti di nastro adesivo la loro posizione.





Prendi i due cavi del multimetro e collegali con i cavetti con coccodrilli ai terminali del LDR.

Disponi il multimetro per la misura di resistenza. Seleziona il valore massimo di resistenza. Assicurati che il multimetro sia acceso: sullo schermo apparirà un valore di resistenza piuttosto variabile, bisognerà aspettare qualche minuto per ottenere un valore più stabile.

La stecca serve per reggere il LED e in seguito verrà infilata entro il tubo aperto alle due estremità; il LED deve essere quanto più possibile allineato con la faccia sensibile del fotoresistore la quale si trova sull'asse del tubo. Usa quello che hai a disposizione per tenere sollevata opportunamente la stecca che regge il LED e fissala bene con il nastro adesivo.

Usa gli altri due cavetti con coccodrillo per collegare il LED con la resistenza in serie al porta pile. Accertati che il LED si accenda e poi scollega un terminale.

Fissa col nastro adesivo alla stecca anche i cavetti del LED e infine infila la stecca, gli appoggi e il circuito nel tubo; il LED deve essere ancora spento. Fai in modo di poter agire sul coccodrillo per accendere e spegnere il LED dall'esterno del tubo e senza muoverlo mai dalla sua posizione.

ATTENZIONE: *La distanza fra il LED e il fotoresistore deve rimanere invariata durante tutto l'esperimento.*

Ora tutto è pronto. Fai combaciare i due spezzoni di tubo, aspetta che le indicazioni di resistenza sul multimetro si stabilizzino sufficientemente e annota il valore della resistenza del LDR quando risente solamente della luminosità di fondo entro il tubo e il LED è spento.

Le misure

Accendi il LED. La resistenza del LDR varia bruscamente. Attendi qualche secondo e annota la misura.

ATTENZIONE: *per leggere il nuovo valore della resistenza probabilmente dovrai modificare opportunamente il fondo scala del multimetro.*

Inserisci un foglio di plastica entro le due cornici, puoi fissare le due cornici con un pezzetto di nastro adesivo, disponi questo schermo di plastica fra i due tubi di cartone. Assicurati che lo schermo sia perpendicolare all'asse dei tubi e che questi siano alla fine ben uniti e fermi nella posizione voluta. Attendi qualche secondo ed annota il nuovo valore della resistenza.

Inserisci fra le due cornici un nuovo foglietto di plastica e ripeti l'operazione facendo passare la luce attraverso i due foglietti di plastica. Continua a misurare la resistenza del LDR inserendo uno alla volta 10 foglietti di plastica.

Scollega il LED dalle pile che lo alimentano.

Elaborazione dei dati

Elabora opportunamente i dati seguendo le seguenti indicazioni e riporta le tue conclusioni.

1. Osservando i tuoi dati come diresti che varia la resistenza del LDR quando aumenta lo spessore della plastica che attenua l'intensità della luce che raggiunge l'LDR? Scegli una delle opzioni seguenti. [*la resistenza del LDR: a) aumenta; b) diminuisce; c) aumenta linearmente; d) diminuisce linearmente; e) varia in maniera disordinata; f) rimane costante.*]

SUGGERIMENTO: *se individui singoli dati che ti sembrano spuri puoi ripetere quella misura.*

2. Quando si interpone un nuovo foglietto di plastica la resistenza del LDR varia: se ci sono *n* foglietti la resistenza è R_n, inserendone un altro la resistenza diventa $\underline{R}_{n+1}$. Calcola, per ciascun foglietto inserito, il fattore di variazione, $K_n = R_{n+1}/R_n$. Riporta questi valori in una tabella insieme alle misure che hai preso. Usa un appropriato numero di cifre significative.

3. Come diresti che sono i valori *K* al variare di *n*?

4. Usa la calcolatrice per calcolare il logaritmo (simbolo ln) di ciascun valore delle resistenze che hai misurato. Riporta i valori calcolati nella tabella dei dati, con due cifre decimali.

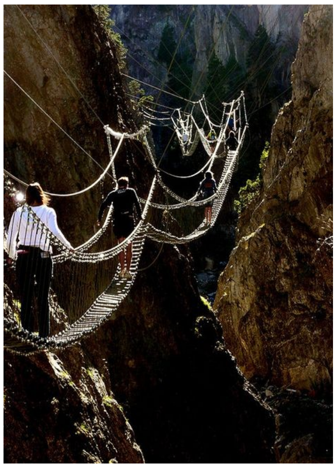
5. Traccia un grafico del ln*R* in funzione del numero *n* di foglietti di plastica interposti fra la sorgente luminosa e l'LDR.

6. Disegna la retta che approssima meglio i valori che hai riportato nel grafico. L'equazione della retta è: $\ln R = A + B\,n$. Determina i valori delle costanti A e B.

7. Che cosa rappresenta la costante A nel contesto del tuo sistema di misura?

8. Potresti suggerire cosa rappresenta la costante B?

9. Quali accorgimenti hai messo eventualmente in atto per prendere misure affidabili e valide. Indica e spiega in breve il perché.



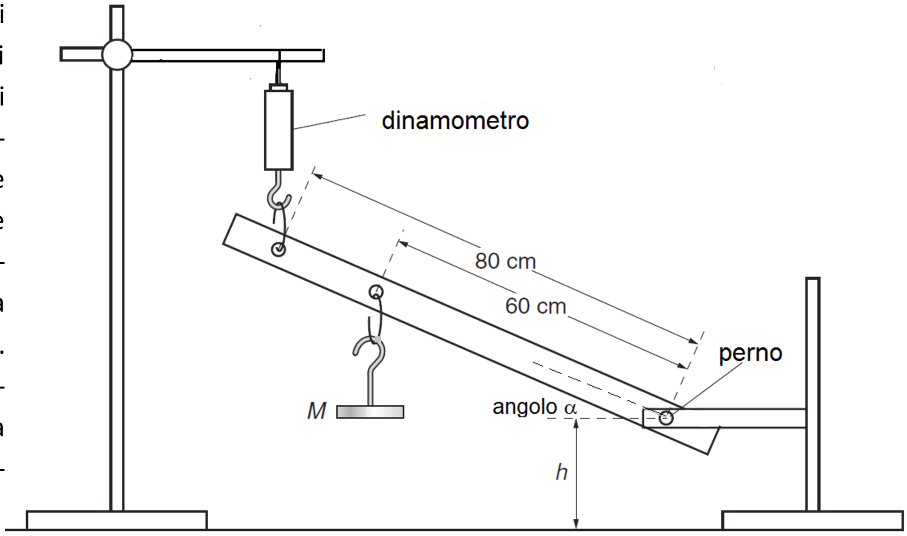
EQUILIBRI[1]

Problema sperimentale per la gara del 8 maggio 2013

Presentazione

In un sistema meccanico in equilibrio spesso è cruciale saper prevedere come cambia l'assetto del sistema a seguito di una nuova distribuzione delle masse e quali sono i nuovi sforzi a cui verranno sottoposte le varie parti.

Osserva la figura a lato. Hai un'asta incernierata ad uno dei suoi estremi la quale quindi può ruotare in un piano verticale attorno ad un perno. Se vuoi reggerla devi esercitare una forza $\overline{T}$, allora l'asta assumerà una posizione inclinata sull'orizzontale di un angolo α. Nella situazione descritta in figura la forza $\overline{T}$ viene esercitata sull'asta mediante il dinamometro.



Progetto

In questo esperimento si vuole che l'asta sostenga un carico variabile dato da una massa M che vi viene sospesa, e si vuole anche che al mutare del carico rimanga invariato l'assetto dell'asta. Si studierà allora come T dipende da M, restando invariate tutte le altre condizioni, compreso l'angolo α.

Effettuato un numero congruo di misure delle coppie [M, T], si riporteranno in un grafico verificando che consentono una linea di tendenza lineare. Tracciata la linea retta approssimante i punti del grafico se ne rileveranno i valori della pendenza e dell'intercetta con l'asse delle ordinate e si scriverà l'equazione della retta.

È UTILE SAPERE CHE: si è trovato che la relazione teorica fra T e M è la seguente:

$$T=\frac{3g}{4}M+\frac{gR}{2}$$

dove g è l'accelerazione locale di gravità ed R la massa della stecca.

---

1 Da una proposta del dr. Willie Yong di Singapore.

Sarà dunque possibile ricavare una misura per l'accelerazione locale di gravità, g e per la massa della stecca, R e confrontare i valori trovati con quelli ottenuti da tabelle e per pesata diretta della stecca.

Allestimento e misure

Assemblaggio dell'apparecchiatura

Userai solamente i componenti che trovi sul tuo tavolo, seguendo le indicazioni della figura più sopra.

Il perno si trova ad un'altezza h dal piano del tavolo su cui poggiano i sostegni. Per garantirti che non cambi l'angolo che l'asta forma con l'orizzontale potrai mantenere fissa la distanza dal piano orizzontale di uno dei punti dell'asta o rigidamente collegati ad essa, per esempio la base del porta masse. Potrai aggiustare l'altezza del braccio trasversale dell'asta di sostegno su cui è sospeso il dinamometro in modo da mantenere costante l'angolo α.

Misure

Ti viene data la massa M_1 del sostegno per le masse della quale dovrai tenere conto durante l'esperimento.

Controlla che il dinamometro si trovi in posizione verticale.

Misura il valore indicato dal dinamometro, T_1.

Aggiungi al portamasse una delle masse che hai a disposizione tenendo conto che dovrai prendere misure per almeno sei volte con masse diverse. Ripeti ogni volta le operazioni indicate precedentemente ed annota il nuovo valore di M e quello corrispondente di T.

Elaborazione dei dati e conclusioni

Riporta i valori che hai misurato per M e per T in una tabella e successivamente in un grafico di T (sull'asse delle ordinate) in funzione di M (sull'asse delle ascisse).

Puoi dire che i punti del grafico possono considerarsi allineati?

Traccia una retta che approssimi al meglio i punti riportati sul grafico in base alle misure.

Determina, operando sul grafico, il coefficiente angolare della retta, m. Riporta il valore di m mostrando come lo hai calcolato. Scrivi anche l'unità di misura di m.

Puoi stimare l'incertezza con la quale hai determinato il valore di m?

Ricordando la relazione teorica che ti è stata suggerita precedentemente trova il valore di *g* dedotto dalle tue misure.

Puoi stimare l'incertezza con la quale hai determinato il valore di g? Il valore di *g* che hai trovato è compatibile con quello che conosci per l'accelerazione di gravità nel luogo in cui ti trovi?

SUGGERIMENTO: *non hai avuto bisogno di misurare la massa dell'asta che hai usato nell'esperimento. Ora, se vuoi, potresti dedurre il valore R della massa dell'asta dalle misure che hai effettuato, successivamente potresti pesare l'asta e confrontare le due misure.*

TRASPARENZE

Problema sperimentale per la gara del 8 maggio 2014

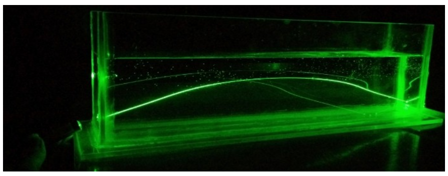
distorsioni dovute alla rifrazione

Presentazione

Possiamo vedere gli oggetti che non emettono luce propria solo perché la luce che riflettono arriva ai nostri occhi. Allora, come è possibile che si veda un oggetto trasparente? Il fatto è che quasi sempre avviene che non tutta la luce incidente venga trasmessa ma che ci sia anche una frazione di luce riflessa che consente una percezione visiva diretta. Però, se non sbattiamo contro tutte le finestre con i vetri puliti è merito anche della rifrazione della luce. La rifrazione è quel fenomeno per cui i raggi luminosi cambiano direzione quando passano da un mezzo trasparente ad un altro che abbia proprietà ottiche diverse dal primo. Per questo motivo gli oggetti che vediamo attraverso l'acqua o un vetro ci appaiono più o meno distorti.

L'entità della deviazione della luce dipende dalla particolare sostanza trasparente e, in particolare, da una costante che ne caratterizza le proprietà ottiche, l'indice di rifrazione, il cui valore dipende dalla velocità con la quale la luce si propaga entro quella sostanza.

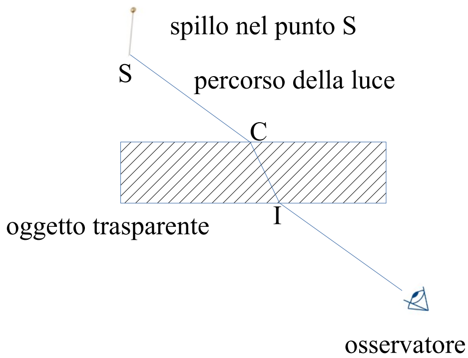
Nella seguente figura si osserva come varia l'inclinazione del fascio di luce laser verde nel passaggio attraverso una soluzione di zucchero con indice di rifrazione diverso a diverse profondità.



fascio di luce laser in una soluzione di zucchero in acqua

NOTE DI STORIA: si sa che il fenomeno della rifrazione fu studiato dagli scienziati dell'antica Grecia, e in particolare se ne scrive nel trattato di Tolomeo d'Alessandria (II secolo d.c.), perduto nell'originale, ma del quale si conobbero le traduzioni in arabo di Al Kindi e di Al Hazen. Secondo Tolomeo era il rapporto fra le ampiezze degli angoli di incidenza e di rifrazione ad essere costante e non, come nella forma di Snell, il rapporto fra i seni degli angoli. In area latina questi studi furono ripresi nel XIII secolo dall'inglese Roberto Grossatesta, in un trattato sulla formazione dell'arcobaleno, *De Iride*, 1235. È solo più tardi però che si può trovare una formulazione chiara della legge della rifrazione della luce: essa viene proposta in forma geometrica nel 1637 da Cartesio nella *Diottrica*, dove riprende un lavoro, non pubblicato, di Willebrord Snell, del 1621.

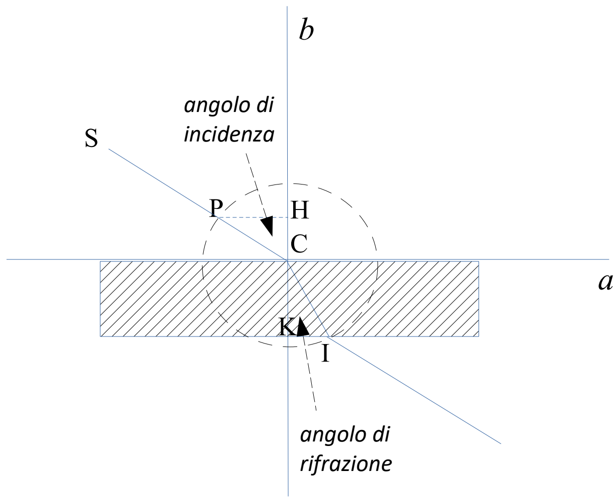
Per meglio comprendere si immagini la seguente situazione:



Un raggio di luce proveniente dallo spillo posto in S incide su un blocchetto trasparente in C, subisce la rifrazione, e vi esce in I con una nuova rifrazione. L'osservatore il cui occhio è colpito dal raggio vedrà i punti I, C ed S allineati lungo la retta che va dall'occhio a I e quindi lo spillo gli apparirà spostato a sinistra rispetto alla sua reale posizione.

È UTILE SAPERE CHE:

Nella trattazione di Cartesio si traccia una circonferenza con centro C e raggio IC. Si tracciano quindi gli assi che contengono due suoi diametri, a e b, fra loro perpendicolari. L'asse a viene scelto in modo da contenere la traccia di uno spigolo del prisma trasparente, come si può vedere nella figura seguente.



Sia P il punto intercettato sulla circonferenza dal segmento SC. Si proiettano sull'asse b i punti: P nel punto H e I nel punto K. La legge della rifrazione nella formulazione data da Cartesio afferma che, qualunque sia la posizione S, quando si ha rifrazione rimane costante il rapporto fra i due segmenti:

$$\frac{\overline{PH}}{\overline{IK}} = \text{costante} .$$

In formulazioni più tarde la costante sarà detta indice di rifrazione rispetto all'aria circostante della sostanza di cui è fatto il prisma e la legge di Snell si esprimerà in termini di funzioni goniometriche.

$$n = \frac{\sin(\textit{angolo di incidenza})}{\sin(\textit{angolo di rifrazione})}$$

Si riconoscerà inoltre che $$n=\frac{c}{v}$$

dove n è l'indice di rifrazione, c è la velocità della luce nel vuoto (e nell'aria) e v la velocità della luce nel mezzo trasparente oggetto di studio.

Progetto

L'indice di rifrazione permette di identificare alcune sostanze ed è, per esempio, usato per scoprire se certi oli commestibili sono puri o mescolati ad altri tipi di olio. In questo lavoro si misurerà l'indice di rifrazione di un olio di semi col metodo geometrico descritto da Cartesio. Lo si farà osservando uno spillo attraverso l'olio contenuto in una vaschetta trasparente.

Anzitutto si dovrà definire il percorso di un raggio di luce che, provenendo dallo spillo attraversa il recipiente con l'olio e raggiunge l'occhio dello sperimentatore.

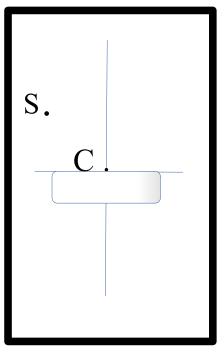
Successivamente si procederà alla costruzione geometrica descritta nella figura più sopra ed al calcolo del valore cercato.

Controlla il materiale che hai a disposizione

- Una base su cui infiggere gli spilli, cartone abbastanza rigido, polistirolo.
- Matita, pennarello nero a punta fine.
- N° 3 fogli formato A3 con tracciati in posizione centrale due assi, che si incontrano nel punto C, fra loro perpendicolari e paralleli ciascuno ad uno dei lati del foglio.
- Carta da cucina per asciugare, nastro adesivo e patafix..
- Spilli sottili e lunghi.
- Vaschetta di plastica trasparente a base rettangolare con olio.
- Due squadre ad angolo retto, millimetrate; compasso.

Allestimento e misure

Preparazione del piano di lavoro



Sulla base utilizzata come piano d'appoggio, fissa col nastro adesivo o col patafix uno dei fogli A3. Disponi la vaschetta con uno dei lati maggiori della base lungo l'asse parallelo al lato corto del foglio, al suo centro. Puoi fissare la vaschetta in posizione con un pezzetto di patafix. Traccia una linea lungo il perimetro di base della vaschetta, ti servirà per rimettere la vaschetta a posto nel caso che ti capiti di spostarla.

A contatto con una delle pareti della vaschetta, in corrispondenza del punto comune ai due assi, infiggi uno spillo nella base. Questo spillo rimarrà fisso per tutta la durata dell'esperimento. Sulla parete della vaschetta segna con il pennarello la sua posizione, C.

Nel semipiano in cui non si trova la vaschetta con l'olio, infiggi lo spillo traguardo nel punto S. Scegli un punto qualsiasi, esclusi i due assi tracciati sul foglio.

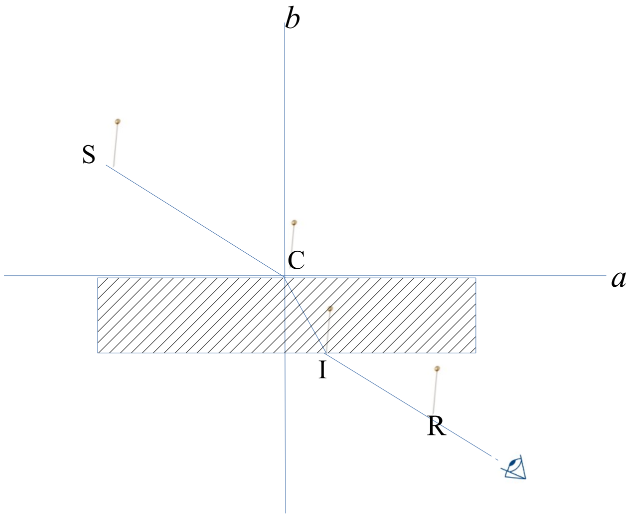
Determinazione del cammino ottico del raggio di luce

Mettiti dalla parte della vaschetta opposta allo spillo infisso in S e, attraverso l'olio presente nel contenitore, osserva i due spilli, quello nel punto C e quello nel punto S. Muovendo un po' la testa cambierai la linea di visione e vedrai gli spilli spostarsi l'uno rispetto all'altro. Aggiusta la tua linea di visione fino a che non vedi i due spilli allineati.

Ora prendi un altro spillo e ritrova la condizione in cui vedi gli spilli in S e in C allineati. Facendo attenzione a non cambiare linea di visione muovi il nuovo spillo a ridosso della vaschetta, dalla parte in cui ti trovi tu, e trova la posizione I nella quale vedi anche questo terzo spillo allineato con gli altri due. Infiggi lo spillo e segna con la matita il punto I sulla carta.

A questo punto hai determinato il cammino del raggio luminoso da S a C a I; devi ancora determinare il percorso del raggio quando esce dalla vaschetta con l'olio.

Torna a metterti nelle condizioni in cui vedi i tre spilli allineati e fissane un quarto nel semipiano che contiene la vaschetta, al suo esterno, in una posizione in cui lo vedi allineato con gli altri tre. Indicherai questo punto con R, segnalo sul foglio col pennarello.

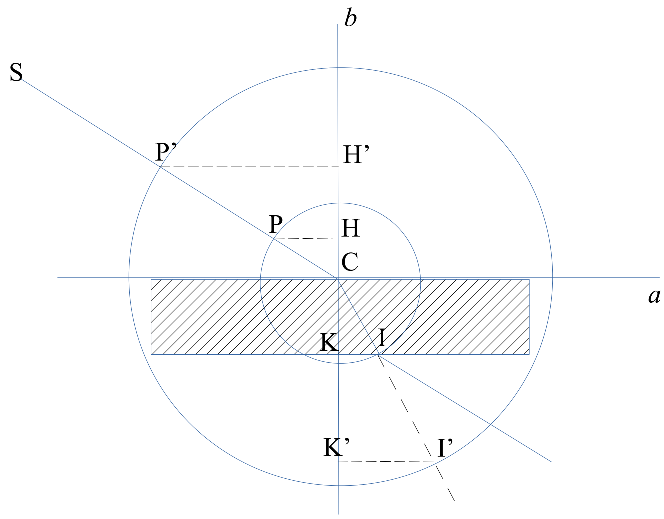


Elaborazione dei dati e determinazione di n

Ora puoi rimuovere, prudentemente, la vaschetta con l'olio e, seguendo quanto descritto nel paragrafo *Note di Storia*, tracciare la circonferenza di centro C e raggio CI ed effettuare le misure ed i calcoli necessari per determinare il valore dell'indice di rifrazione dell'olio che hai sottoposto alla prova.

Puoi stimare l'incertezza percentuale della tua misura?

> SUGGERIMENTO: *come ridurre l'incertezza percentuale della misura? Basterebbe che la lunghezza dei segmenti nel rapporto fosse maggiore. Possiamo ottenerlo con l'aiuto delle proprietà dei triangoli simili, come puoi osservare nella figura seguente. Si sono prolungati i due tratti rettilinei corrispondenti ai due tratti della spezzata del cammino ottico del raggio luminoso:* SC e CI. *Si è quindi tracciato un nuovo cerchio con centro* C *e raggio maggiore di quello del cerchio già esistente.*



La nuova circonferenza incontra la semiretta CS *in* P' *e la semiretta* CI *in* I'. *Questi punti vengono proiettati sul diametro verticale nei punti* H' *e* K'. *I triangoli* CPH *e* CP'H' *sono simili, e sono simili anche i triangoli* CKI *e* CK'I'. *Ne segue allora che:*

$$\frac{PH}{IK}=n=\frac{P'H'}{I'K'}$$

Usa il suggerimento per trovare una nuova misura dell'indice di rifrazione dell'olio, *n*, e stimane l'incertezza percentuale.

Un rapporto costante, quanto costante?

Su un nuovo foglio A3 ripeti il procedimento di misura dell'indice di rifrazione dell'olio rispetto all'aria, al modo in cui hai operato precedentemente. In ciascuna misura cambia la posizione dello spillo iniziale, quello infisso nel punto S.

Le tue misure sono compatibili con l'affermazione che il rapporto che esprime l'indice di rifrazione è una costante? Perché puoi dirlo? Oppure, perché puoi negarlo?

Osservazioni conclusive

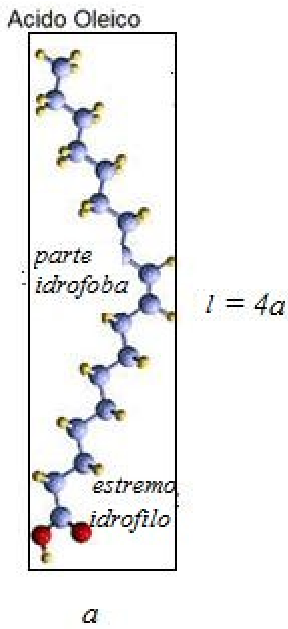
In che modo pensi che influisca sulla misura la vaschetta che contiene l'olio?

QUANTO È PICCOLA UNA MOLECOLA? [2]

Problema sperimentale per la gara del 8 Maggio 2015

Presentazione

Singole molecole non possono essere osservate ad occhio nudo e anche con un potente sistema di lenti lo si può fare solamente ricorrendo a tecniche sofisticate. Eppure lo scopo di questo esperimento è di trovare l'evidenza per ottenere una stima ragionevole delle dimensioni e della massa di una singola molecola usando solamente qualche informazione reperibile nelle tabelle scientifiche e pochi oggetti di uso comune nel laboratorio scolastico. L'operazione sarà possibile perché la molecola che prenderemo in esame, quella dell'acido oleico, ha la proprietà di possedere un estremo idrofilo, che viene attratto dalle molecole dell'acqua, mentre il resto della molecola è idrofobo e perciò respinto dalle molecole dell'acqua. La conseguenza è che le molecole dell'acido oleico, come quelle degli altri lipidi, non sono solubili in acqua mentre sono solubili negli alcoli ed in altri composti organici.



L'acido oleico ha una densità di 0,890 $g cm^{-3}$, minore di quella dell'acqua sulla quale galleggia: per questa ragione una goccia depositata sulla superficie dell'acqua forma una pellicola in cui le singole molecole rivolgono all'acqua l'estremo idrofilo mentre la parte rimanente, idrofoba, sta (per così dire) ritta sull'acqua. La pellicola tende ad espandersi e, se lo spazio per farlo è sufficiente, finisce per avere lo spessore pari alla lunghezza della molecola.

Nei calcoli successivi sarà utile approssimare la molecola con un prisma a base quadrata di lato a , dove la misura del lato è quattro volte minore dell'altezza l. Vedi la precedente figura.

Controlla il materiale che hai a disposizione

- Sostanza in polvere in un contenitore coperto con garza. Si tratta di una sostanza in polvere adatta a formare uno strato molto sottile ed omogeneo che permane sulla superficie dell'acqua.
- Soluzione di acido oleico in un solvente volatile in un contenitore sul quale viene indicata la concentrazione in volume dell'acido oleico nella soluzione, cioè il volume di acido oleico puro che si trova in una unità di volume di soluzione.
- Vassoio piano con bordi rialzati. Servirà per versarvi l'acqua: bisognerà fare attenzione a non rovesciarla quando si svuota. Per farlo, porta il secchio vicino al tavolo su cui si trova il vassoio.

2 Si tratta di un esperimento con una lunga tradizione nella pratica della didattica della chimica e della fisica, reso celebre dal mitico progetto IPS (*Introductory Physical Science*) attivo con nove edizioni successive dal 1974 al 2010.

- Cilindro graduato da 10 mL e sensibilità 0.2/0.1 mL.
- Acqua in una brocca. Un secchio vuoto.
- Riga da 40 - 50 cm o metro rigido millimetrato.
- Contagocce o pipetta.
- Un foglio di carta millimetrata.
- Carta da cucina.

Il progetto

Una goccia di acido oleico si diffonde sulla superficie dell'acqua assumendo una forma grosso modo cilindrica, con un'altezza pari a quella di una molecola di acido oleico. Il volume della goccia è pari a quello dello strato formatosi sull'acqua: noto il volume dell'acido oleico e il diametro dello strato si potrà risalire ad una stima della dimensione l della molecola. L'acido oleico di cui disponi si trova in soluzione in un solvente che però in gran parte evapora quando esposto all'aria. Ti servirà conoscere il volume di acido oleico contenuto in una goccia di soluzione, per questo hai bisogno della concentrazione di acido oleico in soluzione.

Volume e massa di acido oleico in una goccia di soluzione

Userai il contagocce e il cilindro graduato per misurare il volume medio di una goccia della soluzione di acido oleico. Le gocce dovranno essere uguali, nel limite del possibile. Esercitati raccogliendo del liquido col contagocce dal contenitore con la soluzione di acido oleico e lascia ricadere nel contenitore le gocce. Per determinare il volume di una goccia verserai una piccola quantità di soluzione nel cilindro graduato e prenderai nota del suo volume V_0 nella tabella TAB1 del Foglio Risposte.

Aggiungerai quindi altra soluzione (almeno 1 mL) usando il contagocce, facendo attenzione che le gocce siano tutte uguali e contandole con attenzione. Scrivi il numero di gocce che hai contato, N_{gocce}, nella tabella TAB1 dei Fogli Risposte. Prenderai quindi nota del nuovo volume di soluzione contenuto nel cilindro graduato, V_1.

SUGGERIMENTO: *per evitare che il solvente evapori e che quindi la concentrazione della soluzione cambi, ricorda di tappare sempre la boccetta con la soluzione di acido oleico quando non ne fai uso immediato.*

Ripeti altre due volte la misura descritta. Puoi farlo anche senza svuotare il cilindro graduato! Riporta tutti i valori sui foglio Risposte nella tabella TAB1.

Noto il numero di gocce che hai contato, N_{gocce}, contenute in un volume di soluzione pari a $V_1 - V_0$, calcola il volume di una goccia, V_{goccia}, per ciascuna delle tre misure eseguite. Scrivi il risultato nella tabella TAB1 sul Fogli Risposte.

Calcola il valore medio del volume di una goccia di soluzione, $V_{medio\ goccia}$, e riportalo sui Fogli Risposte. Conoscendo il volume di una goccia di soluzione di acido oleico e la concentrazione in volume di acido oleico nella soluzione che stai usando puoi determinare il volume di acido oleico puro contenuto in media in una sola goccia, V_{oleico} . Riporta nei Fogli Risposte procedimento di calcolo e risultato.

La densità dell'acido oleico, a 20 °C , è 0,890 g cm^{-3}. In base alle tue misure, determina la massa di acido oleico, $M_{oleico-goccia}$, che si trova in una singola goccia di soluzione. Riporta nel Fogli Risposte procedimento e risultato.

Misure sulla "chiazza d'olio"

Versa dell'acqua nel vassoio in modo da formare uno strato con spessore di 1 – 2 cm. Lascia che l'acqua "riposi" nel vassoio per qualche minuto ed evita scossoni al tavolo su cui è posto il vassoio. Usando accuratamente il recipiente ricoperto dalla garza spargi su tutta la superficie dell'acqua uno straterello molto sottile e omogeneo di polvere. Puoi osservarlo meglio guardando di lato la superficie dell'acqua.

Con il contagocce deponi delicatamente una sola goccia di soluzione di acido oleico sulla parte centrale dello strato di polvere. Il solvente in gran parte evapora e in parte si scioglie nell'acqua così che alla superficie rimane solo l'acido oleico contenuto nella goccia.

Osserva il formarsi dello strato di acido oleico evidenziato dalla polvere che ne viene respinta. Si vede che la chiazza oleosa cambia dimensioni espandendosi perché tende a formare uno strato di singole molecole; appena giudichi che il processo si sia stabilizzato con la chiazza che ha assunto una forma approssimativamente circolare, misurane il diametro d in diverse posizioni. Riporta i valori trovati sui Fogli Risposte nella TAB2.

Ripeti l'operazione descritta nel paragrafo precedente aggiungendo un'altra goccia.

Misura, sempre in diverse posizioni, il diametro della chiazza priva di polvere dopo che la sua forma si è stabilizzata. Riporta i valori trovati sui Fogli Risposte nella TAB2.

Ripeti più volte l'operazione aggiungendo sempre una goccia di soluzione, e ciò fino a che ti è consentito dalle dimensioni del contenitore e giudichi agevole approssimare la chiazza con un cerchio.

Quando decidi di aver finito di prendere le misure avvicina il secchio al tavolo e cautamente vuota il vassoio inclinandolo sul secchio.

Elaborazione delle misure

Calcola per ciascuna delle chiazze osservate in relazione al numero di gocce il valore medio del diametro d_{medio} e riportalo nella TAB2 del Fogli Risposte.

Calcola l'area dello strato formato da una sola goccia e riporta procedimento e risultato sui Fogli Risposte.

In base ai diversi valori trovati per d_{medio} calcola l'area delle chiazze di acido oleico formate da due e più gocce. Riporta i risultati nella TAB3 dei Fogli Risposte.

In base al valore del volume di acido oleico contenuto in una goccia di soluzione calcola il volume di acido oleico puro depositato sull'acqua con due e più gocce: riporta il risultato nella TAB3.

Ogni volta l'acido oleico si è distribuito sulla superficie dell'acqua formando uno strato di area A e altezza l che puoi approssimare con un cilindro.

Calcola per ciascuno degli strati che hai osservato il valore stimato del loro spessore. Riporta procedimento e calcoli nei Fogli Risposte e Completa la TAB3 scrivendo i dati, ove opportuno, usando le potenze di 10 in notazione scientifica.

Stima dello spessore

In questo lavoro si è fatta l'ipotesi che lo strato abbia sempre lo spessore pari alla "lunghezza" di una molecola. I tuoi dati ti sembrano compatibili con questa affermazione?

La risposta potrà derivare dall'osservazione di un grafico in cui riporterai il volume di acido oleico puro depositato sull'acqua in funzione dell'area della chiazza formata.

Se lo spessore dello strato rimane sempre pari alla lunghezza di una molecola che relazione prevedi di poter osservare fra i valori del volume di acido depositato sull'acqua e quelli dell'area della chiazza formata? Che linea ti aspetti che si adatti meglio ai punti del grafico? Rispondi sui Fogli Risposte.

Traccia le linee di massima e di minima pendenza del grafico ed esprimi una stima per il valore $<l>$ della "lunghezza" della molecola di acido oleico.

Discussione sui risultati

Si suggerisce di trattare le molecole di acido oleico come dei prismi retti a base quadrata con lato $<a=\frac{1}{4}l>$ e altezza $<l>$. Questo assunto sarà accettabile se compatibile con valori noti e provati, per esempio la costante di Avogadro che esprime il numero di molecole che si trovano in una quantità di sostanza di massa pari, in grammi, alla massa molecolare di quella sostanza.

Se riuscirai a ricavare dai tuoi dati il numero di molecole di acido oleico contenute in una goccia di soluzione, e quindi in una massa nota di acido oleico allora potrai dedurne il numero di molecole che, sempre in base alle tue misure, dovrebbe trovarsi in una mole di sostanza. Sarà così possibile controllare se questo valore è compatibile con la costante di Avogadro, $N_A=6{,}02214076\cdot 10^{23}\ \text{mol}^{-1}$.

È UTILE SAPERE CHE: la costante di Avogadro corrisponde al numero di particelle (atomi, molecole o ioni) contenute in una mole. Tale costante ha le dimensioni dell'inverso di una quantità di sostanza (cioè mol^{-1}).

In base alle assunzioni sulle unità di misura risulta che un numero di molecole di una sostanza pari alla costante di Avogadro ha massa in grammi pari numericamente alla massa molecolare, M_M, della sostanza.

Con un campione di sostanza di massa M e contenente N molecole vale la proporzione:

$$\frac{N_A}{M_M}=\frac{N}{M}$$

La massa molecolare dell'acido oleico è

$$M_{M-oleico}=282{,}47\ \text{g/mol}$$

Ricavare il valore della costante di Avogadro dalle misure effettuate

Ammettendo che la molecola possa essere approssimata con un prisma a base quadrata con altezza l e lato di base $a=1/4\,l$, ricorrendo al valore misurato precedentemente per l, stima quante molecole, N_{goccia}, di acido oleico ci sono in una goccia di soluzione. Riporta procedimento, calcoli e risultato sui Fogli Risposte.

Tenendo conto del valore trovato precedentemente per la massa di acido oleico contenuto in una goccia di soluzione ricava un valore, $N_{A?}$, per la costante di Avogadro dedotta dalle misure fin qui eseguite.

Diresti che, in base all'elaborazione dei tuoi dati, il valore è compatibile con quello che trovi in letteratura, perché sì, o perché no?

Tenendo conto del valore della massa di acido oleico contenuta in una singola goccia stima la massa di una singola molecola, $m_{molecola}$. Riporta procedimento, calcoli e risultato sui Fogli Risposte.

QUANTO È PICCOLA UNA MOLECOLA?

FOGLI RISPOSTE

La concentrazione in volume dell'acido oleico nella soluzione è: C = ______________ ________

TABELLA 1					
Prova	V_0	V_1	Numero gocce	$V_0 - V_1$	V_{goccia}
1					
2					
3					
4					

Il valore medio del volume di una goccia di soluzione è: $V_{medio\,goccia}$ = ______________ ________

Determina il volume di acido oleico puro contenuto in una sola goccia e mostra qui sotto il procedimento che segui per farlo e il risultato.

V_{oleico}= ______________ ________

Trova la massa di acido oleico, $M_{[oleico-goccia]}$, che in base alle tue misure si trova in una singola goccia di soluzione e mostra il procedimento.

$M_{[oleico-goccia]}$ = ______________ ________

Calcola l’area dello strato formato da una sola goccia e riporta procedimento e risultato.

A = ______________ ________

In che relazione pensi che staranno il volume di acido oleico depositato sull’acqua in funzione dell’area della chiazza formata se lo spessore rimane sempre quello di una singola molecola? Che linea ti aspetti che si adatti meglio ai punti del grafico?

....

....

....

TABELLA 2						
Numero di gocce sull’acqua	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_{medio}
1						
2						
3						
4						
5						

TABELLA 3		
Numero di gocce sull'acqua	Area dello strato di acido oleico	Volume di acido oleico puro depositato sull'acqua
1		
2		
3		
4		
5		

Traccia il grafico richiesto e successivamente stima la "lunghezza" $<l>$ della molecola di acido oleico; descrivi qui sotto il procedimento che segui:

$<l>$ = ____________ ______

Stima quante molecole di acido oleico ci sono in una goccia di soluzione, N_{goccia} .

N_{goccia} = ______________ ________

Stima la massa di una singola molecola.

m_{molecola} = ______________ ________

Calcola una stima per la costante di Avogadro, N_A compatibile con i dati dell'esperimento. Riporta qui sotto il procedimento seguito e il risultato ottenuto.

N_A = ______________________ __________

SALISCENDI[3]

Problema sperimentale per la gara del *10* Maggio 20*16*

Presentazione

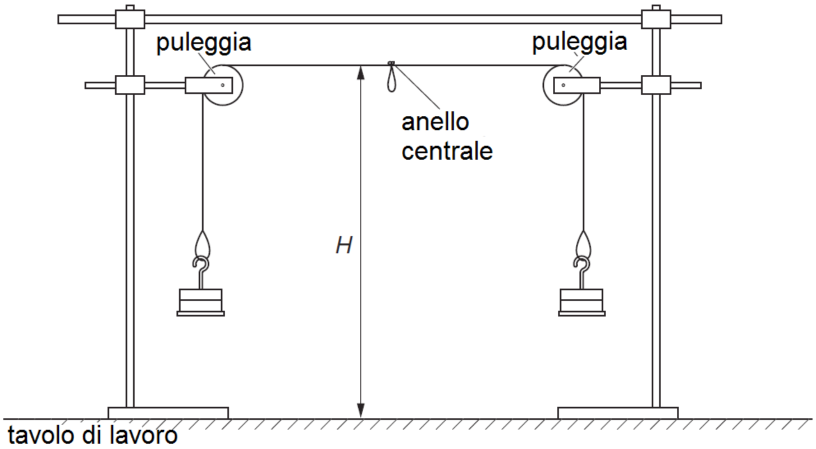
La fotografia a lato mostra una turista mentre attraversa un orrido della foresta fluviale del Costa Rica aggrappata ad una zip-line. Si tratta di una fune tesa fra il punto di partenza ed il punto di arrivo, lungo la quale scorre una carrucola che sostiene il peso da trasferire. Il trasferimento avviene per effetto della gravità. Le zip-lines sono vie di comunicazione spesso tutt'altro che sicure, con la fune che si abbassa pericolosamente verso l'abisso.

In questo esperimento studierai di quanto si abbassa la fune in funzione della massa che vi è sospesa in un modello semplificato di zip-line. L'apparecchiatura che userai è già disposta sul tuo banco di lavoro.

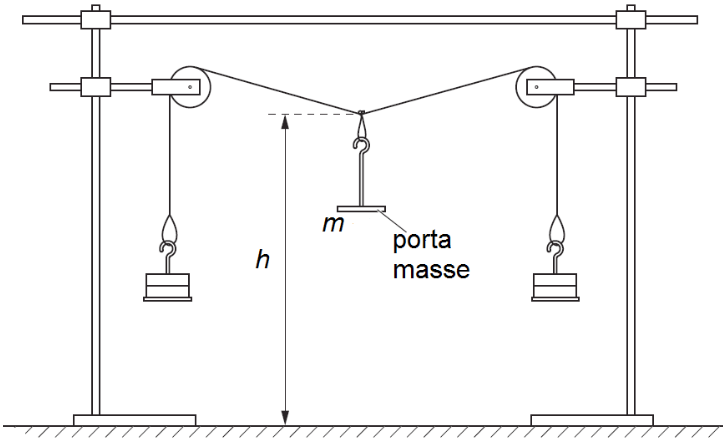
Nelle figure seguenti puoi vederne la descrizione.

3 Elaborato da una proposta di Cambridge Examinations.

Dispositivo sperimentale



Misura e riporta sui Fogli Risposte la distanza H del nodo dell'anello dal piano del tavolo di lavoro. Sospendi il porta masse all'anello centrale, come mostrato nella seconda figura. La posizione del nodo dell'anello centrale si abbassa.



Misura la nuova distanza h del nodo dal piano del tavolo e riportane il valore sui Fogli Risposte.

Riporta sui Fogli Risposte il valore della massa m del porta masse.

Calcola il valore y dell'abbassamento del nodo: $y=H-h$. Riportane il valore sui Fogli Risposte.

Aggiungi massa al porta masse e ripeti le operazioni precedenti fino a disporre di almeno 6 valori per y e i corrispondenti valori per m .

È UTILE SAPERE CHE: uno studio teorico del sistema ha concluso che vale la relazione

$$\frac{1}{y^2}=\frac{p}{m^2}-q$$

dove p e q sono costanti.

Per trovare il valore delle costanti traccerai il grafico di $1/y^2$ (sull'asse delle ordinate) in funzione di $1/m^2$ (sull'asse delle ascisse).

Traccia la retta che meglio approssima i punti del grafico.

Trova i valori delle costanti p e q e riportali sui Fogli Risposte. Ricorda di indicarne l'unità di misura. Mostra con chiarezza il procedimento che hai seguito.

Fai una stima dell'incertezza con la quale hai determinato il valore di p e di q. Mostra con chiarezza il procedimento che hai seguito per determinare l'incertezza.

SALISCENDI

FOGLI RISPOSTE

1. La distanza del nodo dell'anello dal piano del tavolo è: H = ____________ _______

2. La distanza del nodo dell'anello dal punto in cui il cordoncino tocca la puleggia è:

a = ____________ _______

Disponi di quattro masse più leggere e tre più pesanti, e di un porta masse, per caricare l'anello centrale del cordoncino con una massa m. Segui le istruzioni per prendere le misure di m e della distanza h dal tavolo che il nodo dell'anello centrale del cordoncino assume a causa del carico. Dovrai organizzare le misure in modo da ottenere un buon grafico.

TABELLA 1				
m (g)	h ( )	y ( )		

3. Traccia il grafico richiesto sulla carta millimetrata e la linea retta che meglio approssima i dati.

4. Sapendo che vale la relazione $\frac{1}{y^2} = \frac{p}{m^2} - q$ trova i valori delle costanti *p* e *q*. Descrivi con chiarezza come hai determinato questi valori: puoi usare anche delle costruzioni sui Fogli dove hai tracciato il grafico. Ricordati di riportare le unità di misura.

p = ______________ ________ ho determinato il valore di *p*

………

………

………

q = ______________ ________ ho determinato il valore di *q*

… ……

………

………

5. L'incertezza del valore di *p* è:

dp = ______________ ________ ho determinato il valore di *dp*

………

………

………

………

p ± d*p* = ______________________ ____________

FRA I GRANELLI DI SABBIA

Primo problema sperimentale per la gara del 10 Maggio 2017

Presentazione

Lo scorso anno, al mare, il piccolo Giacomo scavava nella sabbia con la paletta nuova e stava riempiendo il secchiello. Sua sorella Teresa era imbronciata, voleva andare in acqua, non darsi da fare per costruire un castello di sabbia. Finalmente Giacomino si tirò su, afferrò il secchiello: "*è pesante*" disse, e lo rimise giù. "*Per forza*" sentenziò Teresa, "*hai preso la sabbia bagnata.*" Teresa è una che osserva e argomenta su tutto. Sia per Giacomo che per Teresa, pesante è un oggetto che presenta un peso inatteso, qualcosa come una scatola di biscotti piena di ghiaia. Ma perché un secchiello pieno di sabbia bagnata dovrebbe pesare di più di quando è riempito con la medesima sabbia quando è asciutta? Sarà vero?

Si chiede con questa attività di studiare la situazione con osservazioni e misure eseguite su sabbia asciutta e su sabbia bagnata.

Controlla il materiale a disposizione

sul tavolo di lavoro

- un cilindro graduato da 100 cm^3
- un contenitore con della sabbia asciutta
- un bicchiere da circa 250 cm^3 contenente acqua
- una siringa di plastica graduata da 50 cm^3 per versare l'acqua nel cilindro graduato
- uno steccone di legno

sul tavolo di servizio

- cilindro graduato asciutto da 50 cm^3 o 100 cm^3
- rotolo di carta da cucina
- secchio con acqua per sciacquare
- contenitore per buttare la sabbia che non serve più

Come procedere

Metti nel cilindro graduato della sabbia asciutta fino a 20 – 25 cm^3. Annota il volume della sabbia sui Fogli Risposte. Ora versa dell'acqua nel cilindro graduato, facendo attenzione a non far schizzare in giro la sabbia.

Farai scorrere l'acqua prudentemente lungo le pareti interne del cilindro, tanto da arrivare a circa 50 cm^3. Cosa osservi? Prova a mescolare delicatamente la sabbia con lo steccone: cosa osservi? Annotalo sui Fogli Risposte.

Ora ripeti l'osservazione ma mettendo nel cilindro prima l'acqua. Vai a risciacquare il tuo cilindro graduato poi mettici 20 – 25 cm^3 di acqua usando la siringa. Annota il volume di acqua V_{acqua} sui Fogli Risposte.

Vai al tavolo di servizio con la sabbia ed un bicchiere asciutto e misura 20 – 25 cm^3 di sabbia asciutta mediante il cilindro graduato: riporta il suo volume, $V_{sabbia\ asciutta}$ sui Fogli Risposte. Versa la sabbia misurata nel bicchiere asciutto. Ora torna al tavolo di lavoro e, facendo molta attenzione, versa la sabbia nell'acqua già contenuta nel cilindro graduato. Puoi usare un foglio di carta per farne un imbuto sottile da inserire nel cilindro.

Quale volume occupano la sabbia e l'acqua? Annotalo sui Fogli Risposte denominandolo $V_{sabbia+acqua}$: ti pare uguale alla somma del volume dell'acqua e di quello della sabbia asciutta? Perché il volume della miscela non è uguale alla somma dei volumi dei due componenti la miscela? Scrivi sui Fogli Risposte le tue spiegazioni motivate.

Cosa hai osservato che conferma il fatto che la sabbia asciutta contiene sempre dell'aria intrappolata fra granello e granello. Ora puoi calcolare quale percentuale di aria contiene il tipo di sabbia di cui disponi. Mostra la risposta e i calcoli che hai fatto sui Fogli Risposte.

Se fai parte di un gruppo in cui diversi tuoi colleghi hanno effettuato questo stesso esperimento con lo stesso tipo di sabbia e nelle medesime condizioni, raccogli i risultati dei tuoi colleghi e riportali nella Tabella del Fascicolo Risposte. Calcola la media delle diverse percentuali e trovane l'incertezza per queste misure.

Scrivi questo nuovo valore per la percentuale di aria contenuta in quel tipo di sabbia quando è asciutta.

Ora puoi rispondere alla domanda: perché la sabbia bagnata dovrebbe avere densità maggiore di quella asciutta? Scrivi la tua risposta motivata sui Fogli Risposte.

FRA I GRANELLI DI SABBIA

FOGLI RISPOSTE

Che cosa hai osservato mescolando con lo steccone la sabbia bagnata?
....
....
....

Il volume dell'acqua è V_{acqua} = _____________ _____

Il volume della sabbia asciutta è $V_{sabbia\ asciutta}$ = _____________ _____

Il volume della sabbia mescolata all'acqua è $V_{sabbia+acqua}$ = _____________ _____

Perché pensi che il volume della sabbia con l'acqua non sia la somma dei volumi di sabbia e di acqua che hai mischiato?

……

……

PROVE RIPETUTE			
PROVA	percentuale di aria	PROVA	percentuale di aria
1		11	
2		12	
3		13	
4		14	
5		15	
6		16	
7		17	
8		18	
9		19	
10		20	
Il valore medio della percentuale è _____________			

L'incertezza del valore medio che hai trovato è ______________________

ORO? NO, PRINCISBECCO[4]

Secondo problema sperimentale per la gara del 10 Maggio 2017

Presentazione

Eh già: non è tutto oro.... le monete da 10 c, 20 c e 50 c di Euro sono fatte con un ottone speciale dall'aspetto aureo, l'oro nordico. Questa lega ha la proprietà di usurarsi poco e non provoca allergie quando viene maneggiata. Se uno cercasse di raccogliere le monetine da 1c, 2c e 5c con una calamita ci riuscirebbe benissimo, anche se le monete sembrano fatte di rame: infatti sono di acciaio ricoperto da un sottilissimo strato di rame. Le monete di ottone invece non vengono attirate dalla calamita perché contengono parecchio rame. Quanto? È quello che cercherai di misurare in questo esperimento.

Controlla il materiale a disposizione

sul tavolo di lavoro

- un cilindro graduato da 100 cm^3
- un contenitore con monetine da 10 c e 20 c (con una massa complessiva di non meno di 150 g.)
- un bicchiere da circa 250 cm^3 pieno d'acqua
- una siringa di plastica graduata da 50 cm^3 per versare l'acqua nel cilindro graduato
- diversi fogli di carta assorbente da cucina

sul tavolo di servizio

- bilancia
- alcuni calibri
- rotolo di carta assorbente da cucina

4 Princisbecco è un ottone, lega di rame, zinco e stagno, con rapporti variabili, che d'aspetto è simile all'oro. Il nome deriva da quello del suo inventore, l'orologiaio inglese Christopher Pinchbeck, vissuto fra il 1670 e il 1732. La lega, per il suo aspetto molto simile all'oro fu usata per decorazioni povere ma appariscenti o per truffe. Si dice infatti "*rimaner di princisbecco*" scoprendo che ciò che si apprezzava non vale nulla.

È UTILE SAPERE CHE:

- l'ottone dell'oro nordico con cui sono fatte le monete si ottiene da una lega di diversi metalli: qui basta sapere che si aggiunge una frazione in volume $p_{Cu}=V_{Cu}/V_{ottone}$ di rame ad una frazione in volume $q_{lega}=V_{lega}/V_{ottone}$ di altri metalli. Va da sé che
$$p_{Cu}+q_{lega}=1.$$
- Se la densità dell'oro nordico è indicata con d_{ottone}, la densità del rame con d_{Cu} e la densità della lega di altri metalli aggiunta al rame con d_{lega}, allora la densità dell'oro nordico è
$$d_{ottone}=p_{Cu}\cdot d_{Cu}+q_{lega}\cdot d_{lega}.$$
- La densità di una sostanza omogenea è data dal rapporto fra la massa di una certa quantità di quella sostanza e il suo volume. La densità del rame è $d_{Cu}=8{,}920\ \text{g/cm}^3$ e la densità della lega aggiunta al rame è $d_{lega}=5{,}137\,\text{g/cm}^3$.

Misura della densità dell'ottone "oro nordico"

In questa fase dell'esperimento userai tutte le monete a tua disposizione.

Misurane la massa con la bilancia che trovi sul tavolo di servizio: scrivi il risultato sui Fogli Risposte.

Per misurare il volume delle monete userai la tecnica dello spostamento d'acqua.

Versa anzitutto una quantità d'acqua nel cilindro graduato ed annotane il volume, V_{acqua}, sui Fogli Risposte. Annota anche l'incertezza strumentale di questa misura.

Attento a quanta acqua versi, dopo dovrai poter immergere nell'acqua tutte le tue monete.

Con molta attenzione, facendole scivolare a una a una lungo la parete interna del cilindro, inserisci nell'acqua tutte le tue monete. Annota sui Fogli Risposte il nuovo volume indicato dal livello dell'acqua nel cilindro, $V_{acqua+monete}$. Annota anche l'incertezza di questa misura.

Calcola il volume delle monete, V_{monete}, e infine, la densità dell'ottone. Annota il procedimento ed i risultati sui Fogli Risposte. Fai una stima dell'incertezza delle tue misure, del volume, δV, e della densità, δd; annotale sui Fogli Risposte.

FACOLTATIVO: *se disponi di un calibro e sai usarlo forse ti sei chiesto se fosse meglio misurare il volume delle monete col calibro e, confermato che ciò sia meglio, quanto ci si guadagna in precisione con questa procedura. Prova ad effettuare col calibro le misure di volume di un cilindretto di cinque o sei monetine uguali e stima l'incertezza del volume trovato ed infine quella della densità dell'ottone ottenuta con questa nuova misura.*

Misura della percentuale di rame nei centesimi di euro di oro nordico

Tenendo presenti le informazioni 1), 2) 3) e 4) calcola la frazione p_{Cu} di rame presente nell'ottone: mostra il procedimento ed il risultato nel Fascicolo Risposte.

Calcola l'incertezza della tua misura considerando che le densità date abbiano incertezza trascurabile.

FACOLTATIVO: *trova la percentuale di rame nelle monetine usando il valore della densità trovato misurando il volume di ottone col calibro. Stima l'incertezza di questa misura e confrontala con quella trovata misurando il volume per spostamento d'acqua.*

Prove ripetute

Se fai parte di un gruppo in cui altri tuoi colleghi hanno effettuato questo esperimento, **nelle medesime condizioni**, raccogli i risultati dei tuoi colleghi e riportali nella Tabella del Fascicolo Risposte.

Calcola il valore medio delle misure p_{Cu}, p_{medio}; calcola la deviazione standard σ e l'errore standard della media delle misure, σ_{media}.

È UTILE SAPERE CHE: intuitivamente possiamo dire che, escludendo errori sistematici, la deviazione standard misuri l'*incertezza* statistica delle singole misure e che l'errore standard della media sia un indice dell'*incertezza* del valore medio per quel campione di misure:

$$\sigma_{media}=\frac{\sigma}{\sqrt{(N)}}=\sqrt{\frac{(p_{1Cu}-p_{medio})^2+(p_{2Cu}-p_{medio})^2+(p_{3Cu}-p_{medio})^2+....+(p_{NCu}-p_{medio})^2}{N\cdot(N-1)}}$$

Se il numero di misure è piccolo (per esempio meno di 10) è ragionevole approssimare σ_{media} con la semidispersione

$$s=\frac{p_{max}-p_{min}}{2} \quad .$$

Se osservi che qualcuna (non più del 10%) delle misure di cui disponi si scosta dal valore medio di più di 2σ puoi considerare spuri questi dati e rifiutarli salvando così la migliore qualità degli altri dati. Ricalcolerai media e deviazione standard per i dati rimanenti e riporterai i valori nella tabella del Fascicolo Risposte.

Scrivi le tue conclusioni sulla percentuale di rame nelle monete da 10 c, 20 c e 50 c di Euro.

Commenta il lavoro fatto. In particolare rispondi alle seguenti domande:

- perché hai dovuto raccogliere tante monete?
- ci sono delle misure che potrebbero essere affette da particolari cause di errore, quali e perché lo puoi affermare?
- come potresti migliorare i tuoi risultati e quelli ottenuti con il contributo di tutti?
- hai osservato qualche anomalia nello svolgimento della tua prova?

ORO? NO, PRINCISBECCO

FOGLI RISPOSTE

La massa delle monete è M_{monete} = __________________ ± __________

Riporta nella seguente tabella il volume dell'acqua nel cilindro graduato, dell'acqua contenente le monete e quello ricavato delle monete. Ricorda di scrivere anche i valori dell'incertezza di tutte le misure.

V_{acqua} [........]	$V_{acqua+monete}$ [........]	V_{monete} [........]
±	±	±

Mostra come calcoli la densità dell'ottone e riporta il risultato.

Mostra come calcoli l'incertezza della tua misura di densità dell'ottone e riporta il risultato.

Mostra come ricavi la frazione p_{Cu} di rame contenuta nell'ottone, esprimendola in funzione di grandezze di cui conosci il valore numerico.

Mostra come stimi l'incertezza della tua misura di p_{Cu} considerando che le densità date del rame e della lega aggiunta ad esso, abbiano incertezza trascurabile.

Riporta nella seguente tabella i valori di p_{Cu} trovati nelle altre prove. Calcola il valore medio e la deviazione standard (usa un programma per questo calcolo).

PROVE RIPETUTE			
PROVA	p_{Cu}	PROVA	p_{Cu}
1		11	
2		12	
3		13	
4		14	
5		15	
6		16	
7		17	
8		18	
9		19	
10		20	
Il valore medio della frazione di rame è ____________			
La deviazione standard è σ=_______________			

Puoi scartare i valori che si discostano dal valore medio più di 2σ , ci sono valori che vuoi scartare?

………

Se hai scartato dei valori, riporta in una nuova tabella i valori di p_{Cu} che mantieni. Calcola il nuovo valore medio e la nuova deviazione standard.

In conclusione si può affermare che

la percentuale in volume di rame contenuta nelle monete è __________________

Di seguito scrivi i tuoi commenti motivati sulla prova:

………

………

………

………

………

………

NON OSCILLA FOGLIA CHE GRAVITÀ NON VOGLIA

Problema sperimentale per la gara del 8 Maggio 2018

Presentazione

Nel nostro mondo in cui la materia è pesante è facile vedere oscillare nei modi più vari i più disparati oggetti: è notevole il fatto di come i bimbi, anche i più piccoli, ne restino affascinati. L'oscillazione si verifica quando un oggetto, spostato dal suo stato di equilibrio, tende inesorabilmente a tornarvi mentre però i vincoli a cui l'oggetto è sottoposto consentono continue trasformazioni dell'energia che lo riportano nuovamente e senza posa fuori dal suo stato di equilibrio. La frequenza con la quale si ripetono le oscillazioni dipende da come è fatto il sistema che oscilla e da quanto è intensa l'azione della gravità nella posizione in cui si trova. Lo studio delle oscillazioni di un oggetto, perciò, quando sia nota la legge con cui oscilla, consente di determinare il valore locale dell'accelerazione di gravità. Esistono sistemi che possono oscillare in vari modi e le loro oscillazioni possono presentasi in numerose varianti dovute alle diverse possibilità che hanno i modi di oscillazione di comporsi fra loro. Dovendo studiare tali sistemi è necessario fare sì che i diversi modi di oscillazione siano fatti agire separatamente.

In questa prova farai oscillare una sottile bacchettina metallica ripiegata a V, come nella figura 1.

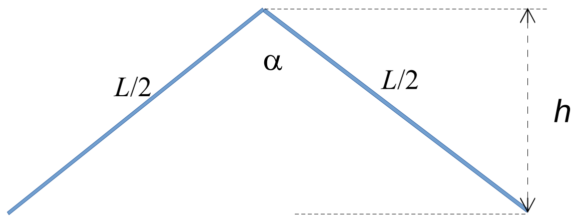


Figura 1

Controlla il materiale che hai a disposizione

- una sottile bacchettina metallica che è stata leggermente limata al centro per renderla ruvida
- un paio di pinze
- un piccolo coltello da tavola non seghettato (vanno bene quelli da frutta)
- bastoncino metallico sottile e liscio a sezione circolare o anche un gancio
- riga millimetrata e goniometro
- cronometro a 0,01 s (va bene quello del cellulare o dello smartphone)
- carta millimetrata e carta a quadretti
- fogli per le risposte
- sono reperibili su tavoli di servizio nastri adesivi e forbici

Progetto

La struttura può essere fatta oscillare in diversi modi: nel piano stesso dei lati della V (vedi figura 2) oppure perpendicolarmente al piano definito dai lati della V (vedi figura 3). Nel seguito indicheremo il primo modo di oscillazione come “caso A” e il secondo come “caso B”.

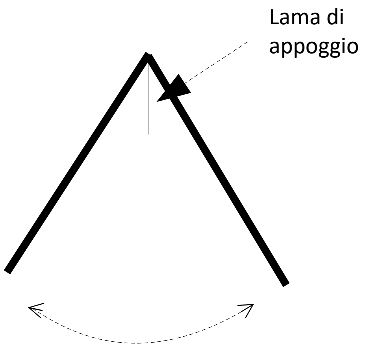


Figura 2: caso A

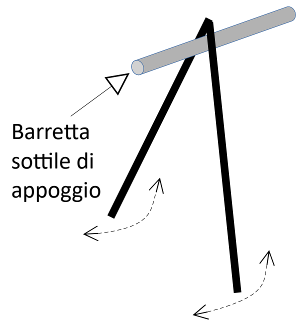


Figura 3: caso B

Studierai le oscillazioni nei due casi e, dalle formule note dalla teoria, ricaverai il valore dell’intensità locale del campo gravitazionale (accelerazione locale di gravità).

È UTILE SAPERE CHE:

Caso A) :

quando la struttura viene fatta oscillare nel piano stesso dei lati della V e le oscillazioni hanno una piccola ampiezza, il periodo T_A è dato dalla seguente equazione (1):

$$T_{\mathrm{A}} = 2\pi\sqrt{\frac{K}{g}} \qquad (1)$$

dove K è una lunghezza definita al seguente modo $K = \frac{L^2}{6h}$. L è la lunghezza del bastoncino col quale si è costruita la V (vedi Figura 1) e h l’altezza del triangolo isoscele definito dalla V.

L’equazione (1) può essere scritta nella forma, ad essa equivalente

$$\frac{1}{T_A^2} = \frac{3g}{2\pi^2 L^2} h \qquad (2)$$

che mette in evidenza la proporzionalità diretta fra il reciproco del quadrato del periodo delle oscillazioni e la lunghezza h . Dalla (1) si vede che misurando T, L e h si può ricavare una misura per g.

Caso B) :

ora la struttura con cui lavori dovrebbe avere un’apertura angolare della V di 30°.

Se in queste condizioni viene fatta oscillare perpendicolarmente al piano definito dai lati della V (vedi figura 4) e se le oscillazioni hanno una piccola ampiezza, il periodo T_B è dato dalla seguente equazione:

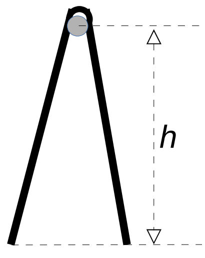


Figura 4

$$T_B = 2\pi\sqrt{\frac{K_B}{g}} \qquad (3)$$

dove K_B è una lunghezza definita al seguente modo $K_B = \frac{2h}{3}$.

Le misure

Caso A):

Per ottenere un valore più affidabile di g dall'equazione (2) è opportuno ripetere più volte le operazioni di misura. Farai quindi variare h e misurerai ogni volta il corrispondente valore del periodo T.

Fissa il coltellino col nastro adesivo al bordo del tavolo di lavoro in modo che la parte tagliente sporga dal tavolo e sia rivolta verso l'alto. Opera con prudenza per non ferire te stesso o altri.

Prima di piegare il bastoncino misurane la lunghezza L e riporta il valore trovato sui Fogli Risposte.

Piega il bastoncino nel suo punto medio fino ad ottenere una V con apertura angolare di circa 120°. Misura h (vedi la Figura 1) e riportane il valore sulla tabella A dei Fogli Risposte. Ricordati di riportare anche l'incertezza delle misure.

Disponi la V in equilibrio sulla lama del coltello e falla oscillare in maniera che la struttura rimanga nel piano definito dalla V durante tutte le oscillazioni. Ricorda che le oscillazioni devono avere piccola ampiezza. Misura il tempo t impiegato dalla struttura per compiere 20 oscillazioni complete. Ripeti tutta l'operazione un'altra volta ottenendo un nuovo valore per t . Riporta i due valori ottenuti per t sulla tabella A dei Fogli Risposte. Ricordati di riportare anche l'incertezza delle misure.

Ripeti per altre quattro volte le precedenti operazioni di misura, riducendo ogni volta l'angolo di apertura della V, fino a raggiungere un'apertura di circa 30°.

Caso B):

Come hai fatto prima, fissa col nastro adesivo il bastoncino sottile al tavolo e disponi la struttura a V sul bastoncino: mettila in oscillazione al modo indicato in figura 3. Per farlo dovrai spostare insieme ambedue i lati della V. Ricorda che l'ampiezza delle oscillazioni deve essere piccola.

Misura per due volte il tempo t necessario perché la struttura compia 20 oscillazioni complete e riporta i valori nella tabella B dei Fogli Risposte. Ricordati di riportare anche l'incertezza delle misure.

Elaborazione dei dati

Caso A):

Completa la tabella A dei Fogli Risposte. Ricorda che, se ϵ_T è l'incertezza con la quale conosci il valore del periodo T_A , l'errore per $1/T_A^2$ è

$$\epsilon_{1/T_A^2} = 2\frac{\epsilon_T}{T_A^3}.$$

Riportando in un grafico le coppie di valori (h, $1/T_A^2$) potrai tracciare la retta per l'origine che approssima i punti derivati dalle misure e il cui coefficiente angolare consentirà di risalire al valore di g. Sul foglio di carta millimetrata riporta il grafico di $1/T_A^2$ (asse delle ordinate) in funzione di h (asse delle ascisse).

Traccia la retta che meglio approssima i punti del grafico e determina il suo coefficiente angolare m.

Stima l'incertezza di m, ϵ_m.

Considerando l'equazione (2) calcola il valore di *g* dedotto dalle tue misure: $g=\frac{2}{3}\pi^2 L^2 m$.

Calcola l'incertezza sulla misura di *g*, ϵ_g, assumendo per l'errore relativo l'espressione $\frac{\epsilon_g}{g}=2\frac{\epsilon_L}{L}+\frac{\epsilon_m}{m}$.

Riporta l'elaborazione e il risultato sui Fogli Risposte. Scrivi sui Fogli Risposte il valore di *g* che hai misurato nella fase A dell'esperimento.

Caso B) :

Calcola il valore medio per t, t_{medio}, e riportalo nella tabella dei Fogli Risposte**.** Calcola anche l'incertezza del valore medio e riportala in tabella.

Calcola il periodo T_B e riporta il risultato nella tabella dei Fogli Risposte. Calcola anche l'incertezza di T_B e riportala in tabella.

Calcola il valore di *g* tenendo conto dell'equazione (3): $g=\frac{8\pi^2 h}{3T_B^2}$.

Calcola l'incertezza sulla misura di g, ϵ_g, sapendo che l'errore relativo è $\frac{\epsilon_g}{g}=\frac{\epsilon_h}{h}+2\frac{\epsilon_{T_B}}{T_B}$. Riporta l'elaborazione e il risultato sui Fogli Risposte.

Scrivi sui Fogli Risposte il valore di g che hai misurato nella fase B dell'esperimento.

Commenti

Il valore di g trovato nel caso A è compatibile col valore di 9.81 m/s^2?

Il valore di g trovato nel caso B è compatibile col valore di 9.81 m/s^2?

Hai osservato qualche punto critico nelle operazioni che hai fatto? Se sì indicane uno o due, i più rilevanti, e spiega perché pensi che abbiano potuto influire sulla bontà dei tuoi risultati.

Hai pensato a qualche accorgimento per migliorare i risultati? Se sì spiega quale e perché. Rispondi sui Fogli Risposte.

NON OSCILLA FOGLIA CHE GRAVITÀ NON VOGLIA

FOGLI RISPOSTE

la lunghezza del bastoncino è L = _____________ ± ________ _____

TABELLA A1					
h (m) ± ____ (m)	t (s) ± ____ (s)		t_{medio} (s)	T_A (s)	$1/T_A^2$ (s^{-2})
	Prova 1°	Prova 2°			
			±	±	±
			±	±	±
			±	±	±
			±	±	±
			±	±	±

Sul foglio di carta millimetrata riporta il grafico di $1/T^2$ (asse delle ordinate) in funzione di h (asse delle ascisse). Traccia la retta che meglio approssima i punti del grafico. Determina il coefficiente angolare m della retta. Sempre sul foglio di carta millimetrata mostra con chiarezza come hai operato per determinare il valore di m.

Stima l'incertezza di m e scrivi qui sotto il metodo che hai usato per stimare ϵ_m

………

………

………

Il valore del coefficiente angolare determinato precedentemente è:

$$m \pm \epsilon_m = (\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \pm \_\_\_\_\_) \; \_\_\_\_\_\_\_ \; .$$

Qui sotto sviluppa i calcoli per determinare i valori di *g e* ϵ_g dedotti dalle tue misure.

TABELLA B						
h (m) ± …...... (m)	t (s) ± …............… (s)		t_{medio} (s) ± …........(s)	T_B (s) ± …........(s)	T_B^2 (s^2)
	Prova 1°	Prova 2°			

Nel riquadro qui sotto sviluppa i calcoli per determinare i valori di *g e* ϵ_g dedotti dalle tue misure.

Il valore di g trovato nel caso A è compatibile col valore di 9.81 m/s^2?

SI’ ☐ ☐ NO

Il valore di g trovato nel caso B è compatibile col valore di 9.81 m/s^2?

SI’ ☐ ☐ NO

Hai osservato qualche punto critico nelle operazioni che hai fatto? Se sì indicane uno o due, i più rilevanti, e spiega perché pensi che abbiano potuto influire sulla bontà dei tuoi risultati.

………

………

………

………

………

………

………

Hai pensato a qualche accorgimento per migliorare i risultati? Se sì spiega quale e perché.

……

……

……

……

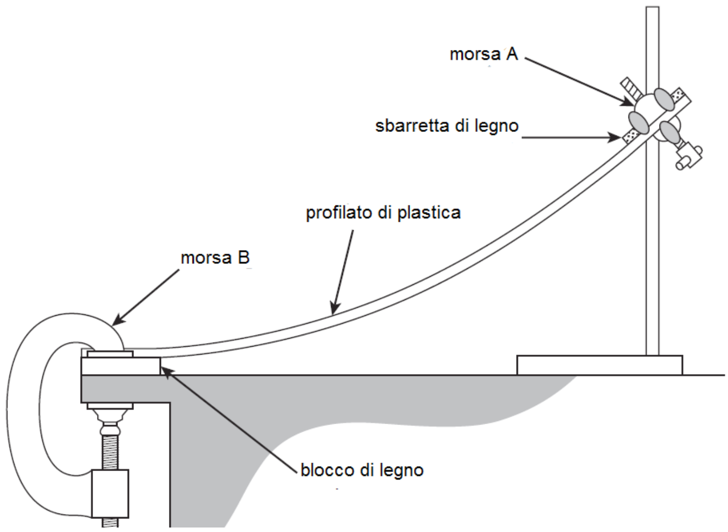
……

LO SCIVOLO[5]

Problema sperimentale per la gara del 3 Maggio 2019

Presentazione

E chi non l'ha fatto? Quando eravamo ai giardinetti da bambini, oppure al mare dove si volava in acqua e più lungo era il volo più era emozionante: tutti in fila sulla scaletta dello scivolo per poi lasciarsi andare, e più in alto si va più è bello scendere. E poi, il gioco è ancora più bello se si tenta di colpire qualche cosa mentre si viene giù.

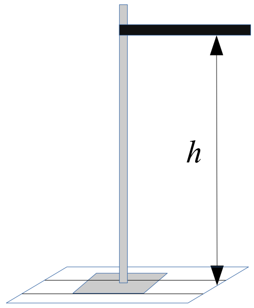


Progetto

In questo esperimento farai scendere una pallina lungo uno scivolo di plastica fatto in modo che il punto di partenza possa essere posto a diverse altezze e che il tratto finale dove la pallina si stacca dallo scivolo rimanga sempre orizzontale. Studierai di quanto la pallina si allontana dalla base dello scivolo, sia prima di toccare il pavimento che prima di raggiungere una quota

5 *Idea tratta da AQA GCE Examinations 2012.*

determinata (a circa 30 cm dal pavimento) dove la pallina dovrà incontrare una striscia orizzontale che funge da traguardo e colpirla in pieno.

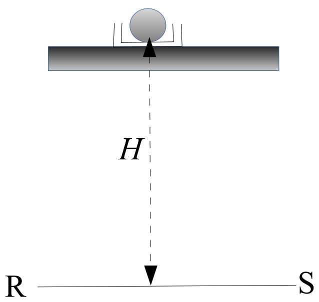


La striscia traguardo sostenuta da un'asta a distanza h dal pavimento.

Controlla il materiale a disposizione:

- lo scivolo già fissato al tavolo con la morsa B (vedi figura). Non dovrai allentare questa morsa per tutta la durata dell'esperimento;
- l'estremità superiore dello scivolo è bloccata con una doppia "noce" che ha la funzione di tenere saldamente l'estremo dello scivolo il quale è irrigidito con un bastoncino di legno: questa parte della morsa non va allentata per tutta la durata dell'esperimento;
- la seconda morsa della doppia "noce" tiene sollevato l'estremo di partenza dello scivolo ed è fissata ad un'asta verticale di sostegno;
- pallina di acciaio;
- foglio di carta carbone, qualche foglio di carta bianca;
- rotolo di nastro adesivo;
- spago, forbici;
- base con asta in legno sulla quale è già fissato un bastoncino metallico (o una stecca sottile), in posizione orizzontale: la distanza del bastoncino dal pavimento deve rimanere immutata per tutta la durata dell'esperimento;
- nastro millimetrato di carta e riga millimetrata;
- pennarello con inchiostro lavabile o gesso colorato.

Come procedere

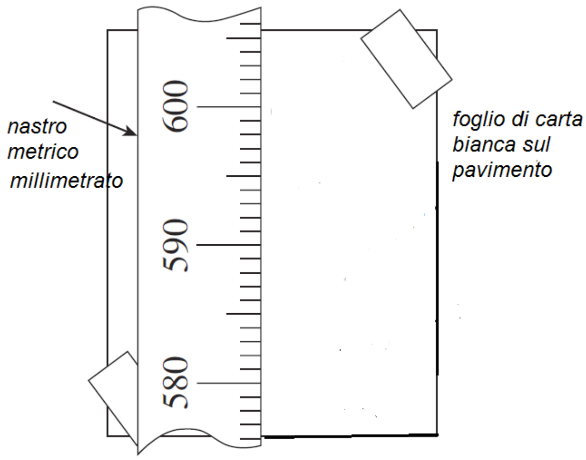


Disponi la pallina nel punto terminale dello scivolo e misura, con la massima precisione che ti riesce ottenere, la distanza H della base della pallina dal pavimento. Riporta la misura sui Fogli Risposte.

Traccia sul pavimento (col gesso o con il pennarello) un segmento RS in modo che si trovi nello stesso piano verticale che passa per l'estremità finale dello scivolo.

Poni la pallina a contatto con l'estremità del bastoncino di legno alla sommità dello scivolo, e lasciala andare senza spingerla. La pallina cadrà sul pavimento, osserva attentamente il punto in cui cade. Disponi un foglio di carta bianca in modo che la pallina vi cada sopra e quando non hai dubbi che ciò avvenga fissalo al pavimento con il nastro adesivo.

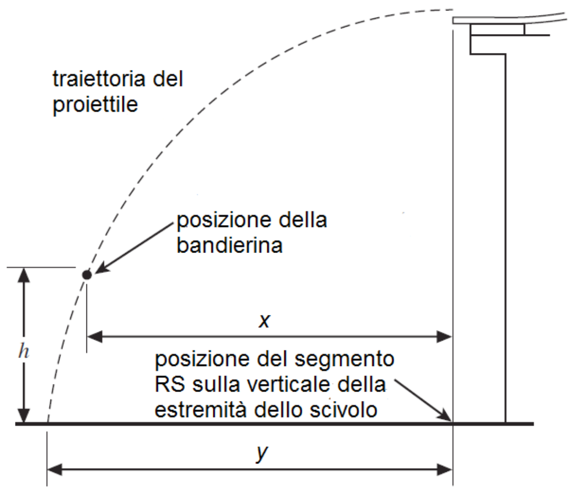
Fissa al pavimento col nastro adesivo anche il nastro millimetrato mantenendolo parallelo all'asse dello scivolo a partire dal segmento RS fino sopra al foglio di carta. Foglio di carta e nastro adesivo non dovranno più essere spostati per tutta la durata dell'esperimento.



Disponi il foglio di carta carbone sul foglio di carta e fai cadere la pallina allo stesso modo di prima. La caduta produrrà un segno sul foglio di carta bianca. Ripeti il procedimento altre quattro volte per ottenere dati più affidabili. Quando hai finito rimuovi il foglio di carta carbone e misura le distanze y_1 … y_4 dal segmento RS dei diversi punti in cui è caduta la pallina. Riporta le misure nei successivi Fogli Risposte. Contrassegna in qualche modo i punti per evitare di confonderli con quelli delle misure successive.

Misura la distanza h dal pavimento della striscia che funge da traguardo e riporta la misura sui Fogli Risposte. Questa distanza andrà mantenuta la stessa per tutta la durata dell'esperimento.

Facendo partire la pallina sempre dalla medesima posizione cerca di fare in modo che colpisca il centro della striscia traguardo. Dovrai fare degli aggiustamenti spostando la striscia insieme al suo sostegno. Una volta riuscito il colpo misura la distanza x fra il punto di impatto e il piano verticale che contiene il segmento RS e riportane la misura nella tabella sui Fogli Risposte. Dovrai escogitare un modo per effettuare nel modo migliore possibile questa misura.



Allenta la morsa che tiene sollevato lo scivolo fissandolo all'asta di sostegno. Abbassa l'estremo sollevato dello scivolo di circa 5 cm. Controlla che in questa operazione lo scivolo non abbia subito torsioni e, se necessario correggi la sua posizione in maniera che non venga disturbato il moto della pallina quando scende.

Operando allo stesso modo di prima ripeti le operazioni necessarie per ottenere le distanze y_1 … y_4 dal segmento RS del punto in cui cade la pallina quando non è disturbata dal traguardo e la nuova distanza x che deve avere la striscia traguardo per essere colpita. Riporta le misure nella tabella dei Fogli Risposte.

Ripeti ancora quattro volte queste operazioni di misura abbassando ogni volta il punto di partenza della pallina sullo scivolo di 5 cm.

In base alle misure ripetute y_n, per ciascuna delle diverse quote da cui hai fatto cadere la pallina, determina quella che giudichi la più probabile gittata, distanza y nella figura precedente.

LO SCIVOLO

FOGLI RISPOSTE

la distanza H della base della pallina dal pavimento è	H = ____________________
la distanza h dal pavimento della striscia che funge da traguardo è	h = ____________________

Riporta nella seguente tabella le misure prese in ciascuna prova eseguita lasciando cadere ripetutamente la pallina da una determinata altezza, il valore medio y_m e la sua incertezza, δy_m.

TABELLA PROVE GITTATA							
PROVA	x (____)	y_1 (____)	y_2 (____)	y_3 (____)	y_4 (____)	y_m (____)	δy_m (____)
1							
2							
3							
4							
5							
6							

Riporta sulla pagina quadrettata dell'ultimo dei Fogli Risposte il grafico con i valori della grandezza y_m in ordinate di un sistema cartesiano ortogonale e i valori della x in ascisse. Quando hai finito torna a questa pagina per procedere con le misure e la loro elaborazione.

Traccia la linea retta che meglio approssima i punti del grafico e determinane la pendenza G. Riporta qui sotto il procedimento seguito ed il risultato e il risultato.

G = ____________________

rielaborazione e commenti su quanto fatto

come hai operato per segnare il segmento RS proprio sotto all'estremità dello scivolo al fine di ottenere la massima precisione possibile con gli strumenti che hai a disposizione?

……..

……..

……..

come hai operato per determinare la distanza x al fine di ottenere la massima precisione possibile con gli strumenti che hai a disposizione?

……..

……..

……..

……..

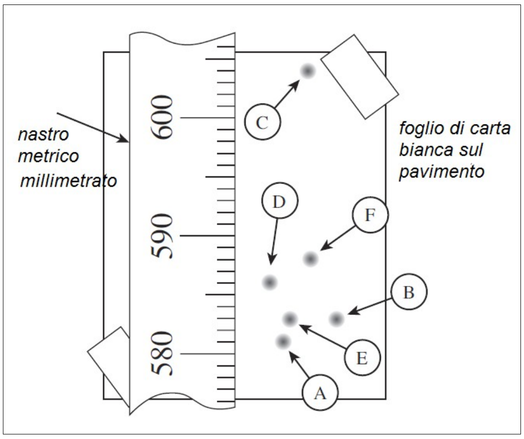
uno studente ha ripetuto per sei volte la misura nelle medesime condizioni di altezza dello scivolo e ha registrato i sei punti che si vedono nella figura a lato. Si vede anche il suo nastro millimetrato che parte da RS. Potresti suggerire qualche possibile ragione del fatto che il punto di impatto C risulta isolato rispetto agli altri cinque?

……………………………………………………………

……………………………………………………………

……………………………………………………………

……………………………………………………………

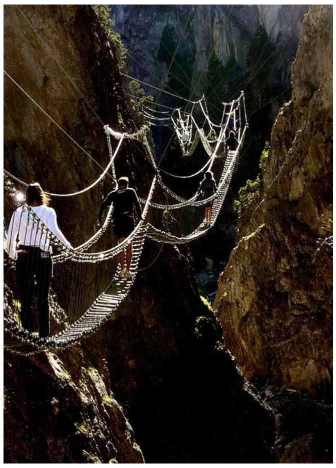


qual è il valore che secondo te quello studente dovrebbe scegliere per y? Motiva la tua risposta e calcola il suo valore di y. y = ___________________

qual è l'incertezza δy del valore che quello studente dovrebbe scegliere per y? Motiva la tua risposta e calcola il valore di δy. δy =__________________

A causa delle disposizioni sanitarie dovute alla pandemia di Covid-19 la XXVIII edizione dei Giochi di Anacleto non ha potuto avere luogo nel 2020.

Cortesia della prof. Anna Rambelli, liceo "Galilei" di Trieste



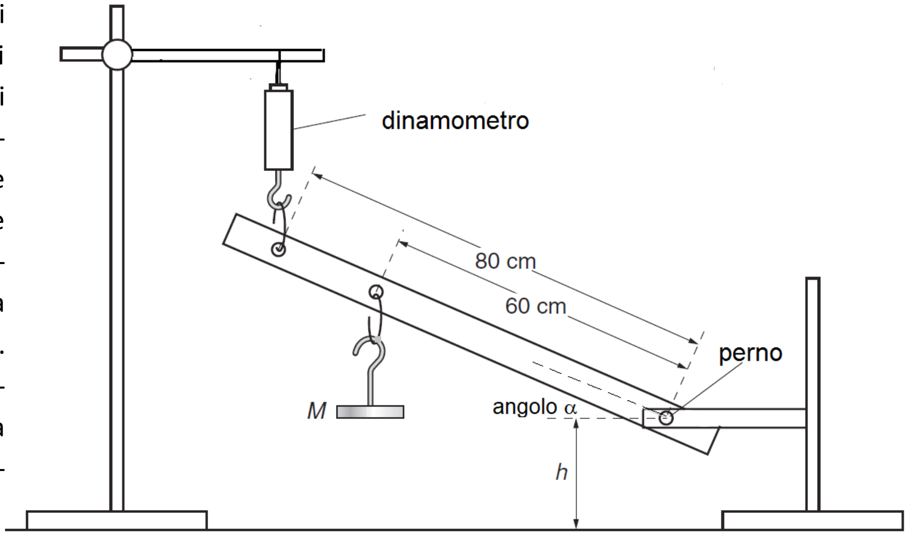
EQUILIBRI[1]

Problema sperimentale per la gara del 8 maggio 2013

Presentazione

In un sistema meccanico in equilibrio spesso è cruciale saper prevedere come cambia l'assetto del sistema a seguito di una nuova distribuzione delle masse e quali sono i nuovi sforzi a cui verranno sottoposte le varie parti.

Osserva la figura a lato. Hai un'asta incernierata ad uno dei suoi estremi la quale quindi può ruotare in un piano verticale attorno ad un perno. Se vuoi reggerla devi esercitare una forza $\overline{T}$, allora l'asta assumerà una posizione inclinata sull'orizzontale di un angolo α. Nella situazione descritta in figura la forza $\overline{T}$ viene esercitata sull'asta mediante il dinamometro.



Progetto

In questo esperimento si vuole che l'asta sostenga un carico variabile dato da una massa M che vi viene sospesa, e si vuole anche che al mutare del carico rimanga invariato l'assetto dell'asta. Si studierà allora come T dipende da M, restando invariate tutte le altre condizioni, compreso l'angolo α.

Effettuato un numero congruo di misure delle coppie $[M,\ T]$, si riporteranno in un grafico verificando che consentono una linea di tendenza lineare. Tracciata la linea retta approssimante i punti del grafico se ne rileveranno i valori della pendenza e dell'intercetta con l'asse delle ordinate e si scriverà l'equazione della retta.

È UTILE SAPERE CHE: si è trovato che la relazione teorica fra T e M è la seguente:

$$T=\frac{3g}{4}M+\frac{gR}{2}$$

dove g è l'accelerazione locale di gravità ed R la massa della stecca.

1 Da una proposta del dr. Willie Yong di Singapore.

Sarà dunque possibile ricavare una misura per l'accelerazione locale di gravità, g e per la massa della stecca, R e confrontare i valori trovati con quelli ottenuti da tabelle e per pesata diretta della stecca.

Allestimento e misure

Assemblaggio dell'apparecchiatura

Userai solamente i componenti che trovi sul tuo tavolo, seguendo le indicazioni della figura più sopra.

Il perno si trova ad un'altezza h dal piano del tavolo su cui poggiano i sostegni. Per garantirti che non cambi l'angolo che l'asta forma con l'orizzontale potrai mantenere fissa la distanza dal piano orizzontale di uno dei punti dell'asta o rigidamente collegati ad essa, per esempio la base del porta masse. Potrai aggiustare l'altezza del braccio trasversale dell'asta di sostegno su cui è sospeso il dinamometro in modo da mantenere costante l'angolo α.

Misure

Ti viene data la massa M_1 del sostegno per le masse della quale dovrai tenere conto durante l'esperimento.

Controlla che il dinamometro si trovi in posizione verticale.

Misura il valore indicato dal dinamometro, T_1.

Aggiungi al portamasse una delle masse che hai a disposizione tenendo conto che dovrai prendere misure per almeno sei volte con masse diverse. Ripeti ogni volta le operazioni indicate precedentemente ed annota il nuovo valore di M e quello corrispondente di T.

Elaborazione dei dati e conclusioni

Riporta i valori che hai misurato per M e per T in una tabella e successivamente in un grafico di T (sull'asse delle ordinate) in funzione di M (sull'asse delle ascisse).

Puoi dire che i punti del grafico possono considerarsi allineati?

Traccia una retta che approssimi al meglio i punti riportati sul grafico in base alle misure.

Determina, operando sul grafico, il coefficiente angolare della retta, m. Riporta il valore di m mostrando come lo hai calcolato. Scrivi anche l'unità di misura di m.

Puoi stimare l'incertezza con la quale hai determinato il valore di m?

Ricordando la relazione teorica che ti è stata suggerita precedentemente trova il valore di *g* dedotto dalle tue misure.

Puoi stimare l'incertezza con la quale hai determinato il valore di g? Il valore di *g* che hai trovato è compatibile con quello che conosci per l'accelerazione di gravità nel luogo in cui ti trovi?

SUGGERIMENTO: *non hai avuto bisogno di misurare la massa dell'asta che hai usato nell'esperimento. Ora, se vuoi, potresti dedurre il valore R della massa dell'asta dalle misure che hai effettuato, successivamente potresti pesare l'asta e confrontare le due misure.*

TRASPARENZE

Problema sperimentale per la gara del 8 maggio 2014

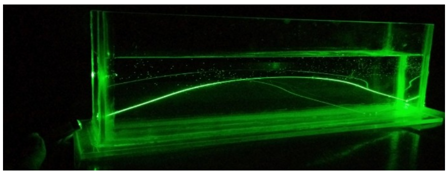
Presentazione

distorsioni dovute alla rifrazione

Possiamo vedere gli oggetti che non emettono luce propria solo perché la luce che riflettono arriva ai nostri occhi. Allora, come è possibile che si veda un oggetto trasparente? Il fatto è che quasi sempre avviene che non tutta la luce incidente venga trasmessa ma che ci sia anche una frazione di luce riflessa che consente una percezione visiva diretta. Però, se non sbattiamo contro tutte le finestre con i vetri puliti è merito anche della rifrazione della luce. La rifrazione è quel fenomeno per cui i raggi luminosi cambiano direzione quando passano da un mezzo trasparente ad un altro che abbia proprietà ottiche diverse dal primo. Per questo motivo gli oggetti che vediamo attraverso l'acqua o un vetro ci appaiono più o meno distorti.

L'entità della deviazione della luce dipende dalla particolare sostanza trasparente e, in particolare, da una costante che ne caratterizza le proprietà ottiche, l'indice di rifrazione, il cui valore dipende dalla velocità con la quale la luce si propaga entro quella sostanza.

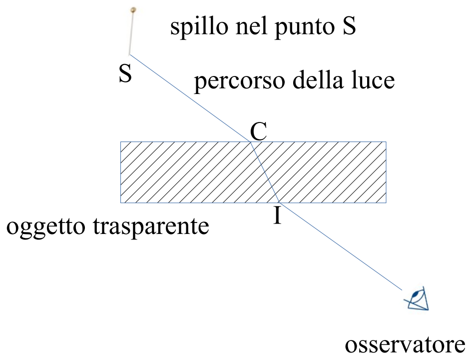
Nella seguente figura si osserva come varia l'inclinazione del fascio di luce laser verde nel passaggio attraverso una soluzione di zucchero con indice di rifrazione diverso a diverse profondità.



fascio di luce laser in una soluzione di zucchero in acqua

NOTE DI STORIA: si sa che il fenomeno della rifrazione fu studiato dagli scienziati dell'antica Grecia, e in particolare se ne scrive nel trattato di Tolomeo d'Alessandria (II secolo d.c.), perduto nell'originale, ma del quale si conobbero le traduzioni in arabo di Al Kindi e di Al Hazen. Secondo Tolomeo era il rapporto fra le ampiezze degli angoli di incidenza e di rifrazione ad essere costante e non, come nella forma di Snell, il rapporto fra i seni degli angoli. In area latina questi studi furono ripresi nel XIII secolo dall'inglese Roberto Grossatesta, in un trattato sulla formazione dell'arcobaleno, *De Iride*, 1235. È solo più tardi però che si può trovare una formulazione chiara della legge della rifrazione della luce: essa viene proposta in forma geometrica nel 1637 da Cartesio nella *Diottrica*, dove riprende un lavoro, non pubblicato, di Willebrord Snell, del 1621.

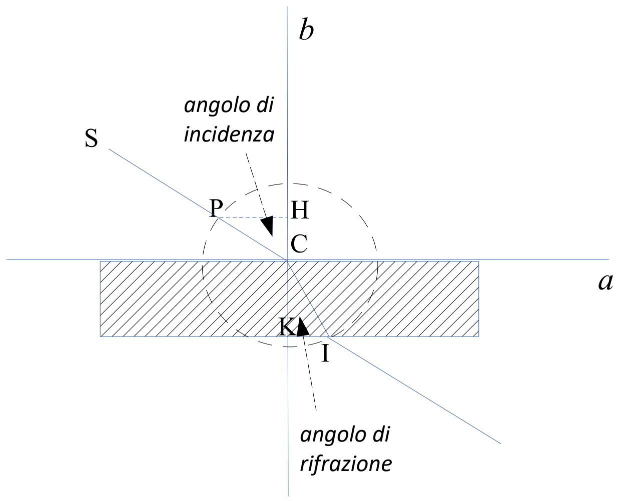
Per meglio comprendere si immagini la seguente situazione:



Un raggio di luce proveniente dallo spillo posto in S incide su un blocchetto trasparente in C, subisce la rifrazione, e vi esce in I con una nuova rifrazione. L'osservatore il cui occhio è colpito dal raggio vedrà i punti I, C ed S allineati lungo la retta che va dall'occhio a I e quindi lo spillo gli apparirà spostato a sinistra rispetto alla sua reale posizione.

È UTILE SAPERE CHE:

Nella trattazione di Cartesio si traccia una circonferenza con centro C e raggio IC. Si tracciano quindi gli assi che contengono due suoi diametri, a e b, fra loro perpendicolari. L'asse a viene scelto in modo da contenere la traccia di uno spigolo del prisma trasparente, come si può vedere nella figura seguente.



Sia P il punto intercettato sulla circonferenza dal segmento SC. Si proiettano sull'asse b i punti: P nel punto H e I nel punto K. La legge della rifrazione nella formulazione data da Cartesio afferma che, qualunque sia la posizione S, quando si ha rifrazione rimane costante il rapporto fra i due segmenti:

$$\frac{\overline{PH}}{\overline{IK}} = \text{costante} \, .$$

In formulazioni più tarde la costante sarà detta indice di rifrazione rispetto all'aria circostante della sostanza di cui è fatto il prisma e la legge di Snell si esprimerà in termini di funzioni goniometriche.

$$n = \frac{\sin(\textit{angolo di incidenza})}{\sin(\textit{angolo di rifrazione})}$$

Si riconoscerà inoltre che $$n=\frac{c}{v}$$

dove n è l'indice di rifrazione, c è la velocità della luce nel vuoto (e nell'aria) e v la velocità della luce nel mezzo trasparente oggetto di studio.

Progetto

L'indice di rifrazione permette di identificare alcune sostanze ed è, per esempio, usato per scoprire se certi oli commestibili sono puri o mescolati ad altri tipi di olio. In questo lavoro si misurerà l'indice di rifrazione di un olio di semi col metodo geometrico descritto da Cartesio. Lo si farà osservando uno spillo attraverso l'olio contenuto in una vaschetta trasparente.

Anzitutto si dovrà definire il percorso di un raggio di luce che, provenendo dallo spillo attraversa il recipiente con l'olio e raggiunge l'occhio dello sperimentatore.

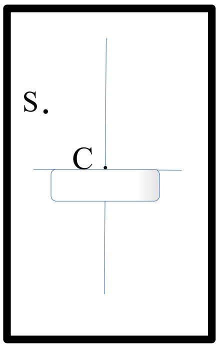
Successivamente si procederà alla costruzione geometrica descritta nella figura più sopra ed al calcolo del valore cercato.

Controlla il materiale che hai a disposizione

- Una base su cui infiggere gli spilli, cartone abbastanza rigido, polistirolo.
- Matita, pennarello nero a punta fine.
- N° 3 fogli formato A3 con tracciati in posizione centrale due assi, che si incontrano nel punto C, fra loro perpendicolari e paralleli ciascuno ad uno dei lati del foglio.
- Carta da cucina per asciugare, nastro adesivo e patafix..
- Spilli sottili e lunghi.
- Vaschetta di plastica trasparente a base rettangolare con olio.
- Due squadre ad angolo retto, millimetrate; compasso.

Allestimento e misure

Preparazione del piano di lavoro



Sulla base utilizzata come piano d'appoggio, fissa col nastro adesivo o col patafix uno dei fogli A3. Disponi la vaschetta con uno dei lati maggiori della base lungo l'asse parallelo al lato corto del foglio, al suo centro. Puoi fissare la vaschetta in posizione con un pezzetto di patafix. Traccia una linea lungo il perimetro di base della vaschetta, ti servirà per rimettere la vaschetta a posto nel caso che ti capiti di spostarla.

A contatto con una delle pareti della vaschetta, in corrispondenza del punto comune ai due assi, infiggi uno spillo nella base. Questo spillo rimarrà fisso per tutta la durata dell'esperimento. Sulla parete della vaschetta segna con il pennarello la sua posizione, C.

Nel semipiano in cui non si trova la vaschetta con l'olio, infiggi lo spillo traguardo nel punto S. Scegli un punto qualsiasi, esclusi i due assi tracciati sul foglio.

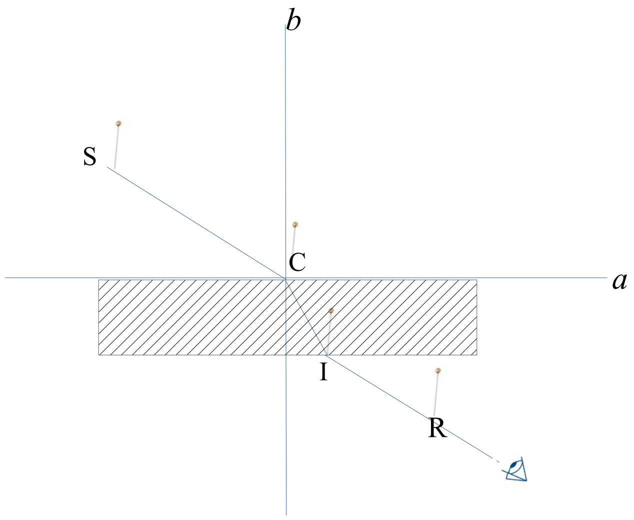
Determinazione del cammino ottico del raggio di luce

Mettiti dalla parte della vaschetta opposta allo spillo infisso in S e, attraverso l'olio presente nel contenitore, osserva i due spilli, quello nel punto C e quello nel punto S. Muovendo un po' la testa cambierai la linea di visione e vedrai gli spilli spostarsi l'uno rispetto all'altro. Aggiusta la tua linea di visione fino a che non vedi i due spilli allineati.

Ora prendi un altro spillo e ritrova la condizione in cui vedi gli spilli in S e in C allineati. Facendo attenzione a non cambiare linea di visione muovi il nuovo spillo a ridosso della vaschetta, dalla parte in cui ti trovi tu, e trova la posizione I nella quale vedi anche questo terzo spillo allineato con gli altri due. Infiggi lo spillo e segna con la matita il punto I sulla carta.

A questo punto hai determinato il cammino del raggio luminoso da S a C a I; devi ancora determinare il percorso del raggio quando esce dalla vaschetta con l'olio.

Torna a metterti nelle condizioni in cui vedi i tre spilli allineati e fissane un quarto nel semipiano che contiene la vaschetta, al suo esterno, in una posizione in cui lo vedi allineato con gli altri tre. Indicherai questo punto con R, segnalo sul foglio col pennarello.

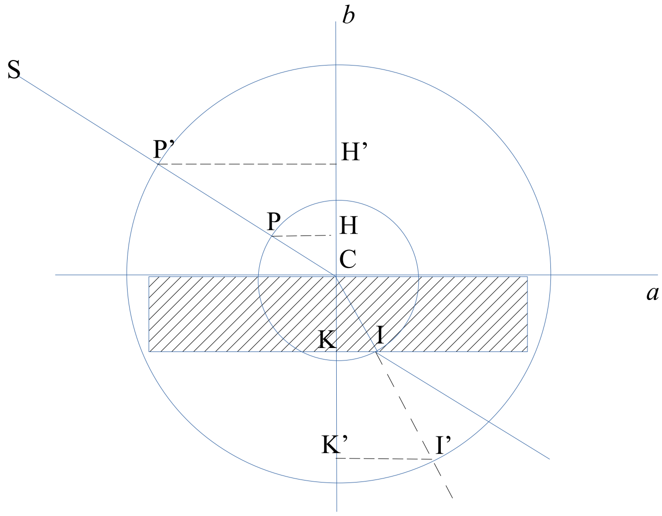


Elaborazione dei dati e determinazione di n

Ora puoi rimuovere, prudentemente, la vaschetta con l'olio e, seguendo quanto descritto nel paragrafo *Note di Storia*, tracciare la circonferenza di centro C e raggio CI ed effettuare le misure ed i calcoli necessari per determinare il valore dell'indice di rifrazione dell'olio che hai sottoposto alla prova.

Puoi stimare l'incertezza percentuale della tua misura?

SUGGERIMENTO: *come ridurre l'incertezza percentuale della misura? Basterebbe che la lunghezza dei segmenti nel rapporto fosse maggiore. Possiamo ottenerlo con l'aiuto delle proprietà dei triangoli simili, come puoi osservare nella figura seguente. Si sono prolungati i due tratti rettilinei corrispondenti ai due tratti della spezzata del cammino ottico del raggio luminoso:* SC e CI. *Si è quindi tracciato un nuovo cerchio con centro* C *e raggio maggiore di quello del cerchio già esistente.*



La nuova circonferenza incontra la semiretta CS *in* P' *e la semiretta* CI *in* I'. *Questi punti vengono proiettati sul diametro verticale nei punti* H' *e* K'. *I triangoli* CPH *e* CP'H' *sono simili, e sono simili anche i triangoli* CKI *e* CK'I'. *Ne segue allora che:*

$$\frac{PH}{IK}=n=\frac{P'H'}{I'K'}$$

Usa il suggerimento per trovare una nuova misura dell'indice di rifrazione dell'olio, *n*, e stimane l'incertezza percentuale.

Un rapporto costante, quanto costante?

Su un nuovo foglio A3 ripeti il procedimento di misura dell'indice di rifrazione dell'olio rispetto all'aria, al modo in cui hai operato precedentemente. In ciascuna misura cambia la posizione dello spillo iniziale, quello infisso nel punto S.

Le tue misure sono compatibili con l'affermazione che il rapporto che esprime l'indice di rifrazione è una costante? Perché puoi dirlo? Oppure, perché puoi negarlo?

Osservazioni conclusive

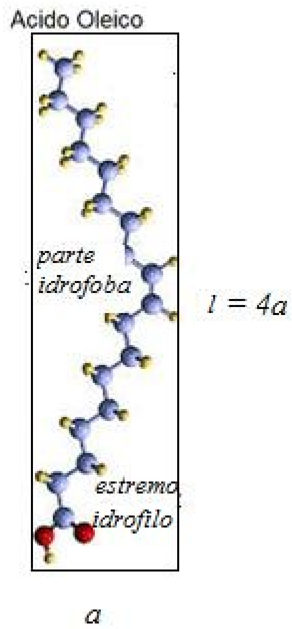
In che modo pensi che influisca sulla misura la vaschetta che contiene l'olio?

QUANTO È PICCOLA UNA MOLECOLA? [2]

Problema sperimentale per la gara del 8 Maggio 2015

Presentazione

Singole molecole non possono essere osservate ad occhio nudo e anche con un potente sistema di lenti lo si può fare solamente ricorrendo a tecniche sofisticate. Eppure lo scopo di questo esperimento è di trovare l'evidenza per ottenere una stima ragionevole delle dimensioni e della massa di una singola molecola usando solamente qualche informazione reperibile nelle tabelle scientifiche e pochi oggetti di uso comune nel laboratorio scolastico. L'operazione sarà possibile perché la molecola che prenderemo in esame, quella dell'acido oleico, ha la proprietà di possedere un estremo idrofilo, che viene attratto dalle molecole dell'acqua, mentre il resto della molecola è idrofobo e perciò respinto dalle molecole dell'acqua. La conseguenza è che le molecole dell'acido oleico, come quelle degli altri lipidi, non sono solubili in acqua mentre sono solubili negli alcoli ed in altri composti organici.



L'acido oleico ha una densità di 0,890 $g cm^{-3}$, minore di quella dell'acqua sulla quale galleggia: per questa ragione una goccia depositata sulla superficie dell'acqua forma una pellicola in cui le singole molecole rivolgono all'acqua l'estremo idrofilo mentre la parte rimanente, idrofoba, sta (per così dire) ritta sull'acqua. La pellicola tende ad espandersi e, se lo spazio per farlo è sufficiente, finisce per avere lo spessore pari alla lunghezza della molecola.

Nei calcoli successivi sarà utile approssimare la molecola con un prisma a base quadrata di lato a , dove la misura del lato è quattro volte minore dell'altezza l. Vedi la precedente figura.

Controlla il materiale che hai a disposizione

- Sostanza in polvere in un contenitore coperto con garza. Si tratta di una sostanza in polvere adatta a formare uno strato molto sottile ed omogeneo che permane sulla superficie dell'acqua.
- Soluzione di acido oleico in un solvente volatile in un contenitore sul quale viene indicata la concentrazione in volume dell'acido oleico nella soluzione, cioè il volume di acido oleico puro che si trova in una unità di volume di soluzione.
- Vassoio piano con bordi rialzati. Servirà per versarvi l'acqua: bisognerà fare attenzione a non rovesciarla quando si svuota. Per farlo, porta il secchio vicino al tavolo su cui si trova il vassoio.

2 Si tratta di un esperimento con una lunga tradizione nella pratica della didattica della chimica e della fisica, reso celebre dal mitico progetto IPS (*Introductory Physical Science*) attivo con nove edizioni successive dal 1974 al 2010.

- Cilindro graduato da 10 mL e sensibilità 0.2/0.1 mL.
- Acqua in una brocca. Un secchio vuoto.
- Riga da 40 - 50 cm o metro rigido millimetrato.
- Contagocce o pipetta.
- Un foglio di carta millimetrata.
- Carta da cucina.

Il progetto

Una goccia di acido oleico si diffonde sulla superficie dell'acqua assumendo una forma grosso modo cilindrica, con un'altezza pari a quella di una molecola di acido oleico. Il volume della goccia è pari a quello dello strato formatosi sull'acqua: noto il volume dell'acido oleico e il diametro dello strato si potrà risalire ad una stima della dimensione l della molecola. L'acido oleico di cui disponi si trova in soluzione in un solvente che però in gran parte evapora quando esposto all'aria. Ti servirà conoscere il volume di acido oleico contenuto in una goccia di soluzione, per questo hai bisogno della concentrazione di acido oleico in soluzione.

Volume e massa di acido oleico in una goccia di soluzione

Userai il contagocce e il cilindro graduato per misurare il volume medio di una goccia della soluzione di acido oleico. Le gocce dovranno essere uguali, nel limite del possibile. Esercitati raccogliendo del liquido col contagocce dal contenitore con la soluzione di acido oleico e lascia ricadere nel contenitore le gocce. Per determinare il volume di una goccia verserai una piccola quantità di soluzione nel cilindro graduato e prenderai nota del suo volume V_0 nella tabella TAB1 del Foglio Risposte.

Aggiungerai quindi altra soluzione (almeno 1 mL) usando il contagocce, facendo attenzione che le gocce siano tutte uguali e contandole con attenzione. Scrivi il numero di gocce che hai contato, N_{gocce}, nella tabella TAB1 dei Fogli Risposte. Prenderai quindi nota del nuovo volume di soluzione contenuto nel cilindro graduato, V_1.

SUGGERIMENTO: *per evitare che il solvente evapori e che quindi la concentrazione della soluzione cambi, ricorda di tappare sempre la boccetta con la soluzione di acido oleico quando non ne fai uso immediato.*

Ripeti altre due volte la misura descritta. Puoi farlo anche senza svuotare il cilindro graduato! Riporta tutti i valori sui foglio Risposte nella tabella TAB1.

Noto il numero di gocce che hai contato, N_{gocce}, contenute in un volume di soluzione pari a $V_1 - V_0$, calcola il volume di una goccia, V_{goccia}, per ciascuna delle tre misure eseguite. Scrivi il risultato nella tabella TAB1 sul Fogli Risposte.

Calcola il valore medio del volume di una goccia di soluzione, $V_{medio\ goccia}$, e riportalo sui Fogli Risposte. Conoscendo il volume di una goccia di soluzione di acido oleico e la concentrazione in volume di acido oleico nella soluzione che stai usando puoi determinare il volume di acido oleico puro contenuto in media in una sola goccia, V_{oleico} . Riporta nei Fogli Risposte procedimento di calcolo e risultato.

La densità dell'acido oleico, a 20 °C , è 0,890 g cm^{-3}. In base alle tue misure, determina la massa di acido oleico, $M_{oleico-goccia}$, che si trova in una singola goccia di soluzione. Riporta nel Fogli Risposte procedimento e risultato.

Misure sulla "chiazza d'olio"

Versa dell'acqua nel vassoio in modo da formare uno strato con spessore di 1 – 2 cm. Lascia che l'acqua "riposi" nel vassoio per qualche minuto ed evita scossoni al tavolo su cui è posto il vassoio. Usando accuratamente il recipiente ricoperto dalla garza spargi su tutta la superficie dell'acqua uno straterello molto sottile e omogeneo di polvere. Puoi osservarlo meglio guardando di lato la superficie dell'acqua.

Con il contagocce deponi delicatamente una sola goccia di soluzione di acido oleico sulla parte centrale dello strato di polvere. Il solvente in gran parte evapora e in parte si scioglie nell'acqua così che alla superficie rimane solo l'acido oleico contenuto nella goccia.

Osserva il formarsi dello strato di acido oleico evidenziato dalla polvere che ne viene respinta. Si vede che la chiazza oleosa cambia dimensioni espandendosi perché tende a formare uno strato di singole molecole; appena giudichi che il processo si sia stabilizzato con la chiazza che ha assunto una forma approssimativamente circolare, misurane il diametro d in diverse posizioni. Riporta i valori trovati sui Fogli Risposte nella TAB2.

Ripeti l'operazione descritta nel paragrafo precedente aggiungendo un'altra goccia.

Misura, sempre in diverse posizioni, il diametro della chiazza priva di polvere dopo che la sua forma si è stabilizzata. Riporta i valori trovati sui Fogli Risposte nella TAB2.

Ripeti più volte l'operazione aggiungendo sempre una goccia di soluzione, e ciò fino a che ti è consentito dalle dimensioni del contenitore e giudichi agevole approssimare la chiazza con un cerchio.

Quando decidi di aver finito di prendere le misure avvicina il secchio al tavolo e cautamente vuota il vassoio inclinandolo sul secchio.

Elaborazione delle misure

Calcola per ciascuna delle chiazze osservate in relazione al numero di gocce il valore medio del diametro d_{medio} e riportalo nella TAB2 del Fogli Risposte.

Calcola l'area dello strato formato da una sola goccia e riporta procedimento e risultato sui Fogli Risposte.

In base ai diversi valori trovati per d_{medio} calcola l'area delle chiazze di acido oleico formate da due e più gocce. Riporta i risultati nella TAB3 dei Fogli Risposte.

In base al valore del volume di acido oleico contenuto in una goccia di soluzione calcola il volume di acido oleico puro depositato sull'acqua con due e più gocce: riporta il risultato nella TAB3.

Ogni volta l'acido oleico si è distribuito sulla superficie dell'acqua formando uno strato di area A e altezza l che puoi approssimare con un cilindro.

Calcola per ciascuno degli strati che hai osservato il valore stimato del loro spessore. Riporta procedimento e calcoli nei Fogli Risposte e Completa la TAB3 scrivendo i dati, ove opportuno, usando le potenze di 10 in notazione scientifica.

Stima dello spessore

In questo lavoro si è fatta l'ipotesi che lo strato abbia sempre lo spessore pari alla "lunghezza" di una molecola. I tuoi dati ti sembrano compatibili con questa affermazione?

La risposta potrà derivare dall'osservazione di un grafico in cui riporterai il volume di acido oleico puro depositato sull'acqua in funzione dell'area della chiazza formata.

Se lo spessore dello strato rimane sempre pari alla lunghezza di una molecola che relazione prevedi di poter osservare fra i valori del volume di acido depositato sull'acqua e quelli dell'area della chiazza formata? Che linea ti aspetti che si adatti meglio ai punti del grafico? Rispondi sui Fogli Risposte.

Traccia le linee di massima e di minima pendenza del grafico ed esprimi una stima per il valore $<l>$ della "lunghezza" della molecola di acido oleico.

Discussione sui risultati

Si suggerisce di trattare le molecole di acido oleico come dei prismi retti a base quadrata con lato $<a=\frac{1}{4}l>$ e altezza $<l>$. Questo assunto sarà accettabile se compatibile con valori noti e provati, per esempio la costante di Avogadro che esprime il numero di molecole che si trovano in una quantità di sostanza di massa pari, in grammi, alla massa molecolare di quella sostanza.

Se riuscirai a ricavare dai tuoi dati il numero di molecole di acido oleico contenute in una goccia di soluzione, e quindi in una massa nota di acido oleico allora potrai dedurne il numero di molecole che, sempre in base alle tue misure, dovrebbe trovarsi in una mole di sostanza. Sarà così possibile controllare se questo valore è compatibile con la costante di Avogadro, $N_A = 6{,}02214076 \cdot 10^{23}$ mol^{-1} .

È UTILE SAPERE CHE: la costante di Avogadro corrisponde al numero di particelle (atomi, molecole o ioni) contenute in una mole. Tale costante ha le dimensioni dell'inverso di una quantità di sostanza (cioè mol^{-1}).

In base alle assunzioni sulle unità di misura risulta che un numero di molecole di una sostanza pari alla costante di Avogadro ha massa in grammi pari numericamente alla massa molecolare, M_M, della sostanza.

Con un campione di sostanza di massa M e contenente N molecole vale la proporzione:

$$\frac{N_A}{M_M} = \frac{N}{M}$$

La massa molecolare dell'acido oleico è

$$M_{M-oleico} = 282{,}47 \text{ g/mol}$$

Ricavare il valore della costante di Avogadro dalle misure effettuate

Ammettendo che la molecola possa essere approssimata con un prisma a base quadrata con altezza l e lato di base $a=1/4\,l$, ricorrendo al valore misurato precedentemente per l, stima quante molecole, N_{goccia}, di acido oleico ci sono in una goccia di soluzione. Riporta procedimento, calcoli e risultato sui Fogli Risposte.

Tenendo conto del valore trovato precedentemente per la massa di acido oleico contenuto in una goccia di soluzione ricava un valore, $N_{A?}$, per la costante di Avogadro dedotta dalle misure fin qui eseguite.

Diresti che, in base all'elaborazione dei tuoi dati, il valore è compatibile con quello che trovi in letteratura, perché sì, o perché no?

Tenendo conto del valore della massa di acido oleico contenuta in una singola goccia stima la massa di una singola molecola, $m_{molecola}$. Riporta procedimento, calcoli e risultato sui Fogli Risposte.

QUANTO È PICCOLA UNA MOLECOLA?

FOGLI RISPOSTE

La concentrazione in volume dell'acido oleico nella soluzione è: C = ______________ ________

TABELLA 1					
Prova	V_0	V_1	Numero gocce	$V_0 - V_1$	V_{goccia}
1					
2					
3					
4					

Il valore medio del volume di una goccia di soluzione è: $V_{medio\,goccia}$ = ______________ ________

Determina il volume di acido oleico puro contenuto in una sola goccia e mostra qui sotto il procedimento che segui per farlo e il risultato.

V_{oleico}= ______________ ________

Trova la massa di acido oleico, $M_{[oleico-goccia]}$, che in base alle tue misure si trova in una singola goccia di soluzione e mostra il procedimento.

$M_{[oleico-goccia]}$ = ______________ ________

Calcola l'area dello strato formato da una sola goccia e riporta procedimento e risultato.

A = ______________ ________

In che relazione pensi che staranno il volume di acido oleico depositato sull'acqua in funzione dell'area della chiazza formata se lo spessore rimane sempre quello di una singola molecola? Che linea ti aspetti che si adatti meglio ai punti del grafico?

....

....

....

TABELLA 2						
Numero di gocce sull'acqua	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_{medio}
1						
2						
3						
4						
5						

TABELLA 3		
Numero di gocce sull'acqua	Area dello strato di acido oleico	Volume di acido oleico puro depositato sull'acqua
1		
2		
3		
4		
5		

Traccia il grafico richiesto e successivamente stima la "lunghezza" $<l>$ della molecola di acido oleico; descrivi qui sotto il procedimento che segui:

$<l>$ = ____________ ______

Stima quante molecole di acido oleico ci sono in una goccia di soluzione, N_{goccia} .

N_{goccia} = ______________ ________

Stima la massa di una singola molecola.

m_{molecola} = ______________ ________

Calcola una stima per la costante di Avogadro, N_A compatibile con i dati dell'esperimento. Riporta qui sotto il procedimento seguito e il risultato ottenuto.

N_A = ______________________ __________

SALISCENDI[3]

Problema sperimentale per la gara del *10* Maggio 20*16*

Presentazione

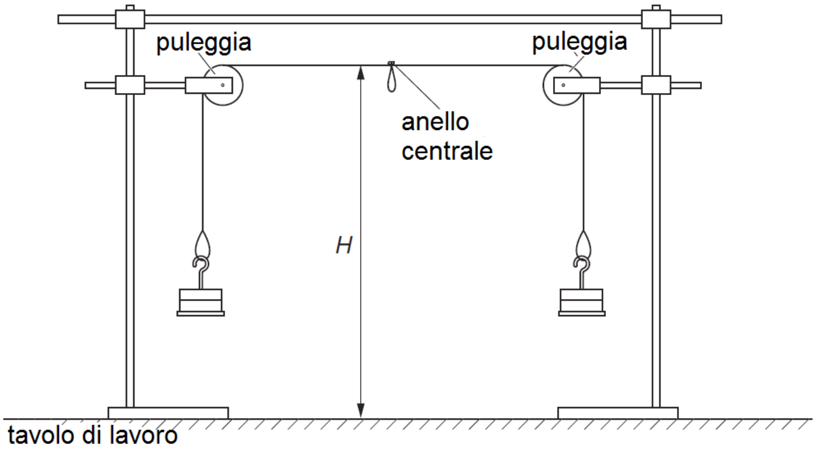
La fotografia a lato mostra una turista mentre attraversa un orrido della foresta fluviale del Costa Rica aggrappata ad una zip-line. Si tratta di una fune tesa fra il punto di partenza ed il punto di arrivo, lungo la quale scorre una carrucola che sostiene il peso da trasferire. Il trasferimento avviene per effetto della gravità. Le zip-lines sono vie di comunicazione spesso tutt'altro che sicure, con la fune che si abbassa pericolosamente verso l'abisso.

In questo esperimento studierai di quanto si abbassa la fune in funzione della massa che vi è sospesa in un modello semplificato di zip-line. L'apparecchiatura che userai è già disposta sul tuo banco di lavoro.

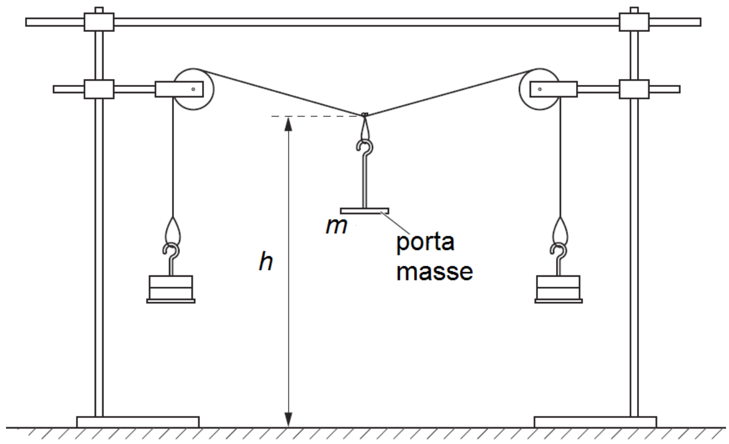
Nelle figure seguenti puoi vederne la descrizione.

3 Elaborato da una proposta di Cambridge Examinations.

Dispositivo sperimentale



Misura e riporta sui Fogli Risposte la distanza H del nodo dell'anello dal piano del tavolo di lavoro. Sospendi il porta masse all'anello centrale, come mostrato nella seconda figura. La posizione del nodo dell'anello centrale si abbassa.



Misura la nuova distanza h del nodo dal piano del tavolo e riportane il valore sui Fogli Risposte.

Riporta sui Fogli Risposte il valore della massa m del porta masse.

Calcola il valore y dell'abbassamento del nodo: $y=H-h$. Riportane il valore sui Fogli Risposte.

Aggiungi massa al porta masse e ripeti le operazioni precedenti fino a disporre di almeno 6 valori per y e i corrispondenti valori per m .

È UTILE SAPERE CHE: uno studio teorico del sistema ha concluso che vale la relazione

$$\frac{1}{y^2}=\frac{p}{m^2}-q$$

dove p e q sono costanti.

Per trovare il valore delle costanti traccerai il grafico di $1/y^2$ (sull'asse delle ordinate) in funzione di $1/m^2$ (sull'asse delle ascisse).

Traccia la retta che meglio approssima i punti del grafico.

Trova i valori delle costanti p e q e riportali sui Fogli Risposte. Ricorda di indicarne l'unità di misura. Mostra con chiarezza il procedimento che hai seguito.

Fai una stima dell'incertezza con la quale hai determinato il valore di p e di q. Mostra con chiarezza il procedimento che hai seguito per determinare l'incertezza.

SALISCENDI

FOGLI RISPOSTE

1. La distanza del nodo dell'anello dal piano del tavolo è: H = ____________ _______

2. La distanza del nodo dell'anello dal punto in cui il cordoncino tocca la puleggia è:

a = ____________ _______

Disponi di quattro masse più leggere e tre più pesanti, e di un porta masse, per caricare l'anello centrale del cordoncino con una massa m. Segui le istruzioni per prendere le misure di m e della distanza h dal tavolo che il nodo dell'anello centrale del cordoncino assume a causa del carico. Dovrai organizzare le misure in modo da ottenere un buon grafico.

TABELLA 1				
m (g)	h ( )	y ( )		

3. Traccia il grafico richiesto sulla carta millimetrata e la linea retta che meglio approssima i dati.

4. Sapendo che vale la relazione $\frac{1}{y^2} = \frac{p}{m^2} - q$ trova i valori delle costanti *p* e *q*. Descrivi con chiarezza come hai determinato questi valori: puoi usare anche delle costruzioni su i Fogli dove hai tracciato il grafico. Ricordati di riportare le unità di misura.

p = ______________ ________ ho determinato il valore di *p*

…...

…...

…...

q = ______________ ________ ho determinato il valore di *q*

… ....

…...

…...

5. L'incertezza del valore di *p* è:

dp = ______________ ________ ho determinato il valore di *dp*

....

…...

…...

…...

p ± d*p* = ______________________ ____________

FRA I GRANELLI DI SABBIA

Primo problema sperimentale per la gara del 10 Maggio 2017

Presentazione

Lo scorso anno, al mare, il piccolo Giacomo scavava nella sabbia con la paletta nuova e stava riempiendo il secchiello. Sua sorella Teresa era imbronciata, voleva andare in acqua, non darsi da fare per costruire un castello di sabbia. Finalmente Giacomino si tirò su, afferrò il secchiello: "*è pesante*" disse, e lo rimise giù. "*Per forza*" sentenziò Teresa, "*hai preso la sabbia bagnata.*" Teresa è una che osserva e argomenta su tutto. Sia per Giacomo che per Teresa, pesante è un oggetto che presenta un peso inatteso, qualcosa come una scatola di biscotti piena di ghiaia. Ma perché un secchiello pieno di sabbia bagnata dovrebbe pesare di più di quando è riempito con la medesima sabbia quando è asciutta? Sarà vero?

Si chiede con questa attività di studiare la situazione con osservazioni e misure eseguite su sabbia asciutta e su sabbia bagnata.

Controlla il materiale a disposizione

sul tavolo di lavoro

- un cilindro graduato da 100 cm^3
- un contenitore con della sabbia asciutta
- un bicchiere da circa 250 cm^3 contenente acqua
- una siringa di plastica graduata da 50 cm^3 per versare l'acqua nel cilindro graduato
- uno steccone di legno

sul tavolo di servizio

- cilindro graduato asciutto da 50 cm^3 o 100 cm^3
- rotolo di carta da cucina
- secchio con acqua per sciacquare
- contenitore per buttare la sabbia che non serve più

Come procedere

Metti nel cilindro graduato della sabbia asciutta fino a 20 – 25 cm^3. Annota il volume della sabbia sui Fogli Risposte. Ora versa dell'acqua nel cilindro graduato, facendo attenzione a non far schizzare in giro la sabbia.

Farai scorrere l'acqua prudentemente lungo le pareti interne del cilindro, tanto da arrivare a circa 50 cm^3. Cosa osservi? Prova a mescolare delicatamente la sabbia con lo steccone: cosa osservi? Annotalo sui Fogli Risposte.

Ora ripeti l'osservazione ma mettendo nel cilindro prima l'acqua. Vai a risciacquare il tuo cilindro graduato poi mettici 20 – 25 cm^3 di acqua usando la siringa. Annota il volume di acqua V_{acqua} sui Fogli Risposte.

Vai al tavolo di servizio con la sabbia ed un bicchiere asciutto e misura 20 – 25 cm^3 di sabbia asciutta mediante il cilindro graduato: riporta il suo volume, $V_{sabbia\ asciutta}$ sui Fogli Risposte. Versa la sabbia misurata nel bicchiere asciutto. Ora torna al tavolo di lavoro e, facendo molta attenzione, versa la sabbia nell'acqua già contenuta nel cilindro graduato. Puoi usare un foglio di carta per farne un imbuto sottile da inserire nel cilindro.

Quale volume occupano la sabbia e l'acqua? Annotalo sui Fogli Risposte denominandolo $V_{sabbia+acqua}$: ti pare uguale alla somma del volume dell'acqua e di quello della sabbia asciutta? Perché il volume della miscela non è uguale alla somma dei volumi dei due componenti la miscela? Scrivi sui Fogli Risposte le tue spiegazioni motivate.

Cosa hai osservato che conferma il fatto che la sabbia asciutta contiene sempre dell'aria intrappolata fra granello e granello. Ora puoi calcolare quale percentuale di aria contiene il tipo di sabbia di cui disponi. Mostra la risposta e i calcoli che hai fatto sui Fogli Risposte.

Se fai parte di un gruppo in cui diversi tuoi colleghi hanno effettuato questo stesso esperimento con lo stesso tipo di sabbia e nelle medesime condizioni, raccogli i risultati dei tuoi colleghi e riportali nella Tabella del Fascicolo Risposte. Calcola la media delle diverse percentuali e trovane l'incertezza per queste misure.

Scrivi questo nuovo valore per la percentuale di aria contenuta in quel tipo di sabbia quando è asciutta.

Ora puoi rispondere alla domanda: perché la sabbia bagnata dovrebbe avere densità maggiore di quella asciutta? Scrivi la tua risposta motivata sui Fogli Risposte.

FRA I GRANELLI DI SABBIA

FOGLI RISPOSTE

Che cosa hai osservato mescolando con lo steccone la sabbia bagnata?
....
....
....

Il volume dell'acqua è V_{acqua} = _____________ _____

Il volume della sabbia asciutta è $V_{sabbia\ asciutta}$ = _____________ _____

Il volume della sabbia mescolata all'acqua è $V_{sabbia+acqua}$ = _____________ _____

Perché pensi che il volume della sabbia con l'acqua non sia la somma dei volumi di sabbia e di acqua che hai mischiato?

………

………

PROVE RIPETUTE			
PROVA	percentuale di aria	PROVA	percentuale di aria
1		11	
2		12	
3		13	
4		14	
5		15	
6		16	
7		17	
8		18	
9		19	
10		20	
Il valore medio della percentuale è _____________			

L'incertezza del valore medio che hai trovato è ______________________

ORO? NO, PRINCISBECCO[4]

Secondo problema sperimentale per la gara del 10 Maggio 2017

Presentazione

Eh già: non è tutto oro.... le monete da 10 c, 20 c e 50 c di Euro sono fatte con un ottone speciale dall'aspetto aureo, l'oro nordico. Questa lega ha la proprietà di usurarsi poco e non provoca allergie quando viene maneggiata. Se uno cercasse di raccogliere le monetine da 1c, 2c e 5c con una calamita ci riuscirebbe benissimo, anche se le monete sembrano fatte di rame: infatti sono di acciaio ricoperto da un sottilissimo strato di rame. Le monete di ottone invece non vengono attirate dalla calamita perché contengono parecchio rame. Quanto? È quello che cercherai di misurare in questo esperimento.

Controlla il materiale a disposizione

sul tavolo di lavoro

- un cilindro graduato da 100 cm^3
- un contenitore con monetine da 10 c e 20 c (con una massa complessiva di non meno di 150 g.)
- un bicchiere da circa 250 cm^3 pieno d'acqua
- una siringa di plastica graduata da 50 cm^3 per versare l'acqua nel cilindro graduato
- diversi fogli di carta assorbente da cucina

sul tavolo di servizio

- bilancia
- alcuni calibri
- rotolo di carta assorbente da cucina

4 Princisbecco è un ottone, lega di rame, zinco e stagno, con rapporti variabili, che d'aspetto è simile all'oro. Il nome deriva da quello del suo inventore, l'orologiaio inglese Christopher Pinchbeck, vissuto fra il 1670 e il 1732. La lega, per il suo aspetto molto simile all'oro fu usata per decorazioni povere ma appariscenti o per truffe. Si dice infatti "*rimaner di princisbecco*" scoprendo che ciò che si apprezzava non vale nulla.

È UTILE SAPERE CHE:

- l'ottone dell'oro nordico con cui sono fatte le monete si ottiene da una lega di diversi metalli: qui basta sapere che si aggiunge una frazione in volume $p_{Cu}=V_{Cu}/V_{ottone}$ di rame ad una frazione in volume $q_{lega}=V_{lega}/V_{ottone}$ di altri metalli. Va da sé che
$$p_{Cu}+q_{lega}=1.$$
- Se la densità dell'oro nordico è indicata con d_{ottone}, la densità del rame con d_{Cu} e la densità della lega di altri metalli aggiunta al rame con d_{lega}, allora la densità dell'oro nordico è
$$d_{ottone}=p_{Cu}\cdot d_{Cu}+q_{lega}\cdot d_{lega}.$$
- La densità di una sostanza omogenea è data dal rapporto fra la massa di una certa quantità di quella sostanza e il suo volume. La densità del rame è $d_{Cu}=8{,}920\ \text{g/cm}^3$ e la densità della lega aggiunta al rame è $d_{lega}=5{,}137\,\text{g/cm}^3$.

Misura della densità dell'ottone "oro nordico"

In questa fase dell'esperimento userai tutte le monete a tua disposizione.

Misurane la massa con la bilancia che trovi sul tavolo di servizio: scrivi il risultato sui Fogli Risposte.

Per misurare il volume delle monete userai la tecnica dello spostamento d'acqua.

Versa anzitutto una quantità d'acqua nel cilindro graduato ed annotane il volume, V_{acqua}, sui Fogli Risposte. Annota anche l'incertezza strumentale di questa misura.

Attento a quanta acqua versi, dopo dovrai poter immergere nell'acqua tutte le tue monete.

Con molta attenzione, facendole scivolare a una a una lungo la parete interna del cilindro, inserisci nell'acqua tutte le tue monete. Annota sui Fogli Risposte il nuovo volume indicato dal livello dell'acqua nel cilindro, $V_{acqua+monete}$. Annota anche l'incertezza di questa misura.

Calcola il volume delle monete, V_{monete}, e infine, la densità dell'ottone. Annota il procedimento ed i risultati sui Fogli Risposte. Fai una stima dell'incertezza delle tue misure, del volume, δV, e della densità, δd; annotale sui Fogli Risposte.

FACOLTATIVO: *se disponi di un calibro e sai usarlo forse ti sei chiesto se fosse meglio misurare il volume delle monete col calibro e, confermato che ciò sia meglio, quanto ci si guadagna in precisione con questa procedura. Prova ad effettuare col calibro le misure di volume di un cilindretto di cinque o sei monetine uguali e stima l'incertezza del volume trovato ed infine quella della densità dell'ottone ottenuta con questa nuova misura.*

Misura della percentuale di rame nei centesimi di euro di oro nordico

Tenendo presenti le informazioni 1), 2) 3) e 4) calcola la frazione p_{Cu} di rame presente nell'ottone: mostra il procedimento ed il risultato nel Fascicolo Risposte.

Calcola l'incertezza della tua misura considerando che le densità date abbiano incertezza trascurabile.

FACOLTATIVO: *trova la percentuale di rame nelle monetine usando il valore della densità trovato misurando il volume di ottone col calibro. Stima l'incertezza di questa misura e confrontala con quella trovata misurando il volume per spostamento d'acqua.*

Prove ripetute

Se fai parte di un gruppo in cui altri tuoi colleghi hanno effettuato questo esperimento, **nelle medesime condizioni**, raccogli i risultati dei tuoi colleghi e riportali nella Tabella del Fascicolo Risposte.

Calcola il valore medio delle misure p_{Cu} , p_{medio} ; calcola la deviazione standard σ e l'errore standard della media delle misure, σ_{media}.

È UTILE SAPERE CHE: intuitivamente possiamo dire che, escludendo errori sistematici, la deviazione standard misuri l'*incertezza* statistica delle singole misure e che l'errore standard della media sia un indice dell'*incertezza* del valore medio per quel campione di misure:

$$\sigma_{media}=\frac{\sigma}{\sqrt{(N)}}=\sqrt{\frac{(p_{1Cu}-p_{medio})^2+(p_{2Cu}-p_{medio})^2+(p_{3Cu}-p_{medio})^2+....+(p_{NCu}-p_{medio})^2}{N\cdot(N-1)}}$$

Se il numero di misure è piccolo (per esempio meno di 10) è ragionevole approssimare σ_{media} con la semidispersione

$$s=\frac{p_{max}-p_{min}}{2} \quad .$$

Se osservi che qualcuna (non più del 10%) delle misure di cui disponi si scosta dal valore medio di più di 2σ puoi considerare spuri questi dati e rifiutarli salvando così la migliore qualità degli altri dati. Ricalcolerai media e deviazione standard per i dati rimanenti e riporterai i valori nella tabella del Fascicolo Risposte.

Scrivi le tue conclusioni sulla percentuale di rame nelle monete da 10 c, 20 c e 50 c di Euro.

Commenta il lavoro fatto. In particolare rispondi alle seguenti domande:

- perché hai dovuto raccogliere tante monete?
- ci sono delle misure che potrebbero essere affette da particolari cause di errore, quali e perché lo puoi affermare?
- come potresti migliorare i tuoi risultati e quelli ottenuti con il contributo di tutti?
- hai osservato qualche anomalia nello svolgimento della tua prova?

ORO? NO, PRINCISBECCO

FOGLI RISPOSTE

La massa delle monete è M_{monete} = ___________________ ± __________

Riporta nella seguente tabella il volume dell'acqua nel cilindro graduato, dell'acqua contenente le monete e quello ricavato delle monete. Ricorda di scrivere anche i valori dell'incertezza di tutte le misure.

V_{acqua} [........]	$V_{acqua+monete}$ [........]	V_{monete} [........]
±	±	±

Mostra come calcoli la densità dell'ottone e riporta il risultato.

Mostra come calcoli l'incertezza della tua misura di densità dell'ottone e riporta il risultato.

Mostra come ricavi la frazione p_{Cu} di rame contenuta nell'ottone, esprimendola in funzione di grandezze di cui conosci il valore numerico.

Mostra come stimi l'incertezza della tua misura di p_{Cu} considerando che le densità date del rame e della lega aggiunta ad esso, abbiano incertezza trascurabile.

Riporta nella seguente tabella i valori di p_{Cu} trovati nelle altre prove. Calcola il valore medio e la deviazione standard (usa un programma per questo calcolo).

PROVE RIPETUTE			
PROVA	p_{Cu}	PROVA	p_{Cu}
1		11	
2		12	
3		13	
4		14	
5		15	
6		16	
7		17	
8		18	
9		19	
10		20	
Il valore medio della frazione di rame è ____________			
La deviazione standard è σ=_______________			

Puoi scartare i valori che si discostano dal valore medio più di 2σ, ci sono valori che vuoi scartare?

………

Se hai scartato dei valori, riporta in una nuova tabella i valori di p_{Cu} che mantieni. Calcola il nuovo valore medio e la nuova deviazione standard.

In conclusione si può affermare che

la percentuale in volume di rame contenuta nelle monete è __________________

Di seguito scrivi i tuoi commenti motivati sulla prova:

………

………

………

………

………

………

NON OSCILLA FOGLIA CHE GRAVITÀ NON VOGLIA

Problema sperimentale per la gara del 8 Maggio 2018

Presentazione

Nel nostro mondo in cui la materia è pesante è facile vedere oscillare nei modi più vari i più disparati oggetti: è notevole il fatto di come i bimbi, anche i più piccoli, ne restino affascinati. L'oscillazione si verifica quando un oggetto, spostato dal suo stato di equilibrio, tende inesorabilmente a tornarvi mentre però i vincoli a cui l'oggetto è sottoposto consentono continue trasformazioni dell'energia che lo riportano nuovamente e senza posa fuori dal suo stato di equilibrio. La frequenza con la quale si ripetono le oscillazioni dipende da come è fatto il sistema che oscilla e da quanto è intensa l'azione della gravità nella posizione in cui si trova. Lo studio delle oscillazioni di un oggetto, perciò, quando sia nota la legge con cui oscilla, consente di determinare il valore locale dell'accelerazione di gravità. Esistono sistemi che possono oscillare in vari modi e le loro oscillazioni possono presentasi in numerose varianti dovute alle diverse possibilità che hanno i modi di oscillazione di comporsi fra loro. Dovendo studiare tali sistemi è necessario fare sì che i diversi modi di oscillazione siano fatti agire separatamente.

In questa prova farai oscillare una sottile bacchettina metallica ripiegata a V, come nella figura 1.

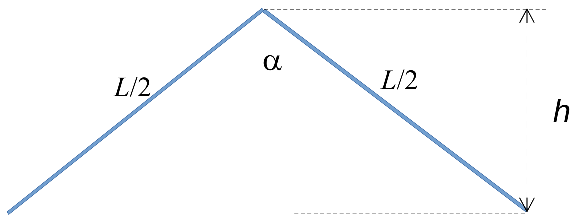


Figura 1

Controlla il materiale che hai a disposizione

- una sottile bacchettina metallica che è stata leggermente limata al centro per renderla ruvida
- un paio di pinze
- un piccolo coltello da tavola non seghettato (vanno bene quelli da frutta)
- bastoncino metallico sottile e liscio a sezione circolare o anche un gancio
- riga millimetrata e goniometro
- cronometro a 0,01 s (va bene quello del cellulare o dello smartphone)
- carta millimetrata e carta a quadretti
- fogli per le risposte
- sono reperibili su tavoli di servizio nastri adesivi e forbici

Progetto

La struttura può essere fatta oscillare in diversi modi: nel piano stesso dei lati della V (vedi figura 2) oppure perpendicolarmente al piano definito dai lati della V (vedi figura 3). Nel seguito indicheremo il primo modo di oscillazione come "caso A" e il secondo come "caso B".

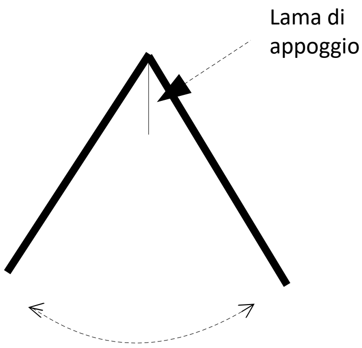


Figura 2: caso A

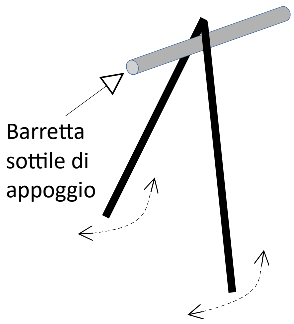


Figura 3: caso B

Studierai le oscillazioni nei due casi e, dalle formule note dalla teoria, ricaverai il valore dell'intensità locale del campo gravitazionale (accelerazione locale di gravità).

È UTILE SAPERE CHE:

Caso A) :

quando la struttura viene fatta oscillare nel piano stesso dei lati della V e le oscillazioni hanno una piccola ampiezza, il periodo T_A è dato dalla seguente equazione (1):

$$T_{\mathrm{A}}=2\pi\sqrt{\frac{K}{g}} \qquad (1)$$

dove K è una lunghezza definita al seguente modo $K=\frac{L^2}{6h}$. L è la lunghezza del bastoncino col quale si è costruita la V (vedi Figura 1) e h l'altezza del triangolo isoscele definito dalla V.

L'equazione (1) può essere scritta nella forma, ad essa equivalente

$$\frac{1}{T_A^2}=\frac{3g}{2\pi^2L^2}h \qquad (2)$$

che mette in evidenza la proporzionalità diretta fra il reciproco del quadrato del periodo delle oscillazioni e la lunghezza h . Dalla (1) si vede che misurando T, L e h si può ricavare una misura per g.

Caso B) :

ora la struttura con cui lavori dovrebbe avere un'apertura angolare della V di 30°.

Se in queste condizioni viene fatta oscillare perpendicolarmente al piano definito dai lati della V (vedi figura 4) e se le oscillazioni hanno una piccola ampiezza, il periodo T_B è dato dalla seguente equazione:

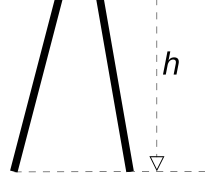


Figura 4

$$T_{\mathrm{B}}=2\pi\sqrt{\frac{K_{\mathrm{B}}}{g}} \qquad (3)$$

dove K_B è una lunghezza definita al seguente modo $K_{\mathrm{B}}=\frac{2h}{3}$.

Le misure

Caso A):

Per ottenere un valore più affidabile di g dall'equazione (2) è opportuno ripetere più volte le operazioni di misura. Farai quindi variare h e misurerai ogni volta il corrispondente valore del periodo T.

Fissa il coltellino col nastro adesivo al bordo del tavolo di lavoro in modo che la parte tagliente sporga dal tavolo e sia rivolta verso l'alto. Opera con prudenza per non ferire te stesso o altri.

Prima di piegare il bastoncino misurane la lunghezza L e riporta il valore trovato sui Fogli Risposte.

Piega il bastoncino nel suo punto medio fino ad ottenere una V con apertura angolare di circa 120°. Misura h (vedi la Figura 1) e riportane il valore sulla tabella A dei Fogli Risposte. Ricordati di riportare anche l'incertezza delle misure.

Disponi la V in equilibrio sulla lama del coltello e falla oscillare in maniera che la struttura rimanga nel piano definito dalla V durante tutte le oscillazioni. Ricorda che le oscillazioni devono avere piccola ampiezza. Misura il tempo t impiegato dalla struttura per compiere 20 oscillazioni complete. Ripeti tutta l'operazione un'altra volta ottenendo un nuovo valore per t . Riporta i due valori ottenuti per t sulla tabella A dei Fogli Risposte. Ricordati di riportare anche l'incertezza delle misure.

Ripeti per altre quattro volte le precedenti operazioni di misura, riducendo ogni volta l'angolo di apertura della V, fino a raggiungere un'apertura di circa 30°.

Caso B):

Come hai fatto prima, fissa col nastro adesivo il bastoncino sottile al tavolo e disponi la struttura a V sul bastoncino: mettila in oscillazione al modo indicato in figura 3. Per farlo dovrai spostare insieme ambedue i lati della V. Ricorda che l'ampiezza delle oscillazioni deve essere piccola.

Misura per due volte il tempo t necessario perché la struttura compia 20 oscillazioni complete e riporta i valori nella tabella B dei Fogli Risposte. Ricordati di riportare anche l'incertezza delle misure.

Elaborazione dei dati

Caso A):

Completa la tabella A dei Fogli Risposte. Ricorda che, se ϵ_T è l'incertezza con la quale conosci il valore del periodo T_A , l'errore per $1/T_A^2$ è

$$\epsilon_{1/T_A^2}=2\frac{\epsilon_T}{T_A^3}.$$

Riportando in un grafico le coppie di valori (h, $1/T_A^2$) potrai tracciare la retta per l'origine che approssima i punti derivati dalle misure e il cui coefficiente angolare consentirà di risalire al valore di g. Sul foglio di carta millimetrata riporta il grafico di $1/T_A^2$ (asse delle ordinate) in funzione di h (asse delle ascisse).

Traccia la retta che meglio approssima i punti del grafico e determina il suo coefficiente angolare m.

Stima l'incertezza di m, ϵ_m.

Considerando l'equazione (2) calcola il valore di g dedotto dalle tue misure: $g=\frac{2}{3}\pi^2 L^2 m$.

Calcola l'incertezza sulla misura di g, ϵ_g, assumendo per l'errore relativo l'espressione $\frac{\epsilon_g}{g}=2\frac{\epsilon_L}{L}+\frac{\epsilon_m}{m}$.

Riporta l'elaborazione e il risultato sui Fogli Risposte. Scrivi sui Fogli Risposte il valore di g che hai misurato nella fase A dell'esperimento.

Caso B) :

Calcola il valore medio per t, t_{medio}, e riportalo nella tabella dei Fogli Risposte**.** Calcola anche l'incertezza del valore medio e riportala in tabella.

Calcola il periodo T_B e riporta il risultato nella tabella dei Fogli Risposte. Calcola anche l'incertezza di T_B e riportala in tabella.

Calcola il valore di g tenendo conto dell'equazione (3): $g=\frac{8\pi^2 h}{3T_B^2}$.

Calcola l'incertezza sulla misura di g, ϵ_g, sapendo che l'errore relativo è $\frac{\epsilon_g}{g}=\frac{\epsilon_h}{h}+2\frac{\epsilon_{T_B}}{T_B}$. Riporta l'elaborazione e il risultato sui Fogli Risposte.

Scrivi sui Fogli Risposte il valore di g che hai misurato nella fase B dell'esperimento.

Commenti

Il valore di g trovato nel caso A è compatibile col valore di 9.81 m/s^2?

Il valore di g trovato nel caso B è compatibile col valore di 9.81 m/s^2?

Hai osservato qualche punto critico nelle operazioni che hai fatto? Se sì indicane uno o due, i più rilevanti, e spiega perché pensi che abbiano potuto influire sulla bontà dei tuoi risultati.

Hai pensato a qualche accorgimento per migliorare i risultati? Se sì spiega quale e perché. Rispondi sui Fogli Risposte.

NON OSCILLA FOGLIA CHE GRAVITÀ NON VOGLIA

FOGLI RISPOSTE

la lunghezza del bastoncino è L = _____________ ± ________ _____

TABELLA A1					
h (m) ± ____ (m)	t (s) ± ____ (s)		t_{medio} (s)	T_A (s)	$1/T_A^2$ (s^{-2})
	Prova 1°	Prova 2°			
			±	±	±
			±	±	±
			±	±	±
			±	±	±
			±	±	±

Sul foglio di carta millimetrata riporta il grafico di $1/T^2$ (asse delle ordinate) in funzione di h (asse delle ascisse). Traccia la retta che meglio approssima i punti del grafico. Determina il coefficiente angolare m della retta. Sempre sul foglio di carta millimetrata mostra con chiarezza come hai operato per determinare il valore di m.

Stima l'incertezza di m e scrivi qui sotto il metodo che hai usato per stimare ϵ_m

………

………

………

Il valore del coefficiente angolare determinato precedentemente è:

$$m \pm \epsilon_m = (\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \pm \_\_\_\_\_) \ \_\_\_\_\_\_\_ .$$

Qui sotto sviluppa i calcoli per determinare i valori di *g e* ϵ_g dedotti dalle tue misure.

TABELLA B						
h (m) ± …...... (m)	t (s) ± ……..........… (s)		t_{medio} (s) ± …..........(s)	T_B (s) ± …..........(s)	T_B^2 (s^2)
	Prova 1°	Prova 2°			

Nel riquadro qui sotto sviluppa i calcoli per determinare i valori di *g e* ϵ_g dedotti dalle tue misure.

Il valore di g trovato nel caso A è compatibile col valore di 9.81 m/s^2?

SI’ ☐ ☐ NO

Il valore di g trovato nel caso B è compatibile col valore di 9.81 m/s^2?

SI’ ☐ ☐ NO

Hai osservato qualche punto critico nelle operazioni che hai fatto? Se sì indicane uno o due, i più rilevanti, e spiega perché pensi che abbiano potuto influire sulla bontà dei tuoi risultati.

………

………

………

………

………

………

………

Hai pensato a qualche accorgimento per migliorare i risultati? Se sì spiega quale e perché.

....

....

....

....

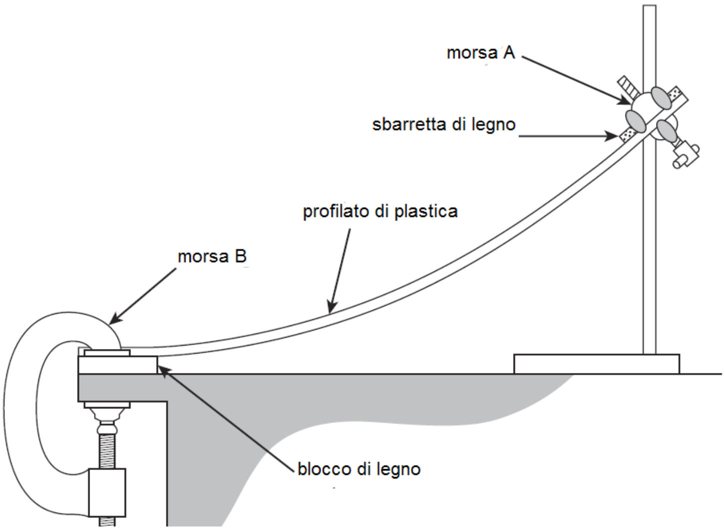
....

LO SCIVOLO[5]

Problema sperimentale per la gara del 3 Maggio 2019

Presentazione

E chi non l'ha fatto? Quando eravamo ai giardinetti da bambini, oppure al mare dove si volava in acqua e più lungo era il volo più era emozionante: tutti in fila sulla scaletta dello scivolo per poi lasciarsi andare, e più in alto si va più è bello scendere. E poi, il gioco è ancora più bello se si tenta di colpire qualche cosa mentre si viene giù.

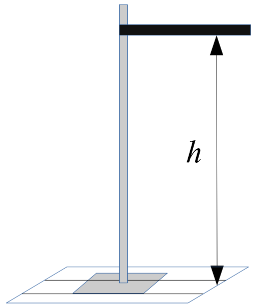


Progetto

In questo esperimento farai scendere una pallina lungo uno scivolo di plastica fatto in modo che il punto di partenza possa essere posto a diverse altezze e che il tratto finale dove la pallina si stacca dallo scivolo rimanga sempre orizzontale. Studierai di quanto la pallina si allontana dalla base dello scivolo, sia prima di toccare il pavimento che prima di raggiungere una quota

5 *Idea tratta da AQA GCE Examinations 2012.*

determinata (a circa 30 cm dal pavimento) dove la pallina dovrà incontrare una striscia orizzontale che funge da traguardo e colpirla in pieno.

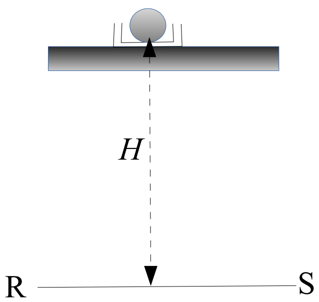


La striscia traguardo sostenuta da un'asta a distanza h dal pavimento.

Controlla il materiale a disposizione:

- lo scivolo già fissato al tavolo con la morsa B (vedi figura). Non dovrai allentare questa morsa per tutta la durata dell'esperimento;
- l'estremità superiore dello scivolo è bloccata con una doppia "noce" che ha la funzione di tenere saldamente l'estremo dello scivolo il quale è irrigidito con un bastoncino di legno: questa parte della morsa non va allentata per tutta la durata dell'esperimento;
- la seconda morsa della doppia "noce" tiene sollevato l'estremo di partenza dello scivolo ed è fissata ad un'asta verticale di sostegno;
- pallina di acciaio;
- foglio di carta carbone, qualche foglio di carta bianca;
- rotolo di nastro adesivo;
- spago, forbici;
- base con asta in legno sulla quale è già fissato un bastoncino metallico (o una stecca sottile), in posizione orizzontale: la distanza del bastoncino dal pavimento deve rimanere immutata per tutta la durata dell'esperimento;
- nastro millimetrato di carta e riga millimetrata;
- pennarello con inchiostro lavabile o gesso colorato.

Come procedere

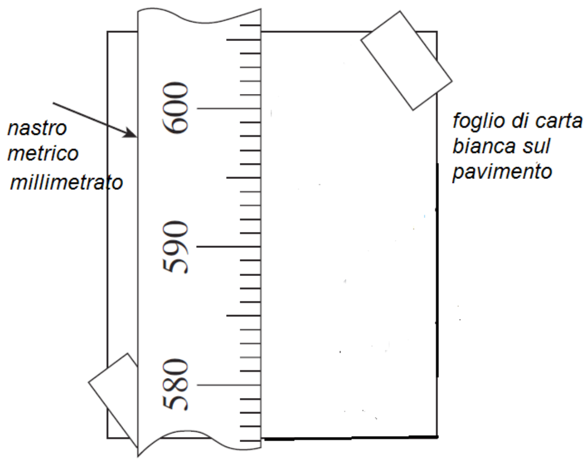


Disponi la pallina nel punto terminale dello scivolo e misura, con la massima precisione che ti riesce ottenere, la distanza H della base della pallina dal pavimento. Riporta la misura sui Fogli Risposte.

Traccia sul pavimento (col gesso o con il pennarello) un segmento RS in modo che si trovi nello stesso piano verticale che passa per l'estremità finale dello scivolo.

Poni la pallina a contatto con l'estremità del bastoncino di legno alla sommità dello scivolo, e lasciala andare senza spingerla. La pallina cadrà sul pavimento, osserva attentamente il punto in cui cade. Disponi un foglio di carta bianca in modo che la pallina vi cada sopra e quando non hai dubbi che ciò avvenga fissalo al pavimento con il nastro adesivo.

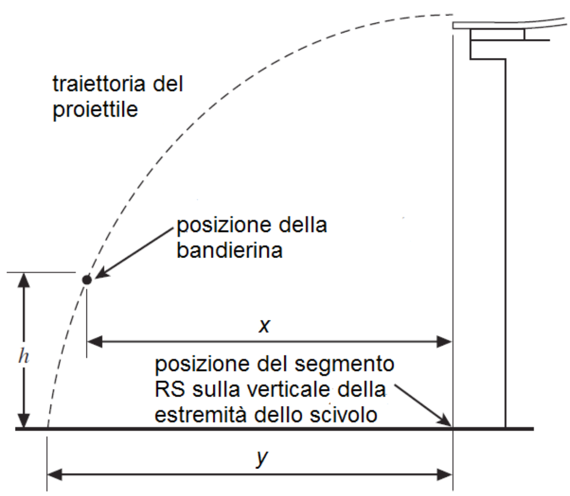
Fissa al pavimento col nastro adesivo anche il nastro millimetrato mantenendolo parallelo all'asse dello scivolo a partire dal segmento RS fino sopra al foglio di carta. Foglio di carta e nastro adesivo non dovranno più essere spostati per tutta la durata dell'esperimento.



Disponi il foglio di carta carbone sul foglio di carta e fai cadere la pallina allo stesso modo di prima. La caduta produrrà un segno sul foglio di carta bianca. Ripeti il procedimento altre quattro volte per ottenere dati più affidabili. Quando hai finito rimuovi il foglio di carta carbone e misura le distanze y_1 … y_4 dal segmento RS dei diversi punti in cui è caduta la pallina. Riporta le misure nei successivi Fogli Risposte. Contrassegna in qualche modo i punti per evitare di confonderli con quelli delle misure successive.

Misura la distanza h dal pavimento della striscia che funge da traguardo e riporta la misura sui Fogli Risposte. Questa distanza andrà mantenuta la stessa per tutta la durata dell'esperimento.

Facendo partire la pallina sempre dalla medesima posizione cerca di fare in modo che colpisca il centro della striscia traguardo. Dovrai fare degli aggiustamenti spostando la striscia insieme al suo sostegno. Una volta riuscito il colpo misura la distanza x fra il punto di impatto e il piano verticale che contiene il segmento RS e riportane la misura nella tabella sui Fogli Risposte. Dovrai escogitare un modo per effettuare nel modo migliore possibile questa misura.



Allenta la morsa che tiene sollevato lo scivolo fissandolo all'asta di sostegno. Abbassa l'estremo sollevato dello scivolo di circa 5 cm. Controlla che in questa operazione lo scivolo non abbia subito torsioni e, se necessario correggi la sua posizione in maniera che non venga disturbato il moto della pallina quando scende.

Operando allo stesso modo di prima ripeti le operazioni necessarie per ottenere le distanze y_1 … y_4 dal segmento RS del punto in cui cade la pallina quando non è disturbata dal traguardo e la nuova distanza x che deve avere la striscia traguardo per essere colpita. Riporta le misure nella tabella dei Fogli Risposte.

Ripeti ancora quattro volte queste operazioni di misura abbassando ogni volta il punto di partenza della pallina sullo scivolo di 5 cm.

In base alle misure ripetute y_n, per ciascuna delle diverse quote da cui hai fatto cadere la pallina, determina quella che giudichi la più probabile gittata, distanza y nella figura precedente.

LO SCIVOLO

FOGLI RISPOSTE

la distanza H della base della pallina dal pavimento è	H = ____________________
la distanza h dal pavimento della striscia che funge da traguardo è	h = ____________________

Riporta nella seguente tabella le misure prese in ciascuna prova eseguita lasciando cadere ripetutamente la pallina da una determinata altezza, il valore medio y_m e la sua incertezza, δy_m.

TABELLA PROVE GITTATA							
PROVA	x (____)	y_1 (____)	y_2 (____)	y_3 (____)	y_4 (____)	y_m (____)	δy_m (____)
1							
2							
3							
4							
5							
6							

Riporta sulla pagina quadrettata dell'ultimo dei Fogli Risposte il grafico con i valori della grandezza y_m in ordinate di un sistema cartesiano ortogonale e i valori della x in ascisse. Quando hai finito torna a questa pagina per procedere con le misure e la loro elaborazione.

Traccia la linea retta che meglio approssima i punti del grafico e determinane la pendenza G. Riporta qui sotto il procedimento seguito ed il risultato e il risultato.

G = ____________________

rielaborazione e commenti su quanto fatto

come hai operato per segnare il segmento RS proprio sotto all’estremità dello scivolo al fine di ottenere la massima precisione possibile con gli strumenti che hai a disposizione?

………………………………………………………………………………………………………..

………………………………………………………………………………………………………..

………………………………………………………………………………………………………..

come hai operato per determinare la distanza x al fine di ottenere la massima precisione possibile con gli strumenti che hai a disposizione?

………………………………………………………………………………………………………..

………………………………………………………………………………………………………..

………………………………………………………………………………………………………..

………………………………………………………………………………………………………..

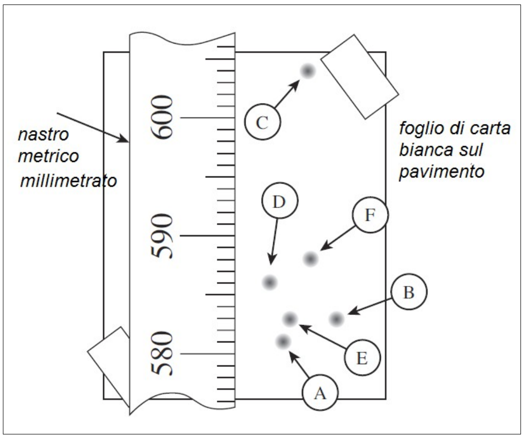
uno studente ha ripetuto per sei volte la misura nelle medesime condizioni di altezza dello scivolo e ha registrato i sei punti che si vedono nella figura a lato. Si vede anche il suo nastro millimetrato che parte da RS. Potresti suggerire qualche possibile ragione del fatto che il punto di impatto C risulta isolato rispetto agli altri cinque?

………………………………………………………………………

………………………………………………………………………

………………………………………………………………………

………………………………………………………………………



qual è il valore che secondo te quello studente dovrebbe scegliere per y? Motiva la tua risposta e calcola il suo valore di y.

y = ____________________

qual è l'incertezza δy del valore che quello studente dovrebbe scegliere per y? Motiva la tua risposta e calcola il valore di δy.

δy =___________________

A causa delle disposizioni sanitarie dovute alla pandemia di Covid-19 la XXVIII edizione dei Giochi di Anacleto non ha potuto avere luogo nel 2020.

Cortesia della prof. Anna Rambelli, liceo "Galilei" di Trieste

Giochi di Anacleto

ANACLETO in LAB

2007 - 2020

II PARTE

NOTE PER L'ALLESTIMENTO

Materiale prodotto per le prove dei "Giochi di Anacleto"

UN TRIANGOLO CHE BATTE IL SECONDO

Presentazione

Questo esperimento propone allo studente un lavoro facile ma non banale in un campo di fenomeni che dovrebbero essergli familiari, quello delle oscillazioni di corpi rigidi. Gli studenti dei primi anni di corso non saranno in grado di dominare le leggi della dinamica del corpo rigido che stanno alla base del funzionamento di questo pendolo fisico perciò l'attività andrà condotta in forma esplorativa.

Il testo dà tutte le informazioni necessarie ma evita di indicare in modo troppo dettagliato una procedura da seguire pur restando nei limiti della schematicità necessaria in una prova con tempi limitati. Allo studente è lasciato il compito di esprimere le proprie capacità sperimentali e la propria sensibilità con l'operare alcune scelte vantaggiose, come la costruzione di un profilo accurato e piano, la cura di far avvenire le oscillazioni solo nel piano perpendicolare all'asse di oscillazione, la decisione di prendere un numero adeguato di oscillazioni per ciascun triangolo e di farlo oscillare su vertici diversi, la scelta di costruire un numero di triangoli ragionevole così da mantenere il lavoro entro i tempi concessi ma anche disporre di abbastanza misure per caratterizzare adeguatamente la relazione richiesta. Tutti questi accorgimenti dovranno apparire esplicitamente nella relazione scritta dal singolo studente quindi i concorrenti di Anacleto in Laboratorio dovranno sapere di dover riportare nella relazione tutto ciò che hanno scelto consapevolmente di fare per ottenere i migliori risultati possibili.

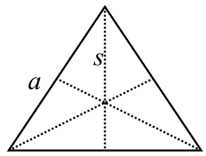
Materiali e preparazione della prova

Ciascun gruppo di lavoro avrà a disposizione:

- un rotolino di filo di ferro con 5 - 6 metri di filo di ferro. Il filo dovrà essere abbastanza rigido da poter ottenere un profilo non troppo deformabile ma anche abbastanza sottile da poter essere facilmente tagliato con una forbice robusta e piegato con le mani senza sforzo. Usando filo di ferro di diverso spessore per diversi gruppi sarà possibile, se lo si ritiene opportuno, dopo la prova fare osservare come i risultati siano indipendenti dalla densità lineare del filo;
- un nastro metrico o una riga millimetrata. Serve per misurare il lato del profilo e dovrà essere lungo almeno 70 cm ;
- un paio di forbici robuste per tagliare il filo di ferro;
- una stecca di legno con uno spillo fissato ad una estremità. Oltre alla stecca con lo spillo abbiamo provato una mina di matita e un tappo con infisso uno spillo, fissati al banco ma distanziati abbastanza da esso così da non far cozzare il triangolo contro la struttura del banco;
- nastro adesivo robusto. Serve a fissare il supporto per l'oscillazione e a chiudere il profilo triangolare;
- cronometro. Tutti i cellulari dispongono di un cronometro centesimale: controllare qualche giorno prima della prova che tutti gli studenti lo abbiano e che sappiano come usarlo:
- fogli di carta millimetrata;

- matita e penna, un foglio protocollo per la relazione, carta per prendere appunti. I fogli per la relazione dovranno essere tanti quanti i concorrenti e anche gli appunti sui dati dovranno essere individuali per evitare disturbi durante la fase di stesura della relazione.

Cenni di teoria



Il triangolo oscilla attorno ad un asse perpendicolare al suo piano con periodo

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgs}}$$

dove I è il momento di inerzia del triangolo rispetto all'asse di oscillazione, m è la massa di tutto il profilo (pari a 3 M se si indica con M la massa di un solo lato) e s la distanza del baricentro dai vertici del triangolo.

Se il profilo è formato da materiale omogeneo il momento di inerzia del profilo rispetto all'asse perpendicolare al piano del triangolo che passa per un vertice è

$$I = \frac{3}{2}Ma^2 \quad \text{mentre} \quad s = \frac{\sqrt{3}}{3}a \ .$$

Il periodo risulta dunque proporzionale alla radice quadrata della lunghezza del lato ed indipendente dalla massa del profilo fino a tanto che si possa considerare lo spessore del filo metallico trascurabile rispetto alla lunghezza del lato, *a*:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\sqrt{3}}{2g}}\sqrt{a} = K\sqrt{a} \qquad (1)$$

Il valore della costante K è: $$K = 2\pi\sqrt{\frac{\sqrt{3}}{2g}} \approx 0.187 \ \text{s cm}^{-\frac{1}{2}} \qquad (2)$$

dove si è assunto per l'intensità locale del campo di gravità il valore g = 981 cm s^{-2}.

Alcuni risultati ottenuti

Periodi di oscillazione *T* di 10 triangoli equilateri dove si è fatta variare la lunghezza *a* del lato. Le misure sono ripetute 10 volte e, per i periodi più brevi, 20 volte.

a (cm)	10 *T* (s)									
60,0	14,33	14,14	14,63	14,55	14,58	14,42	14,36	14,42	14,57	14,39
55,0	14,04	13,93	14,07	13,92	14,01	13,93	14,15	13,86	14,16	14,05
50,0	13,12	13,24	13,21	13,33	13,32	13,4	13,18	13,41	13,43	13,35
39,5	11,61	11,61	11,66	11,72	11,41	11,5	11,52	11,55	11,74	11,73
35,0	10,95	10,83	10,83	10,61	10,99	10,81	10,99	10,74	11,09	10,86
30,5	10,23	10,31	10,19	10,11	10,3	10,24	10,32	10,2	10,37	10,3
25,0	9,13	9,25	9,09	9,17	8,99	9,18	8,93	8,94	8,82	9,09
21,0	8,29	8,36	8,52	8,32	8,21	8,53	8,06	8,21	8,47	8,27
	20 *T* (s)									
15,0	13,72	14,6	14,53	14,51	14,61	14,71	14,39	14,37	14,42	14,58
10,0	11,54	11,68	11,62	11,76	11,7	11,64	11,75	11,6	11,58	11,72

Di seguito vengono riportati, per ciascun triangolo, la lunghezza a del lato, il valore medio del periodo di oscillazione ricavato per ciascuna delle dieci oscillazioni, la deviazione standard delle dieci misure del periodo assunta come incertezza del valore medio e il valore teorico calcolato per il periodo di quel triangolo in base alla formula (1). La radice quadrata della lunghezza del lato, il suo reciproco e il suo quadrato sono calcolati per tracciare i grafici "linearizzati" volti a sondare le tre relazioni proposte fra periodo e lunghezza del lato.

a (cm)	δa (cm)	$\langle T \rangle$ (s)	$\delta \langle T \rangle$ (s)	$T_{teorico}$ (s)	$\sqrt{a}$	$1/a$	a^2
60,0	0,5	1,44	0,01	1,45	7,75±0,13	0,0167	3600±60
55,0	0,5	1,40	0,01	1,38	7,42±0,13	0,0181	3025±55
50,0	0,5	1,33	0,01	1,32	7,07±0,14	0,0200	2500±50
39,5	0,5	1,16	0,01	1,17	6,28±0,16	0,0253	1560±40
35,0	0,5	1,09	0,01	1,10	5,92±0,17	0,0286	1225±35
30,5	0,5	1,03	0,01	1,03	5,52±0,18	0,0328	930±30
25,0	0,5	0,91	0,01	0,93	5,00±0,20	0,0400	625±255
21,0	0,5	0,83	0,02	0,86	4,58±0,22	0,0476	440±20
15,0	0,5	0,72	0,01	0,72	3,87±0,26	0,0700	225±15
10,0	0,5	0,583	0,004	0,59	3,16±0,32	0,1000	100±10

La relazione 1), la relazione 2) e la relazione 4) possono essere analizzate dalla rappresentazione grafica, la relazione 3) invece può venire scartata immediatamente perché comporta una funzione decrescente mentre è evidente che il periodo di oscillazione cresce al crescere del lato del triangolo.

a (cm)	T_{medio} (s)	$K_1 = T/a$ (s cm^{-1})	$K_2 = T/a^{½}$ (s cm$^{-1/2}$)	$K_4 = T/a^2$ (s cm^{-2})
60,0 ± 0,5	1,44 ± 0,02	0,0240 ± 0,0005	0,186 ± 0,003	0,00040 ± 0,00001
55,0 ± 0,5	1,40 ± 0,02	0,0255 ± 0,0006	0,189 ± 0,002	0,00046 ± 0,00002
50,0 ± 0,5	1,33 ± 0,02	0,0266 ± 0,0007	0,188 ± 0,002	0,00053 ± 0,00002
39,5 ± 0,5	1,16 ± 0,02	0,0294 ± 0,0009	0,185± 0,003	
35,0 ± 0,5	1,09 ± 0,02	0,0311 ± 0,001	0,184 ± 0,004	
30,5 ± 0,5	1,03 ± 0,02	0,034 ± 0,001	0,186 ± 0,003	
25,0 ± 0,5	0,91 ± 0,02	0,036 ± 0,002	0,181± 0,005	
21,0 ± 0,5	0,83 ± 0,02	0,039 ± 0,002	0,182 ± 0,005	
15,0 ± 0,5	0,72 ± 0,02	0,048 ± 0,003	0,186 ± 0,007	
10,0 ± 0,5	0,58 ± 0,01	0,058 ± 0,005	0,184 ± 0,006	0,0058 ± 0,0008

Dalla tabella precedente si vede che K_1 e K_4 non sono costanti, difatti i valori non sono fra loro compatibili, le differenze superano l'incertezza, mentre lo sono quelli di K_2. K_2 medio risulta (0,185±0,004 [2%]) s cm$^{-1/2}$ compatibile con il valore trovato in precedenza per via teorica nella (2).

L'incertezza della costante di proporzionalità può essere stimata in vari modi: con una stima dal grafico (come riportato qui di seguito), oppure come si è fatto prima calcolando la semidispersione dei rapporti fra T e $a^{1/2}$, o ricorrendo alle funzioni del software specializzato per il calcolo. L'errore standard della pendenza è riportato in Figura 2.

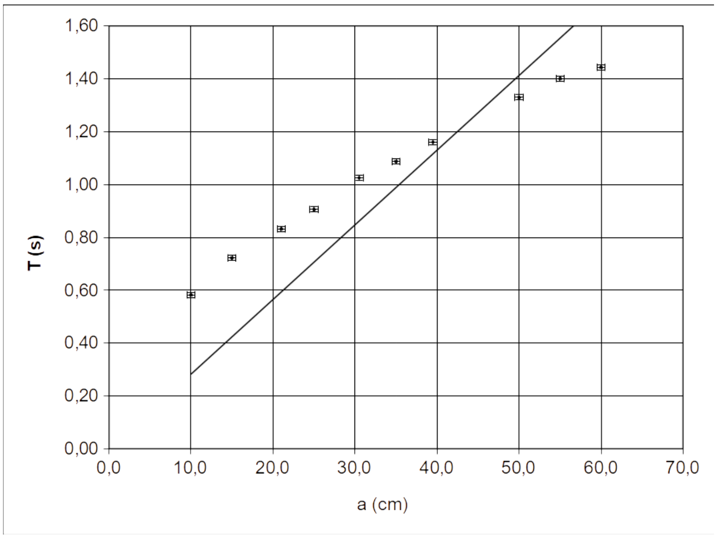


Figura1: il grafico del periodo T in funzione della lunghezza del lato a . Viene evidenziata la migliore retta approssimante una proporzionalità diretta. La relazione non è evidentemente compatibile con i dati.

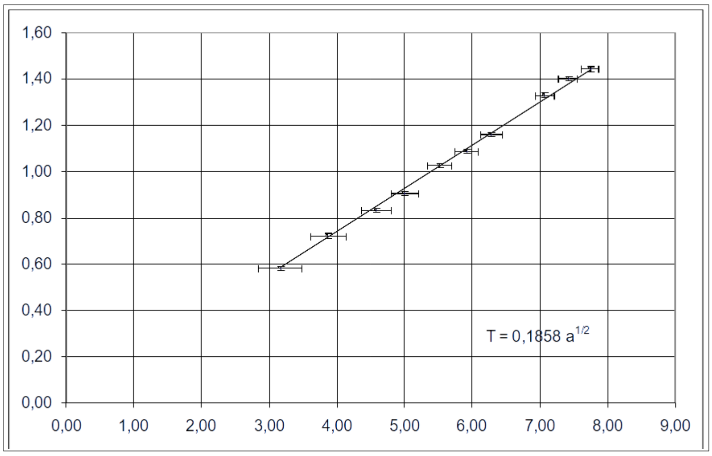


Figura 2: il grafico del periodo T in funzione della radice quadrata della lunghezza del lato a . Viene evidenziata la migliore retta approssimante una proporzionalità diretta. La retta tocca tutti gli intervalli di incertezza, la relazione è compatibile con le misure prese in questo esperimento.

Errore standard della pendenza 0,003 s $cm^{-1/2}$

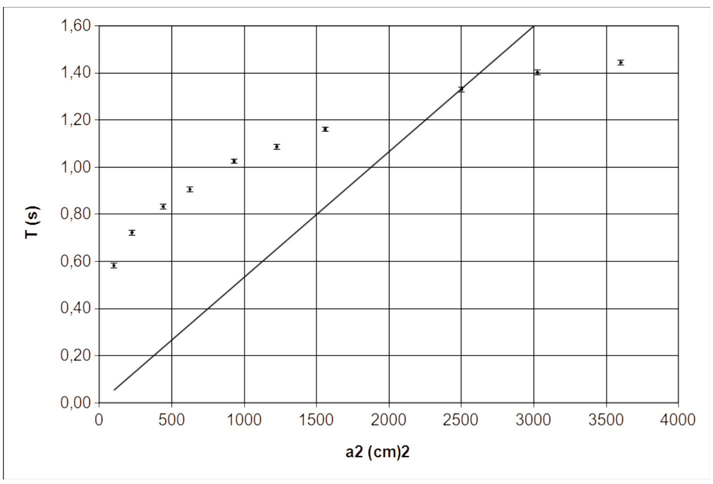
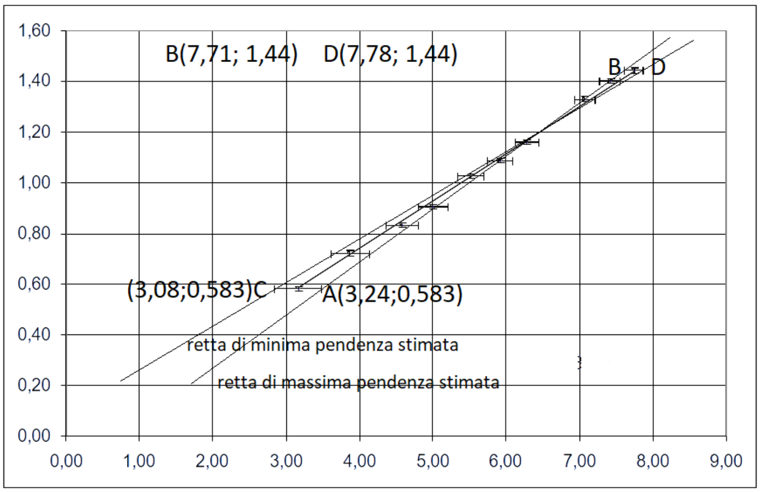


Figura 3: il grafico del periodo T in funzione del quadrato della lunghezza del lato a . Viene evidenziata la migliore retta approssimante una proporzionalità diretta. La retta non è compatibile con le misure prese in questo esperimento.

Figura 4: periodo T in ordinate e radice quadrata del lato in ascisse



Retta $\overline{AB}$:

$$K_{MAX}=\frac{1{,}44-0{,}583}{7{,}71-3{,}24}=0{,}191\,\mathrm{s\,cm}^{-1/2}$$

Retta $\overline{CD}$:

$$K_{MIN}=\frac{1{,}44-0{,}583}{7{,}78-3{,}08}=0{,}182\,\mathrm{s\,cm}^{-1/2}$$

Retta stimata per la regressione:

$$K=\frac{K_{MAX}+K_{MIN}}{2}0{,}187\,\mathrm{s\,cm}^{-1/2}$$

Incertezza stimata per la pendenza:

$$\delta K=\frac{K_{MAX}-K_{MIN}}{2}=0{,}004\,\mathrm{s\,cm}^{-1/2}.$$

La lunghezza del lato del triangolo che batte il secondo potrà essere dedotta con una semplice costruzione dal grafico una volta scelta quale retta tracciare che meglio approssimi una proporzionalità diretta fra il periodo e la radice quadrata della lunghezza del lato. Con i dati assunti precedentemente

$$a_{1sec}=\frac{T^2_{1sec}}{(0{,}1858^2)\mathrm{s}^2\mathrm{cm}^{-1}}=28{,}9673...\mathrm{cm}\approx 29\ \mathrm{cm}.$$

UNA BILANCIA ROTANTE

Presentazione

Questo esperimento si basa sulla dinamica del moto circolare uniforme e viene talora proposto per effettuare dei collegamenti con il moto di un corpo celeste in un campo gravitazionale usando un dispositivo hands on facilmente gestibile in classe.

Materiali e preparazione della prova

- tubetto di vetro o di plastica. Il bordo superiore dovrebbe essere liscio ed arrotondato;
- almeno 1 m di filo di cotone ritorto abbastanza robusto, oppure spaghino di cotone. Il raggio di rotazione *r* dovrà avere 40 – 60 cm;
- un tappo di gomma con una massa che si aggiri intorno ai 10 grammi;
- qualche ferma campioni, che può essere utile per fissare il bicchierino;

- una ventina di rondelle di metallo; per una maggiore versatilità nella scelta della massa abbiamo provato ad usare anche un bicchierino di plastica con sabbia per canarini oppure viti con massa di un grammo l'una, almeno 70 – 80 grammi;
- cronometro;
- almeno due o tre bilance per classe, con la sensibilità di un grammo: se la scuola non ne possiede a sufficienza, si può chiedere con qualche giorno di anticipo agli allievi di portare una bilancia elettronica da cucina da casa.

SICUREZZA: *prima di iniziare è bene che chi eseguirà l'esperimento acquisti confidenza con il roteare del filo e le modalità per misurare il periodo di rotazione.*

Come si opera

Dopo aver legato il tappo al filo ed aver fatto scorrere quest'ultimo attraverso il tubetto di plastica fermandolo dall'altro lato con il fermaglio o il ferma campioni, si lega all'altro capo del filo un certo numero di rondelle, e si mette in rotazione il tappo in modo da ottenere una velocità costante. Con un po' di tentativi si vedrà che è necessario il contributo dello sperimentatore per ottenere tale moto, ma che la velocità così ottenuta è facilmente riproducibile. Si ripetono più volte le misure, anche con diverse quantità di rondelle.

Invece di legare le rondelle può risultare più pratico fissare al filo un bicchierino di plastica e mettervi di volta in volta masse note di materiale sfuso, come sabbia, viti, chiodi, pallini di piombo ecc. Le masse adottate per le nostre misure sono state 10, 15, 17, 20, 22, 25 grammi con la sabbia e con i pallini di piombo. In altri casi abbiamo usato occhielli di 2g l'uno. Il tappo aveva 10 g e il filo che collegava il tutto era stato fissato ad un raggio di 45 cm (distanza tra l'estremo del tubicino e il tappo da far roteare).

Le misure si prendono dopo aver fermato l'altra estremità del cilindretto con il ferma campioni lasciando libera di agire l'estremità del filo con la massa variabile. Cominciando a far ruotare il tappo si cerca di raggiungere una velocità sensibilmente costante che rimane tale anche se occorre mantenere la rotazione con piccoli movimenti del polso. Le piccole variazioni di periodo incidono molto sui risultati e per questo è importante prendere diverse misure per trovare risultati più attendibili.

Il filo deve allungarsi il meno possibile: dopo qualche prova con fili diversi, lo spaghino di cotone bianco (trovato al supermercato) si è rivelato sufficientemente robusto e non si allungava sotto carico. Per ridurre l'errore sperimentale, sono stati presi 19 periodi alla volta considerando il valore medio del tempo: si vede che sul tempo di 19 periodi la variazione è al massimo di mezzo secondo, anche se il tappo è stato fermato e messo in rotazione diverse volte nel corso delle misure

Bisogna controllare costantemente la lunghezza del filo, che a volte tende ad aumentare un po', anche per l'effetto dello srotolamento del cotone ritorto, il che sembra incidere sensibilmente sul periodo di rotazione. Il bicchierino tende a ruotare a sua volta durante la rotazione del tappo, torcendo il filo. Per diminuire l'influenza del momento di torsione del filo si può sostituire il bicchiere di plastica con un gancio, sul quale appendere delle rondelle. Il controllo della lunghezza del filo va fatto ogni tre - quattro misure, cosa che si può evitare adottando un ferma campioni particolarmente grande. Come descritto nel testo

$$M \simeq \frac{4\pi^2 r m}{g}\frac{1}{\tau^2} = K\frac{1}{\tau^2}.$$

La massa del tappo è m, M è la massa delle rondelle, oppure della sabbia o altro solido sfuso usato per tendere il filo. Il raggio di rotazione è r.

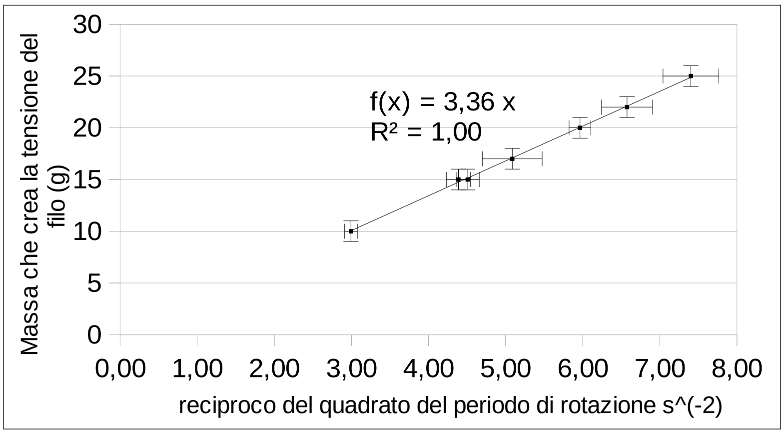
Una volta determinato il valore della costante *K* si può far girare il tappo alla presenza di una massa incognita legata al filo al posto degli occhielli o del bicchierino e ricavare una misura di tale massa. Gli allievi possono procedere anche direttamente dal grafico dopo aver trovato un’interpolazione buona dei punti di misura.

Qualche esempio di misure

M (g)	19 τ (s)									
10	10,75	11,13	11,00	10,78	11,25	11,03	11,00	10,87	11,03	10,97
15	9,00	9,03	9,22	9,07	9,19	9,00	9,22	8,69	9,22	9,06
15	9,18	9,07	8,82	8,81	8,88	8,82	8,94	8,81	9,18	8,97
17	8,22	8,03	8,82	8,25	8,81	8,12	8,78	8,75	8,25	8,22
20	7,66	7,90	7,72	7,66	7,69	7,80	7,90	7,85	7,81	7,81
22	7,22	7,32	7,35	7,28	7,44	7,71	7,53	7,71	7,35	7,19
25	7,09	7,16	6,78	7,00	7,06	7,25	6,75	6,84	7,06	6,84

M (g)	τ *(s)*									
10	0,566	0,586	0,579	0,567	0,592	0,581	0,579	0,572	0,581	0,577
15	0,474	0,475	0,485	0,477	0,484	0,474	0,485	0,457	0,485	0,477
15	0,483	0,477	0,464	0,464	0,467	0,464	0,471	0,464	0,483	0,472
17	0,433	0,423	0,464	0,434	0,464	0,427	0,462	0,461	0,434	0,433
20	0,403	0,416	0,406	0,403	0,405	0,411	0,416	0,413	0,411	0,411
22	0,380	0,385	0,387	0,383	0,392	0,406	0,396	0,406	0,387	0,378
25	0,373	0,377	0,357	0,368	0,372	0,382	0,355	0,360	0,372	0,360

τ_{medio} *(s)*	σ *(s)*	$1/\tau^2$ (s^{-2})
0,58	0,01	2,99
0,48	0,01	4,39
0,47	0,01	4,51
0,44	0,02	5,09
0,41	0,00	5,96
0,39	0,01	6,57
0,37	0,01	7,40



$\delta(1/\tau^2)$ (s^{-2})	δM (g)
0,08	1
0,16	1
0,15	1
0,39	1
0,14	1
0,33	1
0,36	1

L'equazione cercata è quindi:

$$M = K\frac{1}{\tau^2} = (3{,}36\ \text{g s}^2)\frac{1}{\tau^2}.$$

Usando la funzione REGR.LIN si trova l'incertezza del coefficiente senza peraltro considerare le incertezze dei singoli dati: $K = (3{,}36 \pm 0{,}01)\ \text{gs}^2$.

Per la prova della bilancia si è usato un tronchesino da unghie inserito in un sacchetto. Il sacchetto con il tronchesino, pesato sulla bilancia risultava avere massa 19 g. Si sono trovati i seguenti dati:

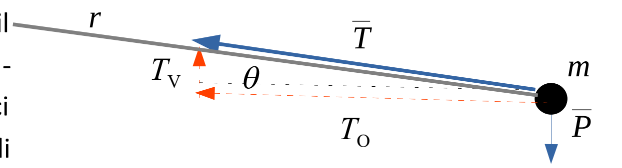
19 τ_x (s)							$[\tau_x]_{medio}$(s)
7,66	7,85	7,94	7,62	7,59	7,91	7,75	0,41±0,01

$M_x = K\frac{1}{\tau_x^2} = 20\ \text{g}$ con una incertezza, stimata con il calcolo della propagazione dell'errore, di 2 g (10%).

Volendo approfondire e suggerire le leggi della fisica che stanno alla base della "bizzarra bilancia" si aggiungono semplici note con un modello teorico. Non ci si aspetti però di trovare facilmente compatibilità fra i risultati attesi da questo semplice modello di dinamica delle rotazioni e le misure prese che pure si rivelano, con soddisfazione, ripetibili. Si suggerisce dunque una riflessione sulla complessità dei fenomeni reali, sia pure quelli che ci appaiono i più semplici e gestibili oltre che divertenti, e magari una discussione sui diversi livelli di approssimazione con i quali siamo in grado di dare un senso coerente con la teoria alle nostre osservazioni e di fare delle previsioni.

Cenni di teoria

Quando la massa ruota su di essa agiscono due forze: il suo peso $\vec{P}$ e la tensione $\vec{T}$ della corda a cui è fissata. Poiché la massa non cade verso il suolo dovrà esserci una componente verticale $\vec{T}_V$ della tensione capace di compensare il peso: $T_V = -P$.



Ne segue che nella rotazione il cordino, lungo r, non può mantenersi orizzontale ma formerà con l'orizzontale un angolo θ.

La componente orizzontale della tensione, T_O, fornisce la forza centripeta che mantiene in rotazione l'oggetto di massa m.

$$T_O = T\cos\theta \quad \text{e} \quad T_V = T\sin\theta$$

Fra lunghezza del cordino, massa rotante e la sua velocità e la forza centripeta F_c vale la seguente relazione

$$F_c = T\cos\theta = \frac{mv^2}{r}.$$

Se la velocità di rotazione è uniforme e la rotazione avviene con periodo τ, la velocità in funzione del periodo è

$v = \frac{2\pi r}{\tau}$ e la precedente equazione diventa $F_C = T\cos\theta = \frac{m}{r}\frac{4\pi^2 r^2}{\tau^2}$.

Nel dispositivo usato la tensione è fornita dal peso della massa M, per cui $T = Mg$ e la precedente equazione diventa:

$Mg\cos\theta = 4\pi^2 r\, m\frac{1}{\tau^2}$ e quindi $M = [\frac{4\pi^2 rm}{g\cos\theta}]\frac{1}{\tau^2}$

La relazione precedente consentirebbe di calcolare la costante K di proporzionalità già determinata per via sperimentale, pur di conoscere il valore dell’angolo θ.

Dalla figura all’inizio di questa sezione si vede che

$$\theta = \arcsin\frac{T_V}{T}$$

ed essendo, in modulo $|T_V| = |P| = mg$, ed essendo anche $T=Mg$, risulta

$$\theta = \arcsin\frac{m}{M}.$$

Si può osservare infine che se $M >> m$ l’angolo θ risulta piccolo e quindi

$\cos\theta \approx 1$ da cui $K \approx \frac{4\pi^2 r\, m}{g}$.

Valgono allora le approssimazioni citate più sopra per cui la forza centripeta è approssimativamente uguale alla tensione del filo:

$$T = Mg \approx F_C = \frac{m}{r}\frac{4\pi^2 r^2}{\tau^2}.$$

UNA LENTE DI INGRANDIMENTO

Presentazione

L’esperimento che viene proposto, sfidando a trovare la lunghezza reale di una parte tratta da un’immagine ingrandita, aiuta a mettere in evidenza le proprietà principali di una lente. Viene proposto in maniera molto guidata così che anche chi ha solo qualche idea delle proprietà delle lenti può trovare dei risultati soddisfacenti.

La misura richiede una sorgente luminosa piuttosto forte per illuminare l'oggetto da esaminare, una vite col passo molto stretto; va bene anche una lampada a torcia purché a fascio intenso di luce. L'esecuzione di questa parte dell'esperimento richiede una discreta manualità e pratica sperimentale da parte dello studente.

Per semplificare l'elaborazione dei dati si introducono le distanze fra l'oggetto e il fuoco principale che sta dalla parte dell'oggetto, s_o e la distanza fra l'immagine reale e il fuoco che sta dalla parte dell'immagine, s_1. Detta *p* la distanza dell'oggetto dalla lente e *q* quella dell'immagine dalla lente, la forma della legge data dai testi è

$$\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=\frac{1}{f}$$

oppure, quando si voglia tenere conto dell'orientamento dell'asse ottico principale, $\frac{1}{p}-\frac{1}{q}=\frac{1}{f}$.

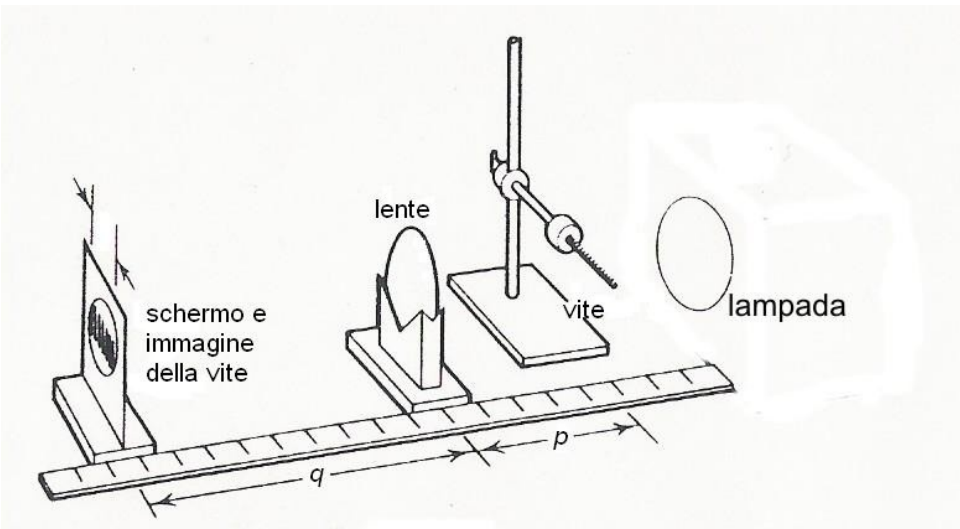
Essendo $p=s_0+f$ e $q=s_1+f$ si trova che $s_0 s_1=f^2$.

Materiali e preparazione dell'esperimento

Si consiglia di usare per la prova lenti sottili convergenti e simmetriche con 10 - 15 cm di distanza focale. Lo schermo può essere preparato incollando un foglio di carta bianca su un rettangolo di legno delle dimensioni di un foglio A4. Un'alternativa è di preparare una cornice delle medesime dimensioni e fissarvi un foglio di carta da lucido, meglio se millimetrata.

Lo schermo può essere fissato su un profilato di legno oppure, con del pongo, su dadi di plastica in modo da mantenerlo in piano verticale. Ancora dadi di plastica potranno sostenere la lente e sempre con dadi di plastica si formerà il ponte su cui fissare la vite.

Ogni gruppo di lavoro avrà bisogno della disponibilità di almeno una decina di dadi. Nella figura seguente si mostra un'apparecchiatura meno effimera con basi di sostegno appositamente costruite in legno.



Qualche esempio di misure

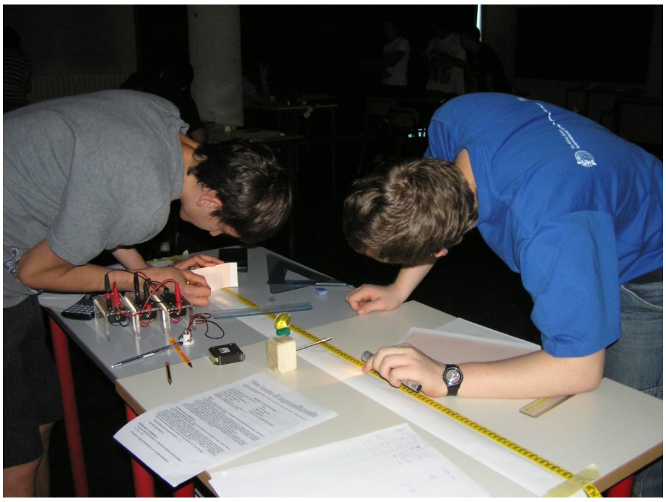
misure in base alla legge di Snell

			valore calcolato	
p (cm)	q (cm)	$\Delta p=\Delta q$ (cm)	f (cm)	Δf (cm)
40,5	40,5	0,1	20,25	0,03
40,0	42,5	0,1	20,61	0,03
34,2	53,7	0,1	20,89	0,03
32,0	55,5	0,1	20,30	0,03
29,0	68,5	0,1	20,37	0,04
29,0	69,0	0,1	20,42	0,04
26,5	96,5	0,1	20,79	0,05
24,5	137,0	0,1	20,78	0,06
23,5	169,0	0,1	20,63	0,07

misura di cinque giri della vite nell'immagine sullo schermo

ingrandimento		lunghezza immagine		lunghezza reale		passo	
i=q/p	Δi	L_5 (cm)	δL_5 (cm)	a_5	δa_5 (cm)	r (cm)	δr (cm)
1,000	0,005	0,50	0,05	0,50	0,05	0,10	0,01
1,063	0,005						
1,570	0,008						
1,734	0,009	0,80	0,05	0,46	0,03	0,092	0,006
2,36	0,01						
2,38	0,01	1,20	0,05	0,50	0,02	0,101	0,005
3,64	0,02	1,60	0,05	0,44	0,02	0,088	0,003
5,59	0,03	2,50	0,05	0,45	0,01	0,089	0,002

Si può notare che la misura evidenziata non risulta compatibile con le altre.
La media delle misure ci dà, per il passo della vite r = (0,94 ± 0,03) mm.



L'allineamento è un problema: studenti al lavoro al liceo scientifico "G.Galilei" di Trieste. Cortesia della professoressa Anna Rambelli.

UNA BILANCIA MOLTO SENSIBILE

Presentazione

Questo esperimento propone di costruire una bilancia assolutamente non standard la quale possiede però la sensibilità di qualche milligrammo. La si userà per misurare lo spessore, dell'ordine di qualche decina di micron, di un foglio di alluminio preso da un rotolo da cucina. Il procedimento comporta, data la densità dell'alluminio, di misurare la massa e la superficie di un piccolissimo foglietto ritagliato dal rotolo potendo in tal modo risalire al suo spessore.

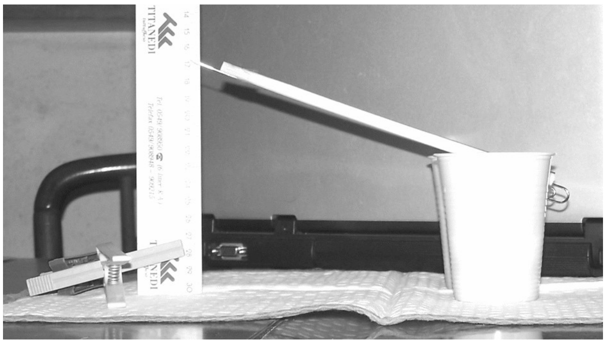


Figura 1: Una possibile versione della bilancia. L'ago infisso trasversalmente nella cannuccia poggia sui bordi dei bicchieri appesantiti con dei piccoli dadi d'acciaio. Il righello è mantenuto in posizione verticale da un sistema di mollette da bucato.

Materiali a disposizione su ogni banco di lavoro

- alcune cannucce da bibita prive della parte pieghevole;
- alcuni spilli da sarto, sottili e con una capocchia piccola:
- una vite lunga 2 – 3 cm che si adatti perfettamente ad essere inserita nella cannuccia. Alternativamente si può usare un fermaglio da carta del tipo più grosso. Una delle parti terminali del fermaglio va inserita nella cannuccia per fissarlo e ci si deve assicurare che il fermaglio o la vite non scorrano nella cannuccia se non vengono volutamente tirati o spinti. Le bilance costruite con viti corte e grosse risulteranno più pronte mentre quelle col fermaglio raggiungono l'equilibrio in tempi più lunghi;
- una stecca di legno di 20 – 30 cm con incollato un nastro millimetrato di carta. La stecca deve mantenersi verticale durante tutto il tempo in cui si prendono le misure e va fissata con nastro adesivo ad un blocchetto di legno. Si possono usare anche delle mollette da bucato a tale scopo ma, poiché la stecca dovrà essere continuamente spostata questa soluzione può creare inconvenienti. Noi abbiamo anche usato un bastoncino di legno, di quelli per modellismo, e lo abbiamo fissato nei fori dei blocchetti del lego. I righelli di plastica possono creare interazioni elettrostatiche con le cannucce;
- due bicchierini appesantiti per appoggiarvi la cannuccia e un paio di forbici;
- foglio di carta quadrettata con quadretti di lato 0.5 cm. I fogli dovranno essere tutti uguali e si dovrà disporre di un pacco di almeno una cinquantina di fogli per pesarli all'inizio della prova. Sarà anche bene fornire un contenitore per mettervi i pezzetti di carta che costituiranno le masse campione;
- un righello millimetrato per misurare le superfici dei foglietti da pesare;
- potranno essere utili: nastro adesivo per fissare lo spillo alla punta della cannuccia, una pinzetta e una lente di ingrandimento.

Materiali a disposizione nell'aula:

- una bilancia con sensibilità di 1 g; un pacco di fogli quadrettati identici a quelli che si trovano sul banco degli studenti. Se si usa una bilancia da cucina ci vogliono almeno 50 fogli.

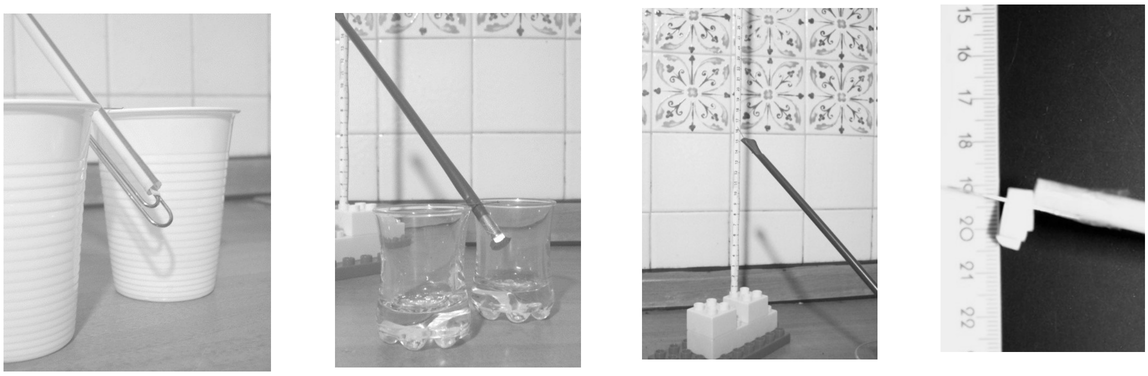


Figura 2: diversi esempi di montaggio della bilancetta[1]*.*

All'inizio della prova Si peserà il pacco dei fogli e la sua massa e il numero dei fogli pesati saranno comunicati agli studenti. Si comunicherà anche il valore della densità dell'alluminio del foglio usato.

Costruzione della bilancia

Si infila la vite ad una estremità della cannuccia; all'altra estremità si fissa uno spillo in modo che sia collineare con la cannuccia. Si valuta la posizione del centro di massa della cannuccia appoggiandola ad un'altra cannuccia o al bordo di un bicchierino e in corrispondenza della posizione del centro di massa, sopra all'asse della cannuccia, si infila un altro spillo, perpendicolare alla cannuccia stessa. Per poter equilibrare la bilancia è importante che lo spillo non attraversi l'asse della cannuccia. Fissata verticalmente la riga millimetrata e disposta la cannuccia appoggiando le estremità dello spillo trasversale ai bordi dei due bicchierini ci si assicura che raggiunga una posizione di equilibrio. Se ciò non fosse bisognerà agire sulla vite (o sul fermaglio) spostandola dentro o fuori dalla cannuccia.

Si preparano le "masse campione": quadratini di carta di 1 cm^2, o diverse striscioline, di 1, 2 … 5 … cm^2. Le "masse campione" verranno appoggiate a cavaliere sullo spillo infilato all'estremità della cannuccia. La bilancia deve poter consentire almeno 5 misure valide. Se ciò non fosse si agisce al solito sulla vite (o sul fermaglio). Quando si è certi che la bilancia ha una portata sufficiente si potrà procedere alla determinazione del grafico della funzione di risposta dello strumento, riportando l'altezza all'equilibrio dell'estremità dell'ago-indice in funzione della massa aggiunta.

Accorgimenti

La bilancia a cannuccia è davvero molto sensibile, risente significativamente di disturbi provocati da movimenti o scossoni del banco su cui poggia. Chi opera deve essere accorto e le misure devono essere accurate;

1 Oggi una microbilancia con precisione accettabile per il laboratorio scolastico può essere acquistata con poca spesa, ma questa proposta continua a fornire allo studente curioso uno stimolo prezioso al gusto per la ricerca sfidandolo a trarre il massimo risultato dall'arte di assemblare sapientemente semplicissimi oggetti.

per evitare errori di parallasse, le misure vanno prese con la punta dello spillo-indice vicinissima alla riga millimetrata. Anche l'occhio di chi rileva le misure dovrà essere vicino all'indice; per studenti ipovedenti può essere utile disporre di una lente di ingrandimento. Gli studenti dovranno essere consapevoli che, se la vite viene spostata dalla sua posizione le caratteristiche dello strumento cambiano e le misure dovranno essere ripetute dall'inizio. Vanno quindi evitate le cadute e le manipolazioni distratte. I pezzettini di carta e di alluminio che vengono pesati dovranno essere ripiegati e posti sempre nella medesima posizione dell'ago.

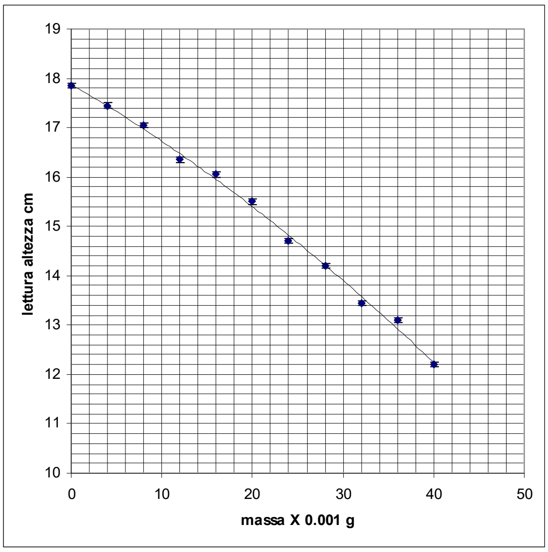
Qualche esempio di misure

masse "campione" con carta da 80 g/m^2; unità di massa: strisciolina di 0.5 cm^2, m = 0.004 g

misure prese con la cannuccia caricata con la vite											
N	massa 0.001 g	lettura 1 cm	lettura 2 cm	y medio cm	dy cm	N	massa 0.001 g	lettura 1 cm	lettura 2 cm	y medio cm	dy cm
0	0	17.9	17.8	17.85	0.05	6	24	15.0	14.4	14.7	0.3
1	4	17.5	17.4	17.45	0.05	7	28	14.4	14.0	14.2	0.2
2	8	17.1	17.0	17.05	0.05	8	32	13.4	13.5	13.45	0.05
3	12	16.4	16.3	16.35	0.05	9	36	13.3	12.9	13.1	0.2
4	16	16.1	16.0	16.05	0.05	10	40	12.2	12.2	12.20	0.00
5	20	15.7	15.3	15.5	0.2						

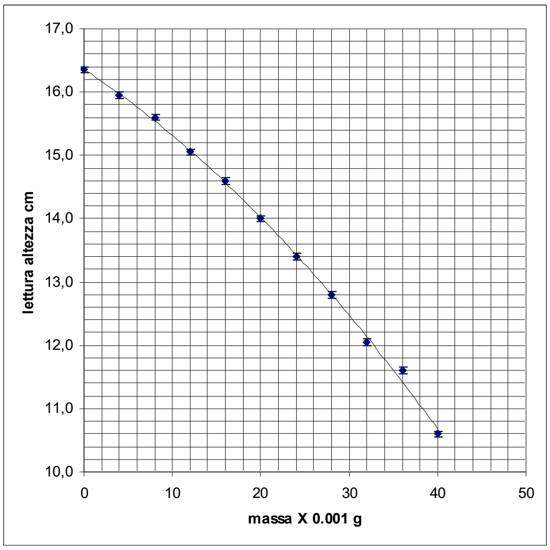
La massa delle striscioline di alluminio viene letta dal grafico. Densità dell'alluminio $d = 2.70 \cdot 10^3$ kg/m^3.
Lo spessore *x* è

striscia di alluminio	*y* (cm)	*M*(mg)	*x* (mm)
10 cm^2	14.0	29	0.01
5 cm^2	15.7	17	0.01
5 cm^2	15.7	17	0.01



misure prese con la cannuccia caricata con il fermaglio					
N m	massa 0.001 g	lettura 1 cm	lettura 2 cm	y medio cm	scarto cm
0	0	16.4	16.3	16.40	0.05
1	4	16.0	15.9	16.00	0.05
2	8	15.6	15.6	15.60	0.00
3	12	15.1	15.0	15.10	0.05
4	16	14.7	14.5	14.6	0.1
5	20	14.0	14.0	14.00	0.00
6	24	13.5	13.3	13.4	0.1
7	28	12.8	12.8	12.80	0.00
8	32	12.0	12.1	12.10	0.05
9	36	11.5	11.7	11.6	0.1
10	40	10.6	10.6	10.60	0.00

striscia di alluminio	*y* (cm)	*M*(mg)	*x* (mm)
10 cm^2	12.4	30	0.01
5 cm^2	14.7	15	0.01
5 cm^2	14.7	15	0.01

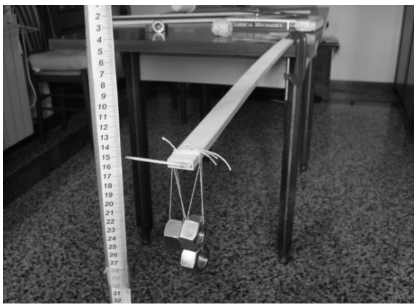


PROPRIETÀ ELASTICHE DI UNA STECCA

Presentazione

Una stecca abbastanza sottile e rigida, costruita con materiale omogeneo quale per esempio una riga millimetrata di legno o di plastica, può costituire uno strumento di indagine per richiamare l'attenzione sulle proprietà elastiche dei corpi rigidi. Anche se uno studio formale di tale argomento esula dalle possibilità di uno studente ai primi passi nella fisica pure queste indagini saranno di aiuto per collegare il fondamentale studio delle forze elastiche a situazioni significative per la vita quotidiana.

La stecca verrà fissata ad una sua estremità e sollecitata all'altra estremità da una forza deformante perpendicolare al suo asse più lungo, in tal modo subirà una deformazione flettente che - entro buoni limiti - risulterà proporzionale alla forza applicata. Fissando la stecca in modo che si mantenga orizzontale quando non è sollecitata, la deformazione può essere rappresentata dalla distanza d fra un punto all'estremo della stecca flessa e la posizione che esso aveva quando la forza deformante era nulla. La relazione fra il modulo della forza applicata $\vec{P}$ e d è[2]



$$P=\frac{3EI}{L^3}d$$

2 Equazione di Eulero Bernoulli. L'equazione è valida per angoli di deflessione abbastanza piccoli da poter uguagliare l'arco descritto nella deflessione allo spostamento verticale dell'estremità della stecca.

dove E è il modulo di elasticità di quella particolare stecca (modulo di Young) e L è la lunghezza del tratto libero della stecca. Indicando con a la larghezza della stecca e h il suo spessore si definisce inoltre[3]

$$I=\frac{a h^3}{12}$$

Materiali e preparazione della prova

Su ogni tavolo, all'inizio della prova, ci saranno

- una stecca di plastica lunga 60 cm o di legno, ma in questo caso dovrebbe essere lunga 1 m;
- una morsa per fissare la stecca al bordo di un tavolo e due blocchetti di legno per proteggere la stecca e il tavolo dal contatto diretto con la morsa;
- un'asta millimetrata che andrà fissata in posizione verticale: noi abbiamo usato un bastone, nastro metrico di carta e una base di sostegno;
- dadi metallici tutti con massa uguale entro una precisione nota. Noi abbiamo usato dadi da 30 g per stecche di plastica e dadi di 68 g per le stecche di legno. Per evitare che la stecca si spezzi dare agli studenti un numero di dadi sufficiente per ottenere un adeguato numero di misure ma il loro peso totale deve essere opportunamente inferiore al punto di rottura della stecca. Nel caso di dadi piccoli è preferibile usare un contenitore, per esempio un bicchierino di plastica, da fissare all'estremità libera della stecca. La massa dei dadi e quella del contenitore andranno determinate prima della prova.

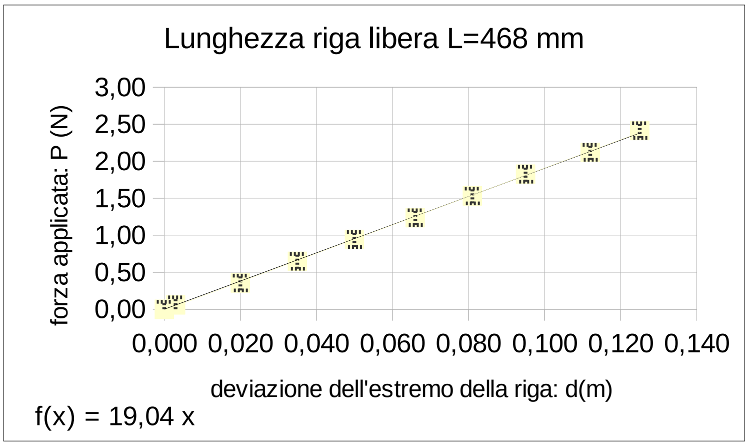
Qualche esempio di misure

Si studia la relazione fra il peso $\vec{P}$ che deforma la stecca e la freccia d dovuta alla deformazione. L'andamento lineare, $p=Kd$ è in genere molto buono anche quando la stecca è decisamente incurvata. Con una riga di plastica abbiamo usato un contenitore di 6 g e dadi da 30 g ciascuno. h è la lettura sul nastro metrico della posizione dell'estremità libera della stecca. P è il peso delle masse M che deformano la stecca.

L (m) 0,468

M (kg)	h (cm)	P(N)	δP(N)	d(m)	δd(m)
0	13,5	0,00	0,01	0,000	0,001
0,006	13,8	0,06	0,01	0,003	0,002
0,036	15,5	0,35	0,01	0,020	0,002
0,066	17,0	0,65	0,01	0,035	0,002
0,096	18,5	0,94	0,01	0,050	0,002
0,126	20,1	1,24	0,01	0,066	0,002
0,156	21,6	1,53	0,01	0,081	0,002
0,186	23,0	1,82	0,01	0,095	0,002
0,216	24,7	2,12	0,01	0,112	0,002
0,246	26,0	2,41	0,01	0,125	0,002

3 I è un termine noto come "momento di inerzia della sezione trasversale della stecca calcolato rispetto all'asse perpendicolare alla forza deformante, asse neutro". Il prodotto EI dipende dal materiale con cui è fatta la stecca e dalle caratteristiche geometriche della sua sezione.



R^2=0,9998

Errore standard della pendenza 0,08

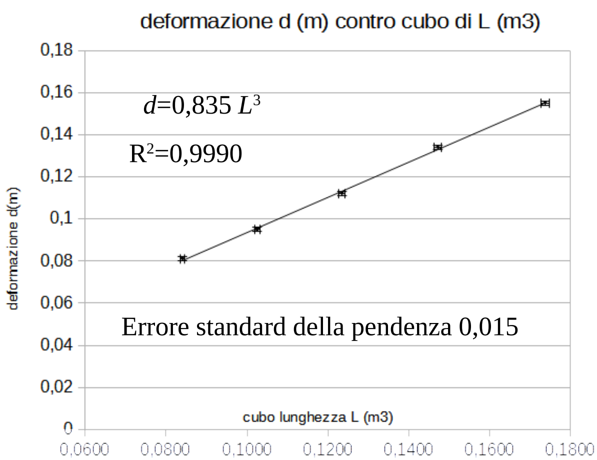
Si può concludere che il valore ottenuto in questa misura della costante di elasticità della riga di plastica, con una lunghezza libera di 0,468 m, è

$K=(19{,}04\pm0{,}08)$ N/m .

Usando invece una stecca di identiche dimensioni ma fatta con materiale meno flessibile, a parità di forza flettente si avrebbe una deformazione minore; con riferimento al grafico, punti con uguale ordinata avrebbero ascissa minore, la retta avrebbe maggiore pendenza e ciò comporterebbe un valore più grande per la costante K .

Allo scopo di osservare la relazione proposta $d=H\,L^3$ fra entità della deformazione e lunghezza libera della riga flessa, questa è stata caricata all'estremità libera con una massa complessiva corrispondente ad una forza peso di 1,82 N e se ne è misurata la conseguente deformazione per flessione, d. La misura è stata ripetuta per diversi valori L della lunghezza del tratto libero, fra la morsa e l'estremo della riga.

L(m)	δL(m)	d(m)	δd(m)	L^3(m^3)	δL^3(m^3)
0,438	0,001	0,081	0,001	0,0840	0,0006
0,468	0,001	0,095	0,001	0,1025	0,0007
0,498	0,001	0,112	0,001	0,1235	0,0007
0,528	0,001	0,134	0,001	0,1472	0,0008
0,558	0,001	0,155	0,001	0,1737	0,0009



In conclusione la misura dà un valore della costante $H=(0{,}835\pm0{,}015[1{,}8\%])$ m^{-2}.

Sarà ora possibile, in base alla relazione suggerita nel testo, calcolare un valore per il modulo di Young del materiale plastico di cui è fatta la riga usata

$$E = \frac{4P}{Hah^3}.$$

Effettuate le misure della larghezza a e dello spessore h della riga, si dispone dei seguenti valori:

P (N):	1,82	δP (N):	0,01	$\delta P/P$:	0,0055
H (m^{-2}):	0,835	δH (m^{-2}):	0,015	$\delta H/H$:	0,018
a (m):	0,042	δa (m):	0,001	$\delta a/a$:	0,024
h (m):	0,0027	δh (m):	0,0001	$\delta h/h$:	0,037
h^3 (m^3):	$1{,}97 \cdot 10^{-8}$	δh^3 (m^3):	$0{,}22 \cdot 10^{-8}$	$\delta h^3/h^3$:	0,11

Si avranno quindi, per il modulo di Young cercato

E	10,5 GPa	$\delta E/E$	0,16 [16%]	δE	1,7 GPa

Il valore è compatibile con quello del polistirene:

https://omnexus.specialchem.com/polymer-properties/properties/young-modulus

LA LUCE CHE SI ATTENUA

Presentazione

In questa attività si propone di osservare come si attenua la luce in un mezzo trasparente in relazione alla lunghezza del tratto che vi percorre. Come sensore di intensità luminosa si propone un fotoresistore (LDR) al solfuro di cadmio.

Cenni di teoria

Legge di Beer – Lambert - Bouguer

quando la luce attraversa un campione di materia si dice che si è avuto assorbimento se l'intensità I del raggio emergente è minore dell'intensità I_0 del raggio incidente. In sostanza, se contassimo quanti fotoni attraversano una sezione unitaria prima e dopo aver attraversato il campione troveremmo che in uscita una frazione di fotoni manca all'appello e potremmo dire che questi fotoni sono stati "assorbiti" dal campione. In un materiale solido amorfo, omogeneo e privo di impurità e di difetti strutturali, l'assorbimento dipende dalla lunghezza del percorso della luce nel mezzo, dalla natura del materiale e dalla lunghezza d'onda della luce ed è descritto dalla seguente espressione empirica, legge di Beer – Lambert - Bouguer:

$$\frac{dI}{I} = -A\,dx \qquad (1)$$

l'espressione esprime l'ipotesi che ciascuno strato del mezzo, perpendicolare al raggio luminoso e di spessore dx, assorba la medesima frazione dI di luce monocromatica. Contribuisce all'attenuazione della luce trasmessa anche la riflessione parziale sulle superfici che separano i mezzi trasparenti ma, se la riflessione ha luogo in maniera sufficientemente regolare è possibile effettuare le opportune correzioni, per descrivere il fenomeno rimane ancora valida la (1) e la sua forma esponenziale è la seguente:

$$I = I_0 e^{-A_\lambda x}$$

dove il coefficiente A_λ (coefficiente di attenuazione) dipende dalle caratteristiche del materiale trasparente dalla lunghezza d'onda della luce e dall'indice di rifrazione relativo dei due mezzi trasparenti, supposto costante.

Il fotoresistore

In un fotoresistore al solfuro di cadmio, a temperature normali e con intensità luminose non estreme, la resistenza varia con l'intensità luminosa che ne colpisce la superficie. Con buona approssimazione vale la relazione:

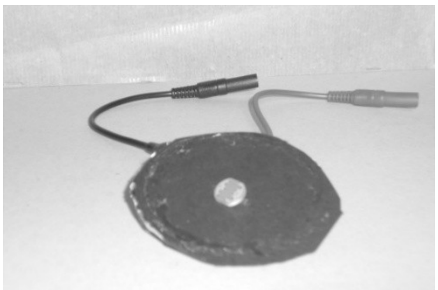
$$\frac{I}{I_0} = \left(\frac{R}{R_0}\right)^{-\gamma} \qquad (1)$$

dove γ è un coefficiente che dipende da fattori costruttivi del fotoresistore. Facendo incidere sul fotoresistore la luce di una sorgente luminosa che irradia con intensità costante e che si trova sempre alla medesima distanza della superficie del fotoresistore, interponendo fra la sorgente e il sensore *n* strati uguali di materiale trasparente, di spessore ciascuno dx, la resistenza R misurata dipenderà da *n* secondo la relazione

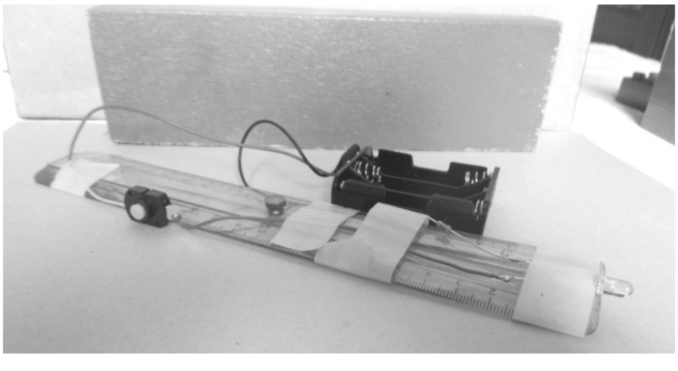
$$\frac{R}{R_0} = e^{Cndx} \rightarrow \ln R = \ln R_0 + (C\,dx)n \qquad (2)$$

con C costante. Nell'esperimento proposto si interporranno fra la sorgente luminosa e il fotoresistore diversi strati identici di materiale trasparente. La resistenza aumenterà allora con progressione geometrica. Gli studenti potranno apprezzare l'andamento della variazione della resistenza in funzione del numero di strati interposti e determineranno una stima della costante $C\,dx$.

Allestimento della prova

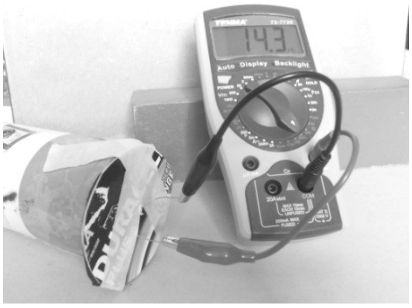


Per mantenere bassa e costante la luminosità di fondo dell'ambiente in cui si opera si userà un tubo di cartone o di plastica diviso trasversalmente in due spezzoni. I due tratti di tubo possono essere rivestiti internamente di carta scura o dipinti con vernice nera opaca. Si preparerà un disco di cartoncino rigido con il qua-



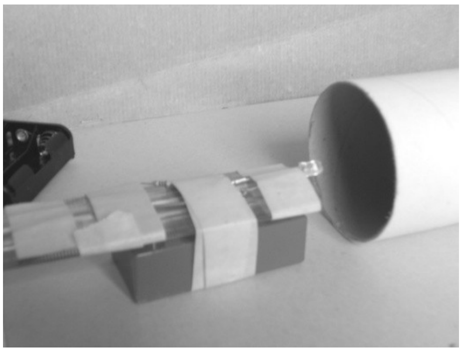
le chiudere, con colla o nastro adesivo, la base di uno dei tubi. Al centro del cartoncino andrà fissato il fotoresistore facendone uscire i due terminali dalla parte opposta. Questo lavoro preparatorio potrebbe essere fatto dagli studenti nei giorni precedenti la prova. Nell'esperimento campione che presentiamo abbiamo usato tubi di cartone lunghi approssimativamente 30 cm.

La sorgente luminosa è costituita da un LED a luce bianca. Andrà alimentato con tre o quattro pile AA poste in un portapile e protetto da una resistenza opportuna (dipende dal LED usato) che si salderà ad uno dei terminali del LED. L'inserimento di un piccolo interruttore a pulsante potrebbe facilitare le operazioni anche se non è necessario.



La resistenza del fotoresistore si misura direttamente con un multimetro digitale in funzione di ohmetro. Se gli studenti non usano abitualmente questo strumento sarà opportuno fornire un foglio di istruzioni.

Per l'attenuazione della luce abbiamo usato fogli di plastica ritagliati da quelli usati per le copertine trasparenti dei fascicoli rilegati ad anelli. Due cornici di cartoncino abbastanza rigido possono essere usate per mantenere i fogli perpendicolari all'asse del tubo entro cui passa la luce del LED.

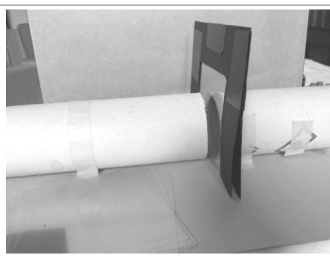


Il LED va mantenuto a distanza fissa dal fotoresistore. Lo abbiamo fissato su un righello piatto e abbiamo posizionato il righello entro al tubo a livello dell'asse centrale, fissando sotto al righello due blocchi rigidi di plastica per tenerlo sollevato.

Per i collegamenti elettrici (l'LDR al multimetro e il LED con la resistenza al portapile) serviranno quattro cavetti conduttori con alle estremità delle prese a coccodrillo.

I tubi vanno fissati al tavolo con nastro adesivo per evitare che si spostino durante l'esperimento modificando la distanza fra il LED e l'LDR e quindi l'intensità della luce che arriva ai fogli di plastica. Per il medesimo motivo sarà bene usare pile nuove per alimentare il LED. Buoni risultati dipendono molto dal tipo di materiale di cui sono fatti i fogli di plastica. Chi progetta l'esperimento avrà cura di effettuare delle prove, anche con diversi tipi di plastica, prima di decidere quella che è più opportuno usare.

NOTA: *l'esperimento può essere montato in vari modi usando la medesima attrezzatura o una di equivalente semplicità. Per esempio ponendo i tubi con l'asse verticale e usando adeguati supporti. In questo caso non sarà necessaria la cornice per sostenere i fogli di plastica che potranno semplicemente venir appoggiati al tubo inferiore che contiene l'LDR.*



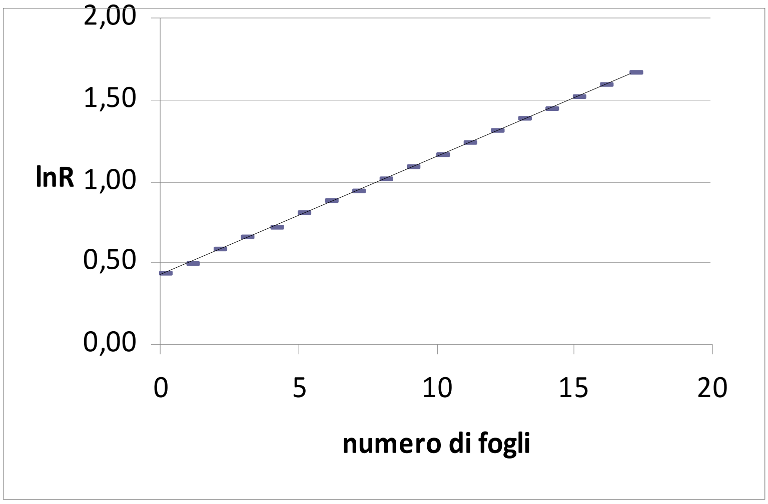
Qualche esempio di misure

La resistenza del LDR aumenta in progressione geometrica di ragione $K_{medio} = 1{,}08 \pm 0{,}015\,(1\%)$ via via che si aggiungono i fogli identici di plastica di spessore dx che attenuano la intensità luminosa che giunge sul fotoresistore. L'incertezza assunta per il valore medio è calcolata dalla semidispersione delle misure.

$R_{fondo} = 5\ \mathrm{M}\Omega$

N	R kΩ	$K=R_{n+1}/R_n$ n = 0..16	ln$R$
0	1,53		0,43
1	1,63	1,07	0,49
2	1,78	1,09	0,58
3	1,92	1,08	0,65
4	2,04	1,06	0,71
5	2,22	1,09	0,80
6	2,38	1,07	0,87
7	2,54	1,07	0,93
8	2,72	1,07	1,00

N	R kW	$K=R_{n+1}/R_n$ n = 0..16	ln$R$
9	2,96	1,09	1,09
10	3,17	1,07	1,15
11	3,41	1,08	1,23
12	3,66	1,07	1,30
13	3,94	1,08	1,37
14	4,20	1,07	1,44
15	4,53	1,08	1,51
16	4,91	1,08	1,59
17	5,23	1,07	1,65



L'equazione della linea di tendenza è $\ln R = 0{,}43 + 0{,}072\,n$.

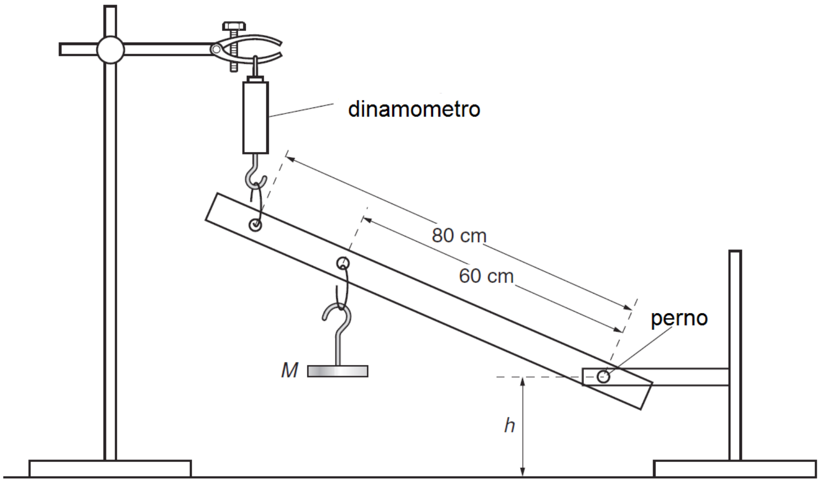
La costante A = 0,43 rappresenta il logaritmo della resistenza del fotoresistore quando la luce non viene attenuata dai fogli di plastica, n = 0 e $\ln R = \ln R_0$.

La costante $B = 0{,}072$ rappresenta l'incremento al ln R_0 quando viene aggiunto un foglietto di spessore dx. Gli studenti che hanno qualche conoscenza delle proprietà dei logaritmi sapranno scrivere l'equazione della retta nella forma $\ln \frac{R}{R_0} = 0{,}072\,n$ e potrebbero riconoscere la forma $\ln \frac{R}{R_0} = \ln K^n$.

In effetti, dai dati campione, si può osservare che $\ln K_{\text{medio}} = \ln(1{,}08 \pm 0{,}015)$ è compreso fra 0,063 e 0,091.

Dalla (1) $K^n = e^{Cndx}$ e quindi $K = e^{Cdx}$ mentre $B = Cdx$, coefficiente di incremento della resistenza di quel particolare fotoresistore per inserimento di un foglietto di quel materiale e di spessore dx.

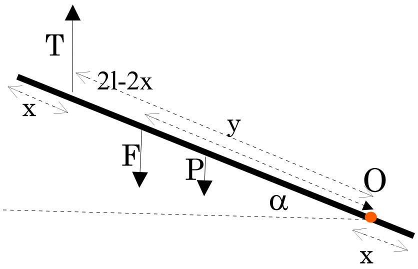
EQUILIBRI



Materiali utilizzati per ciascun tavolo di lavoro

- Stecca di legno lunga 1,000 m. Nella stecca, sulla linea mediana, a 10,0 cm, 30,0 cm e 90,0 cm da uno degli estremi saranno praticati tre piccoli fori. La massa della stecca starà fra 100 g e 200 g. Assicurarsi che la stecca non si deformi con il carico massimo di *M*.
- Dinamometro a molla con portata adeguata (5 N - 10 N) e sensibilità 0,1 N.
- Spago per formare degli anelli passanti in due fori per la sospensione delle masse di carico *M* e del dinamometro.
- Chiodino sottile in funzione di perno.
- Riga millimetrata con cui misurare 40,0 cm – 50,0 cm.
- N°1 asta di sostegno con asta trasversale su cui fissare il dinamometro. L'altezza dell'asta trasversale deve poter essere variata durante l'esperimento.
- N°1 asta di sostegno sulla quale fissare una traversa di legno e il perno sul quale potrà ruotare la stecca.
- Portamasse con almeno cinque masse da 0,100 kg; in alternativa si potrà usare un robusto gancio e grossi dadi. Per mantenere fisso l'angolo della stecca all'aumentare della massa aggiunta si consiglia di controllare la distanza della base del porta masse. L'altezza *h* del perno dal piano del tavolo sarà decisa in base all'assemblaggio delle masse usate.
- Pesare il porta masse ed annotarne la massa (con precisione al grammo) su un etichetta o una scheda da mettere in evidenza sul tavolo di lavoro. Pesare la stecca ed annotarne la massa su un'etichetta incollata sulla stecca stessa. Gli studenti assembleranno i materiali secondo la figura.

Cenni di teoria



All'equilibrio dovranno essere nulle la risultante delle forze applicate all'asta e quella dei momenti delle forze.
O è il punto in cui passa il perno attorno al quale ruota l'asta.
La lunghezza dell'asta è $2l$ = 1,000 m.
La distanza del perno dall'estremo dell'asta e quella del punto di sospensione del dinamometro dall'estremo dell'asta è x = 10,0 cm.
La distanza del punto di sospensione del portamasse dal perno è y = 60,0 cm.
La distanza del punto di sospensione del dinamometro dal perno è 2l-2x = 80cm.
F = Mg, carico della massa *M; P = Rg*, peso della stecca di massa R.
$2T(l-x)\cos\alpha$: modulo del momento di $\vec{T}$ rispetto a O.
$Mgy\cos\alpha$: modulo del momento di $\vec{F}$ rispetto ad O.
$Rg(l-x)\cos\alpha$: modulo del momento di $\vec{P}$ rispetto ad O.

Con la stecca in equilibrio: $Mgy\cos\alpha + Rg(l-x)\cos\alpha = 2T(l-x)\cos\alpha$

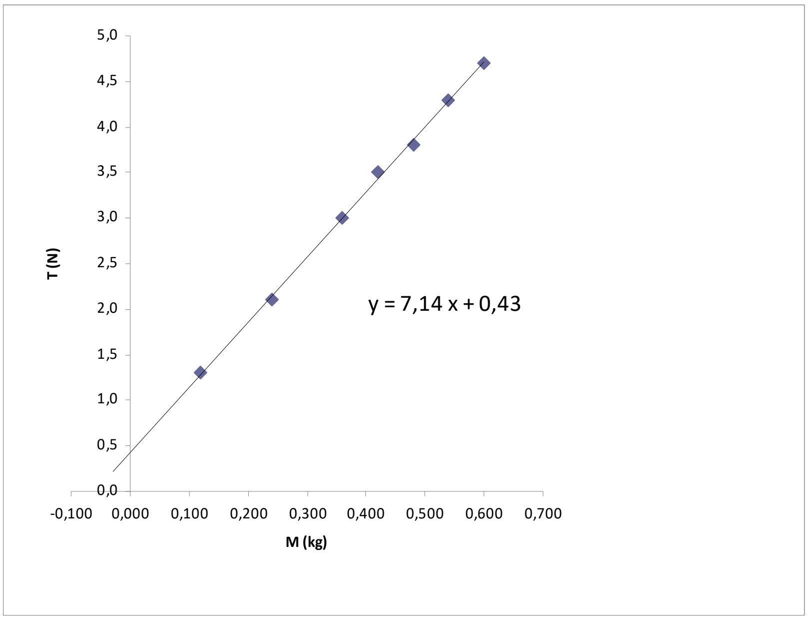
da cui $T = \frac{gy}{2(l-x)}M + \frac{Rg}{2}$.

Sostituendo le lunghezze date di y, l e x si trova l'espressione suggerita nel testo. Non è richiesta agli studenti la trattazione teorica.

Qualche esempio di misure

Con una stecca di massa R = 0,090 kg e g = 9,81 ms^{-2}

M (kg)	T (N)
0,120	1,3
0,240	2,1
0,360	3,0
0,420	3,5
0,480	3,8
0,540	4,3
0,600	4,7



L'equazione della retta di fitting risulta $T = (7.14\ \mathrm{m\,s^{-2}})M + (0.43\ \mathrm{N})$.

Dall'equazione data nel testo, con i valori trovati per la retta di fitting, si possono determinare i valori richiesti di *g* e di *R* derivati dalle misure, $g_{mis} = 9{,}52\,\mathrm{ms^{-2}}$ con un errore del 3% sul valore atteso e $R = 0{,}088$ kg con un errore del 2% sul valore atteso.

TRASPARENZE

Premessa

Questa prova non richiede attrezzature speciali e perciò può essere condotta anche in un'aula purché i banchi siano disponibili in modo che gli studenti abbiano spazio sufficiente per muoversi e condurre agevolmente le misure. Sono auspicabili piani di lavoro orizzontali.

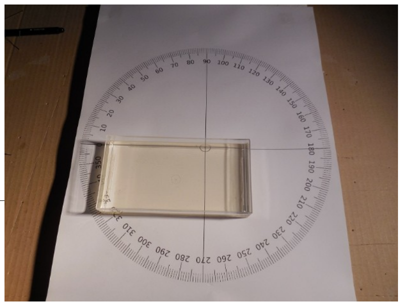
La conduzione dell'esperimento richiede attenzione nell'osservazione e una sufficiente precisione nel disegno. Si consiglia di far condurre la prova individualmente.

La prova consiste nella misura dell'indice di rifrazione rispetto all'aria di un olio vegetale. La tecnica usata è quella della determinazione del cammino ottico dall'allineamento di alcuni spilli osservati attraverso i due mezzi trasparenti.[1]

L'indice di rifrazione è uno dei parametri fisici che consentono il controllo degli olii alimentari nella lotta alle sofisticazioni. La precisione richiesta in codeste prove è però molto maggiore di quella che si può ottenere con i mezzi qui suggeriti per cui non sarà possibile distinguere il tipo di olio in esame ma solo avere una stima dell'indice di rifrazione in questo tipo di sostanze.

In tabelle si trovano per l'indice di rifrazione di oli vegetali, a 25 °C, i seguenti valori:

Olio d'oliva rettificato secondo la legislazione EU	1,4665 – 1,4679
Olio di mais	1,4719 – 1,4740
Olio di girasole raffinato	1,4736
Olio di semi vari	1,4728
Olio raffinato di arachidi	1,462 – 1,464


vaschetta con olio di semi disposta per effettuare la misura dell'indice di rifrazione.

Materiali utilizzati per ciascun tavolo di lavoro

- Una vaschetta di plastica trasparente con gli spigoli alla base non troppo curvati. Noi abbiamo usato una vaschetta acquistata con dei cioccolatini, di dimensioni $(15\times8\times3)$ cm, riempita d'olio per metà.

- Fogli formato A3 su cui è stampato un cerchio goniometrico con tracciati due diametri fra loro perpendicolari. Gli studenti possono preparare i fogli come attività preparatoria alla prova stampando uno dei molti modelli reperibili su internet.
- Spilli; serviranno come oggetti da traguardare per determinare il cammino ottico della luce. Dovrebbero essere abbastanza lunghi, almeno 3 o 4 cm.
- Un foglio di cartone grosso o un foglio di polistirolo abbastanza spesso, appena un poco più grandi del foglio A3 costituiscono un'ottima base su cui lavorare e in cui infiggere gli spilli. Il foglio bianco formato A3 con

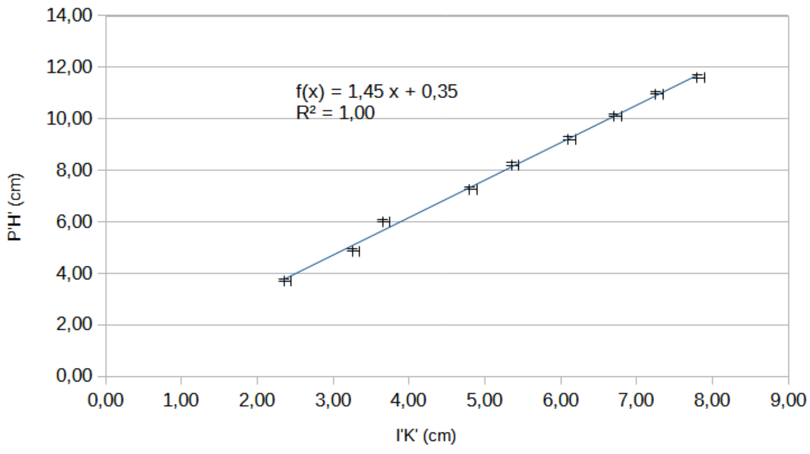
1 Il procedimento proposto è citato nel progetto PSSC tradotto in italiano per i tipi della Zanichelli e riprodotto in innumerevoli riedizioni dal 1963 al 2005. Si può trovare anche nel più recente progetto del Physics Education Group at University of Washington, Physics by Inquiry, pubblicato da Lillian McDermott per i tipi della John Wiley and sons.

stampato il cerchio goniometrico andrà fissato con patafix o nastro adesivo. La vaschetta, una volta trovata la posizione ottimale per eseguire la prova andrà mantenuta ferma nella posizione prescelta. Un pennarello nero, indelebile e a punta fine servirà a fissare la posizione dello spillo al centro del cerchio nel caso che la vaschetta venisse inavvertitamente spostata.

- Il cerchio goniometrico permette di definire l'indice di rifrazione senza introdurre le funzioni d'angolo, come rapporto fra cateti di triangoli rettangoli con ipotenusa della medesima lunghezza. Gli studenti avranno però bisogno di costruire i triangoli usando delle squadre per tracciare segmenti fra loro paralleli.
- Qui l'indice di rifrazione viene definito come costante di proporzionalità fra due classi di grandezze e la sua determinazione sarà fatta attraverso una costruzione geometrica. Gli studenti tracceranno al meglio una retta di fitting e sceglieranno un punto opportuno per calcolare la costante dal rapporto fra le sue coordinate.

Qualche esempio di misure

i	$(P'H')_i$ (cm)	$(I'K')_i$ (cm)	$n=\frac{(P'H')_i}{(I'K')_i}$
1	3,70	2,35	1,57
2	4,85	3,25	1,49
3	6,00	3,65	1,64
4	7,25	4,80	1,51
5	8,20	5,35	1,53
6	9,20	6,10	1,51
7	10,10	6,70	1,51
8	10,95	7,25	1,51
9	11,60	7,80	1,49



n=1,45±0,03 [2%]

dove l’incertezza è assunta dal calcolo della funzione REGR.LIN

La misura risulta compatibile con l’indice di rifrazione previsto per tutti gli oli considerati.

QUANTO È PICCOLA UNA MOLECOLA?

Premessa

Cominciamo col dire che anche questa prova "In Laboratorio" può essere condotta in un'aula, con qualche accorgimento per fare sì che gli studenti abbiano spazio sufficiente per prendere agevolmente le misure e con un buon numero di secchi per versarvi l'acqua una volta conclusa una serie di misure.

L'esperimento può essere condotto individualmente o da coppie di studenti. Gruppi più numerosi, se non abituati ad organizzarsi ed a dividersi i compiti, possono avere effetti dispersivi.

La prova consiste nella classica stima delle dimensioni di una molecola di acido oleico, divulgata in tutto il mondo nelle nove edizioni (dal 1967 al 2010) del progetto IPS (Introductory Physical Science). È possibile che alcuni studenti abbiano già realizzato l'esperimento: in questo caso troveranno un'occasione per riflettere sui punti salienti della procedura. Da anni però l'edizione italiana del IPS è fuori catalogo e pensiamo quindi di fare cosa utile suggerendo questa misura il cui mai spento successo didattico è valutabile anche dalla numerosità di citazioni e versioni reperibili in internet.

Presentazione dell'esperimento

Pare che risalgano a Benjamin Franklin le prime osservazioni registrate sull'espansione di un olio vegetale sulla superficie dell'acqua. In una lettera alla Royal Society egli osserva che una goccia d'olio "*sull'acqua si espande istantaneamente per un'ampiezza considerevole e diventa tanto sottile che risulterebbe invisibile* ..."[2] È il 1774 e Franklin è interessato a studiare l'effetto che ha sulla formazione delle onde la presenza sulla superficie dell'acqua di una pellicola d'olio. Il problema dell'espansione della pellicola d'olio sarà ripreso nel seguito, nel contesto di studi sulla tensione superficiale e, successivamente, sulla dimensione delle molecole (Irving Langmuir, 1917)[3]. La stima della massa della molecola richiede che si ipotizzi per essa una forma geometrica abbastanza regolare il cui volume possa essere calcolato con formule maneggevoli per lo studente. Nel testo proposto viene suggerita una forma di prisma retto a base quadrata col lato di base lungo quanto un quarto dell'altezza. Nel corso dell'esperimento si presuppone che, una volta lasciata cadere la goccia sull'acqua, l'acido si espanda fino a formare uno strato monomolecolare. Il fatto che gli strati formati da una o più gocce risultino sperimentalmente del medesimo spessore depone a favore dell'ipotesi dello strato monomolecolare. L'ipotesi sarà suffragata maggiormente dal sapere che l'acido, insolubile in acqua, possiede una bassa tensione superficiale la quale favorisce l'estensione della chiazza. I dati dell'esperimento consentono dunque la stima di un limite superiore per la lunghezza e per la massa della molecola. Se ne po-

2 "..If a drop of oil is put on a polished marble table, or on a looking-glass that lies horizontally the drop remains in its place spreading very little. But when put on water it spreads instantly many feet round, becoming so thin as to produce the prismatic colors, for a considerable space and beyond them so much thinner as to be invisible, except in its effect of smoothing waves at a much greater distance…".

3 *Seymur S. Block,* Benjamin Franklin. *Mc Farland & co. 2004.*

trà dedurre anche l'ordine di grandezza del numero di Avogadro: infatti, una volta trovato un valore per la massa di una molecola, noto il valore della massa molare dell'acido oleico, il numero di Avogadro risulta dal rapporto fra questi due valori. Avendo tempo, l'esperimento può essere sviluppato assumendo per la molecola modelli geometrici diversi: stimando in ciascun caso il numero di particelle contenuto in una mole di acido oleico si possono confrontare i risultati col valore noto della costante di Avogadro, $6{,}02214076 \cdot 10^{23}$ mol^{-1}.

Per l'allestimento

Una singola goccia di acido oleico puro depositata sull'acqua tenderebbe a formare una chiazza troppo grande, tanto che per rendere l'esperimento maneggevole è necessario usare gocce di soluzioni che contengono solo frazioni di acido oleico. I valori suggeriti per la concentrazione in volume della soluzione al fine di ottenere chiazze abbastanza regolari e di dimensioni accettabili vanno dallo 0,2% allo 0,05 %.

I solventi usati dovranno essere sufficientemente volatili in modo da lasciare alla fine solamente l'acido oleico sulla superficie dell'acqua: alcol etilico, metilico o isopropilico, puri. Per decidere la quantità di soluzione da preparare si tenga conto che ogni studente dovrà disporre di 10 cm^3 di soluzione in una boccetta di vetro con tappo.

Per non appesantire la prova si è evitato di chiedere agli studenti di provare a depositare una goccia di solvente puro sulla superficie dell'acqua trattata con la polvere evidenziante. Sarà però bene che nella discussione in classe successiva alla prova possano vedere che l'alcool forma una chiazza che rapidamente si chiude mentre l'alcool evapora.

Ci vogliono vassoi con bordi alti almeno 2 cm, meglio se con il fondo di colore scuro; per la soluzione a massima concentrazione di acido oleico il diametro dovrebbe essere di circa 40 cm. Vanno bene per esempio i vassoi per il servizio ai tavoli nelle birrerie o anche i sottovasi verdi di plastica per le piante.

La polvere suggerita negli esperimenti di riferimento è il licopodio, spore di muschio oggi non agevolmente reperibili. Le abbiamo ordinate tramite un'erboristeria. Abbiamo usato con successo anche pepe bianco, farina, borotalco. Per spargere la polvere in uno strato sufficientemente sottile è necessario coprire l'apertura del contenitore con della garza fissata con un elastico. Uno strato troppo spesso impedirebbe alla goccia di soluzione di espandersi correttamente una volta depositata sull'acqua.

Qualche esempio di misure

Concentrazione della soluzione di acido oleico in alcool etilico: c = 0,5 ‰ (5/10 000).

Con uno strato di farina sull'acqua contenuta in un sottovaso di plastica scura con diametro D = 37 cm.

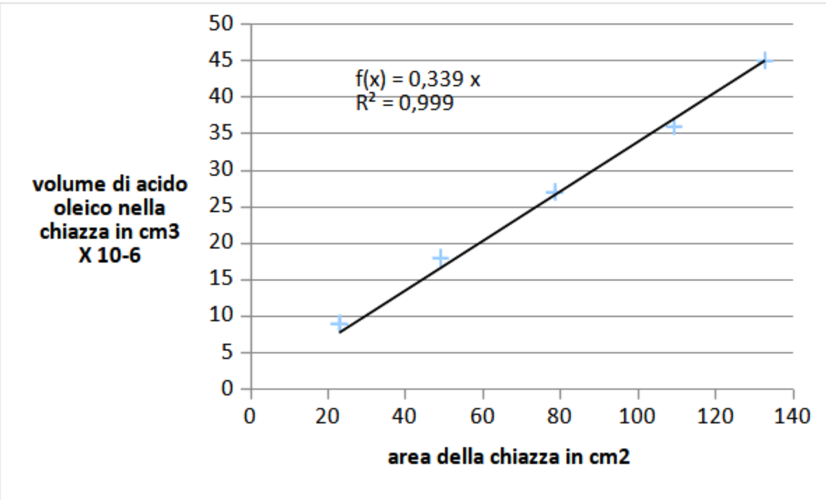
Si sono contate in media 55 gocce in 1 cm^3, con un volume medio $V_{goccia} = 0{,}018$ cm^3.

Ciascuna goccia contiene un volume di acido oleico puro $V_{oleico-goccia} = 9{,}0 \cdot 10^{-6}$ cm^3.

Poiché la densità dell'acido oleico è $d_{oleico} = 0{,}890\,\mathrm{g\,cm^{-3}}$ in una goccia di soluzione la massa di acido oleico puro è $M_{\text{oleico-goccia}} = V_{\text{oleico-goccia}}\, d_{oleico} = 8{,}0 \cdot 10^{-6}\, g$.

Numero di gocce sull'acqua	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_{medio}
	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
1	3,5	5,0	7,0	6,0	5,5	5,4
2	9,0	8,0	8,5	6,0	8,0	7,9
3	12,0	11,0	7,0	10,0	10,0	10,0
4	11,0	11,0	12,0	13,0	12,0	11,8
5	13,0	16,0	14,0	9,0	13,0	13,0

Numero di gocce sull'acqua	Area dello strato di acido oleico	Volume di acido oleico puro depositato sull'acqua
	[cm^2]	10^{-6} [cm^3]
1	23	9,0
2	49	18,0
3	79	27,0
4	109	36,0
5	133	45,0



Nel grafico il volume è misurato in $cm^3 \cdot 10^{-6}$ e l'area in cm^2 .

Lo spessore della chiazza risulta dunque $l = 3{,}4 \cdot 10^{-7}$ cm $\approx 10^{-7}$ cm.

Gli studenti che già sanno dominare una sia pur elementare trattazione degli errori nelle misure si accorgeranno che la dispersione dei dati nella misura dei diametri rende molto impreciso il valore trovato tanto che solo la stima dell'ordine di grandezza può essere accettata. La loro sensibilità peraltro li farà apprezzare il procedimento che consente di accedere a misure tanto lontane dalla portata dei mezzi di misura comunemente disponibili.

Per determinare l'ordine di grandezza del numero di molecole presenti nella chiazza si stimerà il volume occupato da una singola molecola con l'approssimazione suggerita nel testo. Poiché è noto il volume di acido oleico contenuto in una goccia si ricava da questi valori il numero di molecole in una goccia.

Come suggerito una molecola di acido oleico è approssimabile con un prisma a base quadrata di lato $l/4 = 0{,}85 \cdot 10^{-7}$ cm e altezza l. Si stima il volume di una singola molecola a

$$V_{molecola} \approx 2{,}5 \cdot 10^{-21}\ \text{cm}^3$$

e quindi il numero N di molecole nella goccia

$N = volume\ di\ acido\ nella\ goccia / volume\ di\ una\ molecola = 3{,}6 \cdot 10^{15} \approx 10^{15}$

Per stimare la massa di una singola molecola basterà dividere la massa di acido oleico puro in una goccia per il numero N di molecole presenti in una goccia:

$$m_{\text{molecola}} = \frac{8{,}0 \cdot 10^{-6}\, g}{3{,}6 \cdot 10^{15}} \approx 10^{-21}\, g$$

Stima della costante di Avogadro

La costante di Avogadro può essere ricavata dalla seguente relazione:

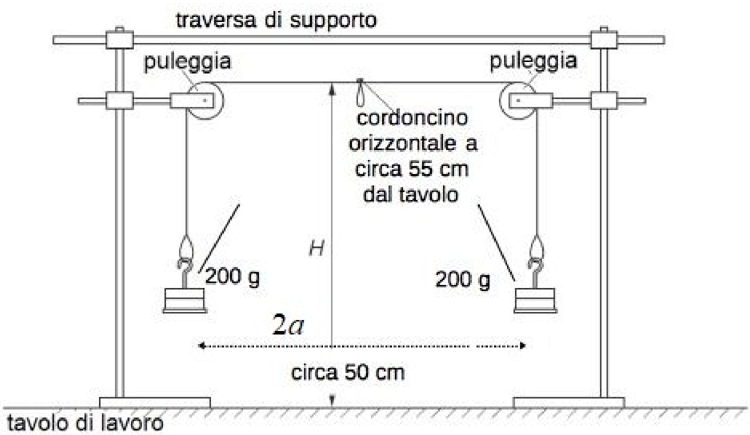
$$N_A = \frac{massa\ molare\ dell'acido\ oleico}{massa\ di\ acido\ oleico\ per\ una\ goccia} (numero\ di\ molecole\ per\ una\ goccia)$$

$$N_A = \frac{282{,}47\ \text{g mol}^{-1}}{8{,}0 \cdot 10^{-6}\,\text{g}} (3{,}6 \cdot 10^{15}) \approx 1 \cdot 10^{23}\ \text{mol}^{-1}.$$

SALISCENDI

Premessa

La prova consiste nella raccolta di dati presi in situazione di equilibrio meccanico e nella loro elaborazione consistente nello studio di una relazione di dipendenza lineare. La relazione viene esplicitamente suggerita allo studente ma è possibile che l'insegnante voglia farla ricavare proponendo un problema teorico agli studenti, prima o dopo la prova.



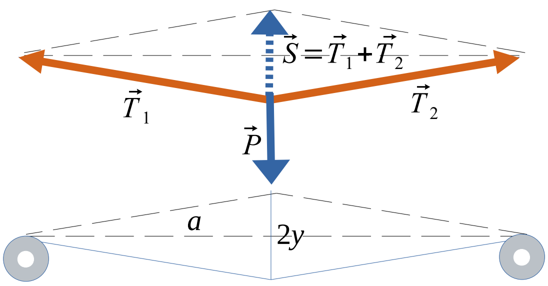
Materiali utilizzati per ciascun tavolo di lavoro

- 1 m di cordoncino forte, sottile ed inestensibile. Si provvederà a realizzare un anello di circa 2 cm di diametro a ciascuna estremità del cordoncino ed al suo centro.
- 1 spillo o un bastoncino sottile (mezzo stuzzicadenti) utile come indice per prendere le misure di altezza.
- 2 portamasse con masse: la massa complessiva di ciascuno, *M*, sarà di circa 200 g. [4]
- 1 portamasse da 50 g con etichetta che riporta il valore della massa.[5]
- 4 masse da 10 g e 3 masse da 50 g.[6] Il valore delle masse, se non inciso su di esse, sarà riportato su un foglio che le accompagna.
- 2 aste di sostegno con base.
- 2 piccole pulegge da montare con morse a noce sulle aste di sostegno, come in figura.
- 1 asta di metallo o di legno di circa 1 cm di diametro e lunga almeno 60 cm; l'asta sarà montata in posizione orizzontale fissandola con delle morse nella parte superiore delle due aste di sostegno e servirà a mantenere costante la distanza fra le due aste di sostegno durante l'esperimento.
- Riga millimetrata di 50 – 60 cm.
- n. 2 fogli di carta millimetrata.
- Testo della prova.

Su ogni tavolo di lavoro gli studenti troveranno già montato il dispositivo, come nella precedente figura. Questo esperimento si presta ad essere condotto individualmente.

Cenni di teoria

All'equilibrio la tensione del filo prodotta dalle due masse di 200 g sostiene il peso della massa aggiunta al centro, *m*. Un semplice modello che trascuri effetti di attrito può essere descritto dalla seguente figura:



$T_1=T_2=T=Mg$

$P=mg$

$S=mg$

---

4 Non possedendo masse campione e portamasse standard in numero sufficiente si potranno sostituire con dei contenitori con dadi di acciaio; i contenitori dovranno poter esser agganciati all'anello del cordoncino, come lo sono in figura i portamasse.

5 Il portamasse può essere sostituito da un minuscolo secchiello che può essere costruito con un bicchiere di plastica ed un gancio per appenderlo al cordoncino; la massa complessiva gancio compreso può essere approssimativamente di 50 g e dovrà venire riportata sull'etichetta.

6 Le masse campione possono essere sostituite con dadi di acciaio selezionati mediante pesatura in modo che abbiano massa uguale entro 0,1 g e approssimino entro qualche grammo i valori indicati. I valori misurati saranno riportati, con precisione al grammo.

Le due figure sono simili e quindi $\frac{\sqrt{(a^2+y^2)}}{2y}=\frac{T}{S}$

Sostituendo si trova $\frac{1}{y^2}=\frac{4M^2}{a^2}\frac{1}{m^2}-\frac{1}{a^2}$.

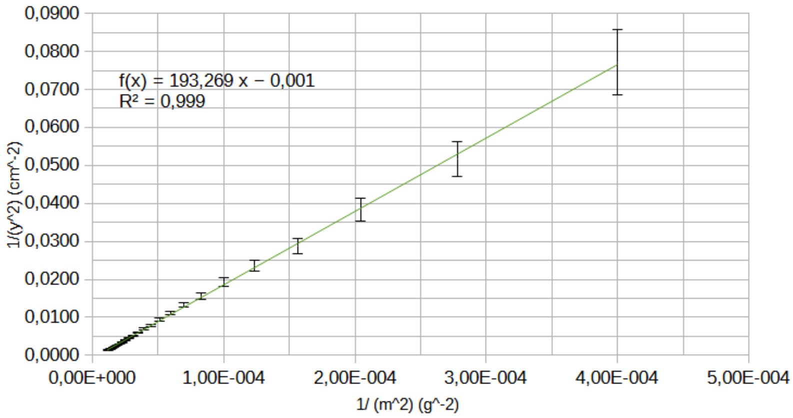
Qualche esempio di misure

H=62,5 cm; *a=27,5* cm; *M = 200* g.

Con questi valori i parametri attesi in base alla teoria sono $p_{teor}=\frac{4M^2}{a^2}=212\,\text{g}^2\text{cm}^{-2}$ e $q_{teor}=\frac{1}{a^2}=0{,}0013\ \text{cm}^{-2}$.

Dalle misure

m g	*h* cm	*y* cm	$1/(y^2)$ cm^{-2}	$1/(m^2)$ g^{-2}
50	58,9	3,6	0,077	0,000400
60	58,1	4,4	0,052	0,000278
70	57,4	5,1	0,038	0,000204
80	56,6	5,9	0,029	0,000156
90	56,0	6,5	0,024	0,000123
100	55,3	7,2	0,019	0,000100
110	54,5	8,0	0,0156	0,0000830
120	53,8	8,7	0,0132	0,0000690
130	53,0	9,5	0,0111	0,0000590
140	52,2	10,3	0,0094	0,0000510
150	51,3	11,2	0,0080	0,0000440
160	50,6	11,9	0,0071	0,0000390
170	49,5	13,0	0,0059	0,0000350
180	48,6	13,9	0,0052	0,0000310
190	47,5	15,0	0,0044	0,0000280
200	46,5	16,0	0,0039	0,0000250
210	45,3	17,2	0,00338	0,0000230
220	44,3	18,2	0,00302	0,0000210
230	43,1	19,4	0,00266	0,0000190
240	42,1	20,4	0,00240	0,0000170
250	40,9	21,6	0,00214	0,0000160
260	39,6	22,9	0,00191	0,0000150
270	38,0	24,5	0,00167	0,0000140
280	37,0	25,5	0,00154	0,0000130
290	35,4	27,1	0,00136	0,0000120
300	34,5	28,0	0,00128	0,0000110



Assumendo i valori dati dal programma[7]

$p = (193{,}3 \pm 0{,}9\,[0{,}5\%])\,\mathrm{g^2\,cm^{-2}}$

$q = (0{,}00078 \pm 0{,}0001\,[\,13\%\,])\,\mathrm{cm^{-2}}$.

Con la costruzione delle rette di massima e minima pendenza si trova

$p_{max} = 218\,\mathrm{g^2\,cm^{-2}}$ $\quad p_{min} = 172\,\mathrm{g^2\,cm^{-2}}$

$p_1 = (20 \cdot 10 \pm 20\,[10\%])\,\mathrm{g^2\,cm^{-2}}$

Con la tecnica di unire i punti a due a due, calcolare il coefficiente e trovarne la media e la deviazione

$p_2 = (19 \cdot 10 \pm 30\,[16\%])\,\mathrm{g^2\,cm^{-2}}$

ORO? NO, PRINCISBECCO

Presentazione

Questa prova consiste nel cercare di determinare la percentuale di rame contenuta nelle monete da 10 c, 20 c e 50 c di Euro. Essa si basa sul fatto che la densità d di una lega è data dalla somma dei prodotti delle densità dei suoi componenti, d_i, per la frazione in volume di quel componente presente nella lega stessa, p_i:

$$d = d_1 \cdot p_1 + d_2 \cdot p_2 + d_3 \cdot p_3 + ... + d_n \cdot p_n .$$

dove, $p_1 + p_2 + ... + p_n = 1$, supponendo che i componenti la lega siano n.

Ci si aspetta che gli studenti conoscano il significato di densità di una sostanza omogenea e quello di frazione come parte di un tutto.

Nelle indicazioni operative, si suggerisce il calcolo dell'errore standard della media. Ciò ci è sembrato adeguato a studenti di eccellenza che partecipano ai Giochi di Anacleto come potenziamento del loro impratichirsi con le metodologie della fisica. Alternativamente potranno stimare la dispersione dalla semi differenza fra il massimo ed il minimo dei valori misurati.

La misura del volume per spostamento d'acqua è scarsamente precisa: se si vuole si può effettuare la misura del volume di più monete usando il calibro oppure effettuare le misure in ambedue i modi e confrontare le incertezze stimate del risultato finale per i due procedimenti.

---

7 A questo livello iniziale di studi è molto improbabile che gli studenti siano in grado di affrontare una trattazione anche appena rigorosa sulla validità delle loro misure, d'altra parte è importante che comprendano che l'incertezza è intrinseca alla misura e l'importanza di poterla controllare.

Materiali utilizzati per ciascun tavolo di lavoro

- almeno 150 g di monete da 10 c e 20 c. Sarà opportuno chiedere agli studenti che si vogliono misurare in questa prova di cominciare per tempo a farne la raccolta. L'aggiunta eventuale di monete da 50c dipende dal diametro interno del cilindro graduato che deve superare di almeno 1 mm quello della moneta che è 24,25 mm;
- 1 cilindro graduato da 100 cm^3 . Se si usano cilindri in polipropilene assicurarsi che si veda con chiarezza il livello del liquido. Considerare eventualmente l'uso di acqua colorata;
- siringa da 50 cm^3 senza ago per versare l'acqua nel cilindro;
- pipetta di plastica per regolare la quantità d'acqua nel cilindro;
- recipiente con circa 150 cm^3 d'acqua.

Sul tavolo di servizio saranno disponibili

- bilancia: basta la sensibilità a 0,1 g o anche a 1 g: evitare le code, se possibile mettere a disposizione una bilancia ogni dieci banchi;
- rotolo di carta da cucina;
- secchio per versare l'acqua.

Qualche esempio di misure

Prove effettuate con una bilancia di sensibilità 1 g e un cilindro graduato da 200 cm^3 con sensibilità 1 cm^3

densità della lega residua 5,1373 g/cm^3 densità del rame 8,920 g/cm^3

	m (g)	δm(g)	δm%
massa di 35 monete da 20 c	201	1	0,5%
	V (cm^3)	δV (cm^3)	δV%
volume acqua	150	1	1%
volume acqua e monete	174	1	1%
volume monete	24	2	8%

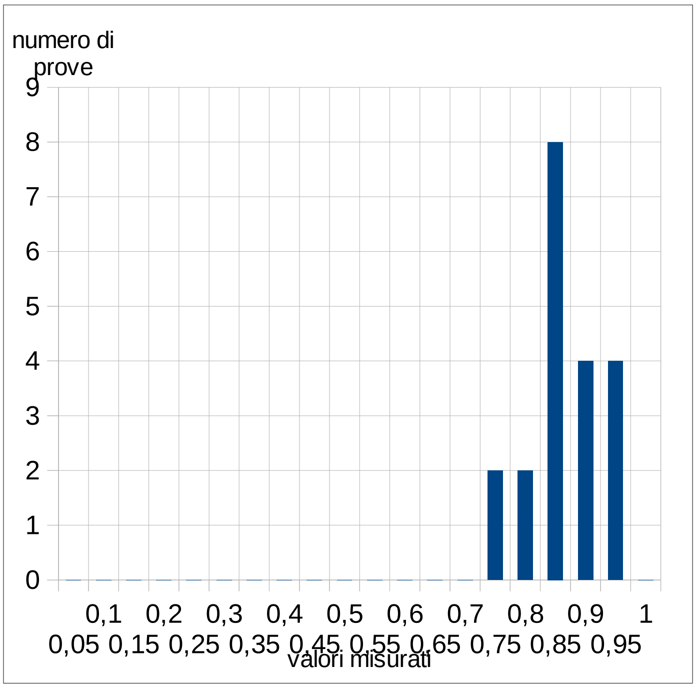
densità delle monete d_{ottone} = (8,4 ± 0,7) g/cm^3 δd % = 9%

frazione di rame nell'ottone $p_{Cu}=\frac{d_{ottone}-d_{lega}}{d_{Cu}-d_{lega}}=0{,}86$

con una incertezza $\delta p_{Cu}=[\frac{\delta d_{ottone}}{d_{ottone}-d_{lega}}]\cdot p_{Cu}=0{,}19 \quad [22\%]$

La prova, condotta con abbastanza cura, permette prove ripetute con risultati piuttosto bene addensati attorno al valore medio.

prova	pCu	$(pCu\text{-}pmedio)^2$
1	0,86	0,0003
2	0,94	0,0102
3	0,83	0,0000
4	0,80	0,0015
5	0,84	0,0000
6	0,86	0,0003
7	0,86	0,0003
8	0,93	0,0087
9	0,94	0,0109
10	0,86	0,0004
11	0,95	0,0112
12	0,82	0,0005
13	0,85	0,0001
14	0,83	0,0001
15	0,78	0,0040
16	0,81	0,0010
17	0,79	0,0022
18	0,71	0,0158
19	0,83	0,0001
20	0,71	0,0180



Valore medio	errore della media
0,84	0,02

La migliore stima trovata per p_{Cu} è dunque di una frazione di 84/100 di rame nella lega di ottone, con un'incertezza di 2/100: quindi la migliore stima ottenuta fa pensare che la percentuale di rame sia compresa fra 82% e 86% con una incertezza percentuale di poco superiore del 2%.

In alternativa: la semidispersione massima è 0,12. Considerando questa come incertezza della misura la migliore stima trovata per p_{Cu} è dunque di una frazione 0,84 di rame nella lega di ottone con un'incertezza di 0,12: quindi la migliore stima ottenuta in tal modo fa pensare che la percentuale di rame sia compresa fra 72% e 96% con una incertezza percentuale del 14%.

NON OSCILLA FOGLIA CHE GRAVITÀ NON VOGLIA

Presentazione

È sempre istruttivo osservare i modi di oscillazione di un sistema fisico. Quando poi il sistema è costituito da un pezzo di filo di ferro ripiegato a V l'allestimento dell'esperimento diventa proprio alla portata di tutti. In questo esperimento si troverà, come già si usa fare nello studio del pendolo matematico, una misura del valore locale dell'accelerazione di gravità.

Cenni di teoria

La struttura a V viene trattata come un pendolo fisico e quindi con periodo dell'oscillazione

$$T=2\pi\sqrt{\frac{I}{Mdg}} \qquad (1)$$

dove I è il momento di inerzia della struttura attorno all'asse di rotazione, M la sua massa e d la distanza del centro di massa C dal centro di oscillazione O.

Caso A

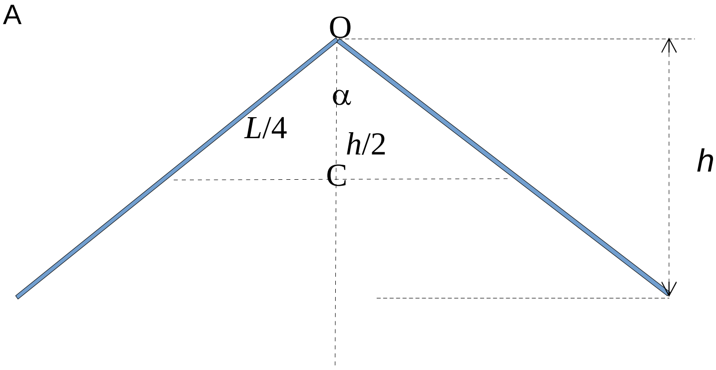


Figura 1: l'asse di rotazione è perpendicolare al piano del disegno in O, *vertice della* V.

Il momento di inerzia I_{asta} di un'asta di dimensioni trasversali trascurabili, lunga $L/2$ e con massa $M/2$, attorno ad un asse perpendicolare all'asta e passante per un suo estremo è

$$I_{asta}=\frac{I_A}{2}=\frac{ML^2}{24}.$$

Per l'additività dei momenti di inerzia $I_A=\frac{ML^2}{12}$.

Tenendo conto anche della distanza $\mathrm{CO}=h/2$ espressa in figura, la (1) diventa

$$T_A=2\pi\sqrt{\frac{L^2}{6g\,h}} \quad .$$

Da questa relazione si può risalire al valore di g una volta che si siano misurati il periodo T, la lunghezza h e quella del bastoncino L.

Caso B

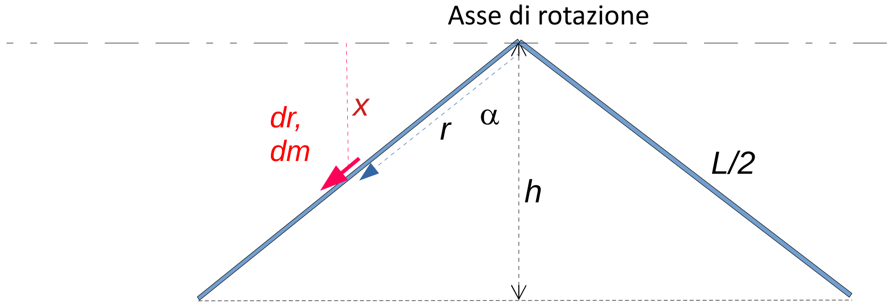


Figura 2

Il momento di inerzia in questo caso si calcolerà integrando il prodotto della massa dm degli elementi dr di bastoncino per la loro distanza x, dall’asse di rotazione

$$I_B=2\int_0^{M/2} dm\ x^2.$$

Se il materiale di cui è fatto l’oggetto oscillante che costituisce la V può essere supposto omogeneo, detta A la sezione del bastoncino, la sua densità è

$$\rho=\frac{M}{AL}\ .$$

Allora

$$dm=\rho\ dV=\frac{M}{AL}Adr=\frac{M}{L}dr.$$

Associando inoltre al bastoncino una coordinata r che va da 0 a $L/2$ e ricordando che l'apertura della V è $\alpha=30°$, si può osservare che $x(r)=r\ \cos(15°)$.

Sostituendo nell'espressione del momento di inerzia

$$I_B=2\int_0^{L/2} dm\ x^2=2\frac{M}{L}\cos^2 15°\int_0^{L/2} r^2\ dr=\frac{ML^2}{12}\cos^2 15°.$$

Osserviamo che $CO=h/2$, che $h=\frac{L}{2}\cos 15°$ e che quindi $L=\frac{2h}{\cos 15°}$.

Possiamo quindi esprimere la relazione fra i parametri del bastoncino, il valore locale di g e il periodo dell'oscillazione ricordando la (1)

$$T_B=2\pi\sqrt{\frac{I}{Mdg}}=2\pi\sqrt{\frac{2h}{3g}}.$$

Materiali utilizzati e preparazione della prova

- una bacchettina di ferro con ~ 2 mm di diametro lungo ~30 cm ; si può ricavare per esempio da un raggio di bicicletta oppure da un appendiabiti da lavanderia. La parte centrale va limata per presentarsi ruvida.
- Un bastoncino cilindrico con diametro ~5 mm: andrà fissato al banco con nastro adesivo da pacchi per sostenere la struttura oscillante. Meglio evitare quelli rivestite da vernice o comunque troppo lucidi e scivolosi. Come in tutti gli esperimenti non basati su materiali standard è bene fare delle prove preliminari.
- Un coltello da tavola o altra lama atta a sostenere la struttura durante le oscillazioni. Andrà fissato con nastro adesivo da pacchi al bordo del tavolo.
- Righello.
- Qualche foglio di carta a quadretti.
- 2 fogli di carta millimetrata.
- Goniometro.
- Pinze.
- Cronometro: va bene quello disponibile in cellulari e smartphones.
- Calcolatrice.

Sul tavolo di servizio saranno disponibili

- alcuni rotoli di nastro adesivo forte da pacchi.
- altre bacchettine nel caso che quella in dotazione si spezzi. Gli studenti devono essere avvisati che le bacchettine di ferro non sono identiche e quindi la sostituzione comporta la ripetizione di eventuali misure parziali.

Qualche esempio di misure

Caso A

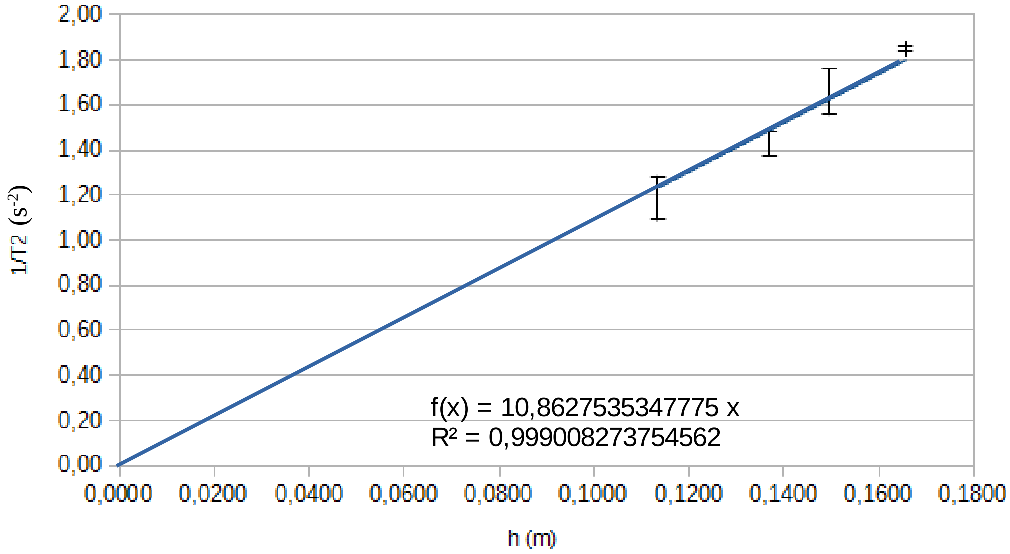
Prova effettuata con una bacchettina ricavata da un appendiabiti da lavanderia: $L = 0{,}372\ \mathrm{m}$;

$\alpha°$	h (m)	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	t_{medio} (s)	T (s)	T^2 (s^2)	$1/T^2$ (s^{-2})
108	0,1135	17,82	19,3	17,95	18,36	0,918	0,8424	1,19
89	0,1370	16,92	16,35	16,95	16,74	0,837	0,7006	1,43
77	0,1495	15,92	15,68	14,98	15,53	0,776	0,6027	1,66
63	0,1655	14,73	14,75	14,66	14,71	0,736	0,5412	1,85

incertezze strumentali e derivate

ε_h (m)	ε_t (s)	ε_T(s)	$\varepsilon(1/T^2)$ (s^{-2})
0,001	0,01	0,037	0,10
0,001	0,01	0,015	0,05
0,001	0,01	0,024	0,10
0,001	0,01	0,002	0,01

grafico e linea di regressione per l'origine



Con la funzione REGR.LIN(DATIY;DATI X;tipo; valori) di Libre Office $\varepsilon_m = 0{,}1976\ \mathrm{m}^{-1}\ \mathrm{s}^{-2}$

In definitiva quindi $m = (10{,}86 \pm 0{,}20[1.8\%])\ \mathrm{m}^{-1}\mathrm{s}^{-2}$.

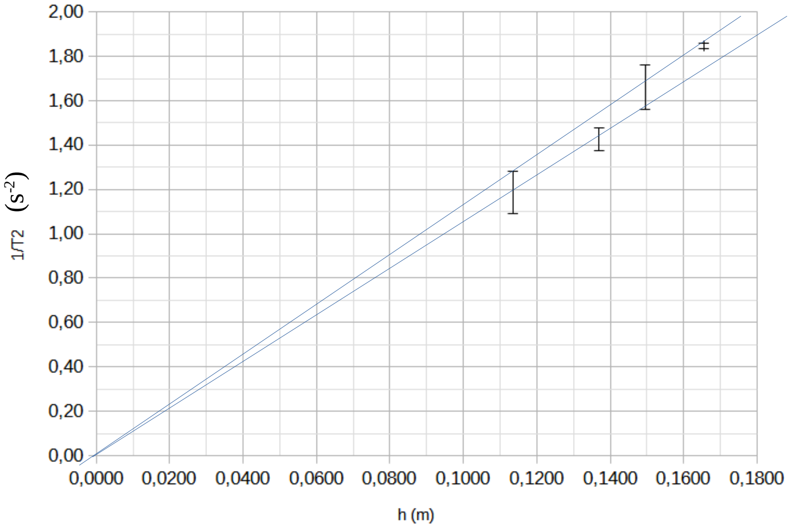
Dalle misure così elaborate si deduce il valore di g

$$g=\frac{2}{3}\pi^2 L^2 m=9{,}8909\,\text{ms}^{-2.} \quad \frac{\epsilon_g}{g}=2\frac{\epsilon_L}{L}+\frac{\epsilon_m}{m}=0{,}02(\,2\%)\;; \quad \epsilon_g=0{,}2\,\text{ms}^{-2}\,;$$

$$\boxed{g=(9{,}9\pm0{,}2\;\;[2\%])\,\text{ms}^{-2.}}$$

poiché $9{,}7\,\text{ms}^{-2}<g<10{,}1\;\text{ms}^{-2}$ il valore misurato risulta compatibile con il valore atteso.

Una stima soggettiva si può ottenere costruendo "a occhio" le linee di massima e di minima pendenza che si giudicano meglio compatibili con i dati.



In tal modo si sono stimate $m_{max}=11{,}25\;\text{m}^{-1}\text{s}^{-2}$ e $m_{min}=10{,}42\;\text{m}^{-1}\text{s}^{-2}$.

Ne segue che $m=\frac{m_{max}+m_{min}}{2}\pm\frac{m_{max}-m_{min}}{2}=(10{,}8\pm0{,}4\,[4\%])\;\text{m}^{-1}\text{s}^{-2}$

Con i calcoli descritti sopra si ottiene $g=(9{,}83\pm0{,}46\;\;[5\%])\,\text{ms}^{-2}$.

Caso B

Con una bacchettina piegata a V con angolo di 30°.

h (m)	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	t_4 (s)	t_5 (s)	t_{medio} (s)	T (s)	T^2 (s^2)
0,143	12,37	12,33	12,30	12,24	12,33	12,31	0,616	0,379

ε_{tmedio} (s)	ε_T (s)	ε_{T2} (s^2)	ε_h(m)
0,065	0,003	0,004	0,001

$$g=\frac{8\pi^2 h}{3T_B^2}=9{,}9281\,\text{ms}^{-2}\;; \quad \frac{\epsilon_g}{g}=\frac{\epsilon_h}{h}+2\frac{\epsilon_T}{T}=0{,}01755\;; \quad \epsilon_g=0{,}174\;\;\text{ms}^{-2};$$

$$\boxed{g=(9{,}93\pm0{,}17\;\;[1{,}7\%])\,\text{ms}^{-2.}}$$

LO SCIVOLO

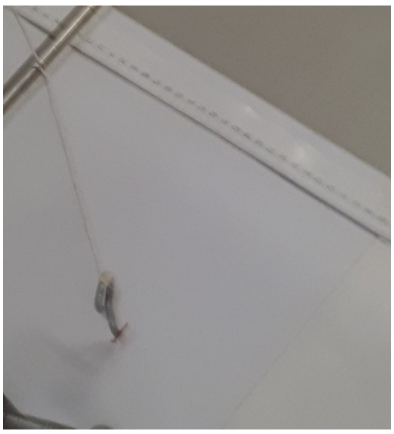
Premessa

In questo esperimento gli studenti hanno a che fare con un classico esempio di lancio di un grave in prossimità della Terra. Come in molti altri esperimenti dei Giochi di Anacleto l’attività può essere affrontata con successo anche da uno studente che non conosca questa parte della meccanica e i risultati potranno essere riferimento, nella parte teorica del corso, per l’approfondimento dell’argomento. Si richiede all’esecutore una certa destrezza sperimentale, capacità di osservazione, di ricerca della precisione nelle misure, entro i vincoli posti dall’apparecchiatura a disposizione. Gli studenti dovranno saper stimare l’incertezza in prove ripetute ed eseguire semplici elaborazioni dei dati per via grafica e numerica.

Materiali utilizzati per ciascun tavolo di lavoro

- sferetta d’acciaio o di vetro con diametro circa 10 mm; sarà opportuno che ci siano sferette di riserva nel caso che rotolino via e si perdano
- una scatola può essere utile per raccogliere la sferetta dopo il rimbalzo sul pavimento
- carta carbone: dimensioni A4 o A5
- 2 fogli di carta bianca formato A4 che lo studente disporrà su pavimento in modo che la pallina vi cada sopra; tracciando righe opportune i fogli saranno stati suddivisi in 8 rettangoli approssimativamente uguali per facilitare la lettura dei dati
- metro di carta millimetrato
- nastro adesivo con il quale fissare il metro al pavimento ed al foglio di carta bianca
- filo a piombo con almeno 1 m di cordino (abbiamo usato una grossa vite ad occhiello)

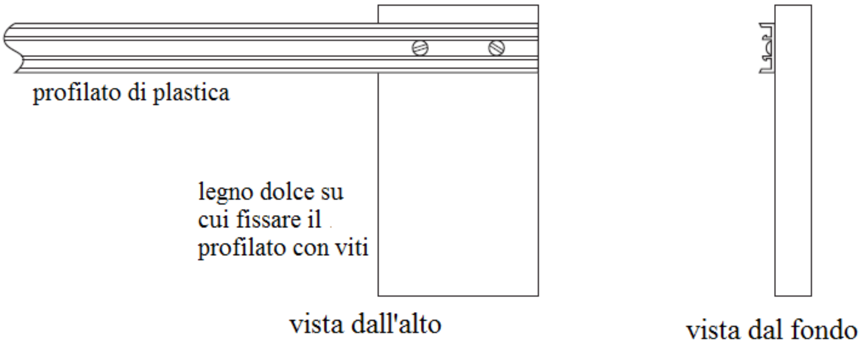
una scatola per raccogliere le palline



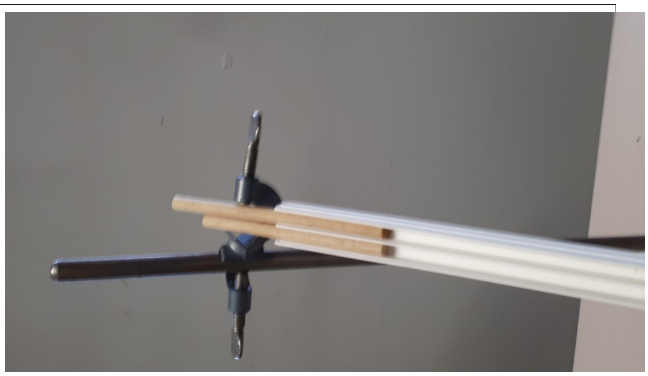
filo a piombo; per la misura di h

la pallina dovrà cadere sulla carta carbone e lasciare traccia sul sottostante foglio di carta

- profilato di plastica venduto per alloggiare cavi elettrici; il profilato deve essere abbastanza flessibile da consentire un regolare rotolamento della pallina quando viene incurvato (si consiglia di effettuare delle prove prima dell’acquisto). I profilati con scanalature interne consentono alla pallina di muoversi lungo i due bordi esterni senza “inciampare” nelle viti con le quali il profilato viene fissato al legno. Il profilato sarà lungo circa un metro.
- blocco di legno spesso circa 1 cm al quale fissare la parte terminale del profilato così che, anche quando il profilato viene curvato, presenti un tratto rettilineo lungo circa 5 cm. Noi abbiamo fissato il profilato al legno con due viti ma anche altri modi sono possibili purché garantiscano la stabilità del dispositivo e non interferiscano col moto della pallina
- 2 aste di sostegno di cui una lunga almeno 50 cm fissata al banco di lavoro ed una almeno 40 cm da disporre sul pavimento



- doppia morsa per tenere il profilato e per fissarlo all’asta di sostegno che sta sul banco di lavoro
- bastoncino di legno per consentire alla morsa di trattenere saldamente il profilato; nella foto si vedono i due bastoncini che nel nostro caso erano saldamente incastrati nel profilato. L’estremità dei bastoncini interna al profilato è servita per definire il punto di partenza della pallina



come fissare il profilato all'asta di sostegno; l’estremità dei bastoncini di legno segna il punto di partenza della pallina

- bastoncino di metallo con diametro (5 – 10)mm e lungo circa 15 cm da fissare con una morsa all’asta di sostegno che sta sul pavimento, ad un’altezza di circa 30 cm

Fissare al tavolo con una o due morse il blocco di legno in maniera che il tratto finale dello scivolo risulti orizzontale. Tenere la pallina sullo scivolo a contatto con l'estremità inferiore del bastoncino di legno, il punto di partenza per la caduta della pallina. La posizione dello scivolo va aggiustata in maniera che la pallina nella posizione di partenza si trovi fra 350 mm e 400 mm di distanza dal piano del banco di lavoro.

Sarà bene assicurarsi che lo scivolo non subisca torsioni in questa operazione e che il moto della pallina possa avvenire senza intoppi.

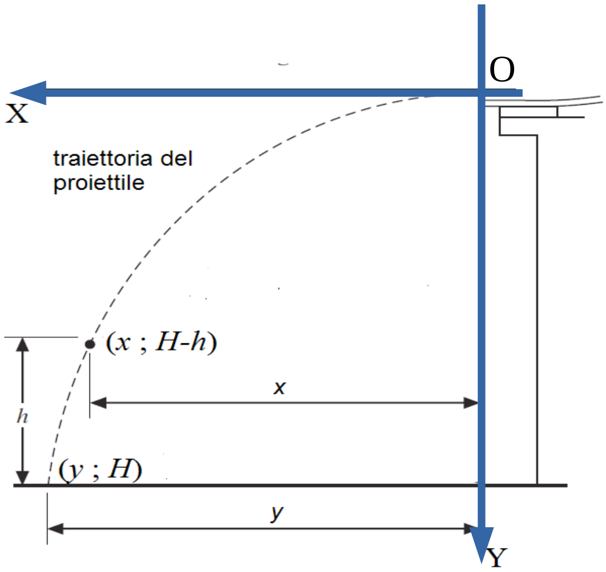
Fissare il bastoncino metallico all'asta di sostegno in maniera che stia in posizione orizzontale e che, quando l'asta è fissata alla base di appoggio sul pavimento, il bastoncino disti dal pavimento fra 250 mm e 300 mm.

Sul tavolo di lavoro ci sono: la base con l'asta e il bastoncino metallico, i fogli bianchi e quello di carta carbone, il filo a piombo, il nastro millimetrato, la riga e qualche pallina in un contenitore, ad evitare che rotolino.

Cenni di teoria

Come già detto non è richiesto che lo studente che affronta l'esperimento ne conosca le basi teoriche. Per quelli che hanno già affrontato l'argomento del moto dei proiettili sotto l'azione del solo campo gravitazionale considerato costante in prossimità del suolo[8], trovare la relazione in via teorica potrà essere utile esercizio da affrontare a scuola o come *home work*.
Considerando la pallina un punto materiale[9], se b è il dislivello fra la sua quota di partenza e il piano del tavolo e se possiamo escludere valori significativi di energia dovuti ad attriti e energia rotazionale, allora, in base alla conservazione dell'energia meccanica la velocità v con cui la pallina si stacca dallo scivolo è

(1) $$v_0=\sqrt{2g\,b}$$ dove g è l'accelerazione locale di gravità.



Continuando a poter trascurare gli effetti degli attriti e certi che la pallina lasci lo scivolo in direzione orizzontale, la traiettoria seguita dalla pallina nella caduta dal tavolo al pavimento è una parabola con equazioni parametriche

$$Y=\frac{1}{2}g\,t^2;\ X=v_0\,t$$

Y coordinata verticale con direzione verso il basso e con origine in O al livello cui si trova la pallina quando si stacca dallo scivolo, X coordinata orizzontale nella direzione del tratto finale dello scivolo e con origine nel medesimo punto. Si veda la figura successiva.
L'equazione della parabola può essere scritta nella forma $Y=\frac{g}{2\,v_0^2}X^2$

o anche, sostituendo la (1): $Y=\frac{1}{4b}X^2$.

8 Si considerano dunque ininfluenti gli effetti dovuti alla viscosità dell'aria.
9 Sono qui trascurati sia il fatto che la pallina rotola lungo la discesa che gli effetti di attrito nel contatto con la guida ed altri dovuti allo strisciamento della pallina. Studenti più maturi potrebbero lodevolmente analizzare l'esistenza e il peso di tali effetti, organizzando altre indagini, anche progettando opportune modifiche dell'apparecchiatura.

Le grandezze da misurare sono gli scostamenti orizzontali della pallina dal punto in cui abbandona lo scivolo: il primo, *x*, quando si trova a distanza *h* dal pavimento (ordinata *H-h*) il secondo quando tocca il pavimento (ordinata *H*).
Sostituendo nell'equazione della parabola le coordinate dei due punti si trova

$$x = 2\sqrt{(b(H-h))} \quad ; \quad y = 2\sqrt{(bH)}$$

il rapporto

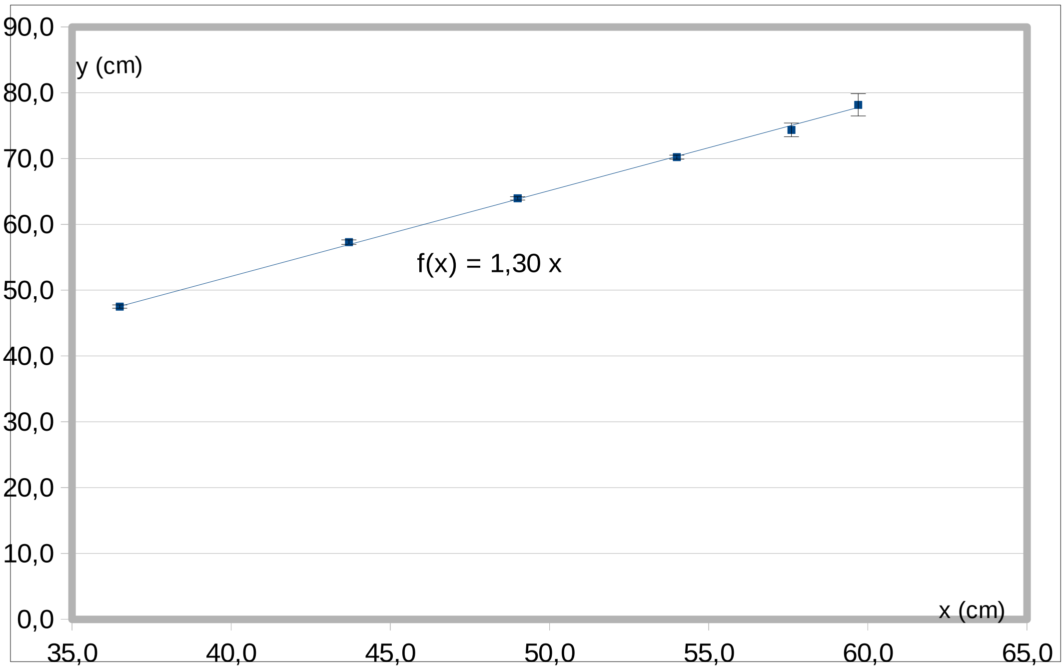
$$K = \frac{y}{x} = \sqrt{\left(\frac{H}{H-h}\right)}$$

risulta indipendente dall'altezza *b* da cui viene lasciata cadere la pallina e quindi lo è da v_0; le due classi di grandezze *x* e *y* ottenute al variare di *b* sono fra loro direttamente proporzionali. Volendo si potrà approfondire questa caratteristica delle lunghezze delle emicorde staccate da due rette perpendicolari all'asse di simmetria del fascio di parabole descritte dalla caduta della pallina nei diversi lanci.

Qualche esempio di misure

Con H = 768 mm e h = 310 mm e un coefficiente teorico K = 1,29 si sono prese le seguenti misure

y1 (cm)	y2 (cm)	y3 (cm)	y4 (cm)	y5(cm)	y6 (cm)	y_m (cm)	dy_m (cm)	x (cm)
79,9	79,4	78,1	77,7	77,4	76,5	78	1,7	59,7
75,3	74,9	74,8	74,2	73,7	73,2	74	1,1	57,6
70,5	70,4	70,3	70,2	70,0	69,9	70,2	0,3	54,0
64,2	64,0	64,0	63,9	63,9	63,7	64,0	0,3	49,0
57,7	57,5	57,3	57,2	57,1	57,0	57,3	0,4	43,7
47,9	47,5	47,4	47,4	47,4	47,4	47,5	0,3	36,5



BIBLIOGRAFIA

LA BILANCIA ROTANTE

- John Makous, *Variations of a circular-motion lab*, The Physics Teacher 38, 354 - 2000

UNA LENTE DI INGRANDIMENTO

- Nada Razpet, Katarina Susman, Mojca Čepič, *Experimental demonstration of longitudinal magnification,* Physics Education, Volume 44, Number 1 - 2009

UNA BILANCIA MOLTO SENSIBILE

- La proposta didattica originale si trova in: PSSC (Comitato per lo Studio della Scienza Fisica), *Fisica: Guida al Laboratorio,* Seconda edizione italiana. Casa editrice: Zanichelli, 1978
- Achille Cristallini, *Una Bilancia molto sensibile...Microbilancia ad Asta Girevole,* Giornale di Fisica Vol LIV n.1 – 14, gennaio – marzo 2013.
- La microbilancia è presentata fra i Science Snacks dell'Exploratorium di San Francisco.

PROPRIETÀ ELASTICHE DI UNA STECCA

- *An Undergraduate Experiment on the Vibration of a Cantilever and its application to Determination of Young's Modulus,* Am. Jour. of Phys. 58, 483 (1990).
- Kenneth Pestke, *Interdisciplinary Cantilever Physics: Elasticity of Carrots, Celery and Plasticware*, Am. Jour. of Phys. 82, 484 (2014).

LA LUCE CHE SI ATTENUA

- Pasquale Onorato et al., *The Beer Lambert Law Measurement Made Easy*, Physics Education, Volume 53, Number 3 - 2018
- Marilena Colt et al., *Integrating Smartphones and Hands-on Activities to real Experiments in Physics*, Romanian Reports in Physics 72, 905 – 2020
- Khemchira Malisorn et al., *Demonstration of light absorption and light scattering using smartphones,* Physics Education, Volume 55, Number 1 - 2020

TRASPARENZE

- Lillian C. McDermott, *Physics by Inquiry*, John Wiley and Sons Ltd – 1995

QUANTO È PICCOLA UNA MOLECOLA?

- L'Institute of Physics in collaborazione con Nuffield Foundation propone un pacchetto di attività sulle proprietà della materia, *The Size of Atoms*

ORO? NO, PRINCISBECCO

- Luis Peralta, Ana C. Farinha, Florbela Rego, *What are the 50 cent Euro coins made of?* *European Journal of Physics* *29(5):901* June 2008

INDICE

Presentazione .... pg. 3

Gli autori .... pg. 4

I Testi

Un triangolo che batte il secondo .... pg. 5

Una bilancia rotante .... pg. 6

La lente di ingrandimento .... pg. 9

Una bilancia molto sensibile .... pg. 12

Elasticità di una stecca .... pg. 16

La luce che si attenua .... pg. 19

Equilibri .... pg. 23

Trasparenze .... pg. 25

Quanto è piccola una molecola .... pg. 30

Saliscendi .... pg. 37

Fra i granelli di sabbia .... pg. 41

Oro no, princisbecco .... pg. 44

Non oscilla foglia che gravità non voglia .... pg. 49

Lo scivolo .... pg. 55

Le Note per l'Allestimento

Un triangolo che batte il secondo .... pg. 64

Una bilancia rotante .... pg. 68

La lente di ingrandimento .... pg. 73

Una bilancia molto sensibile .... pg. 75
Elasticità di una stecca .... pg. 78
La luce che si attenua .... pg. 81
Equilibri .... pg. 85
Trasparenze .... pg. 87
Quanto è piccola una molecola .... pg. 89
Saliscendi .... pg. 92
Oro no, princisbecco .... pg. 95
Non oscilla foglia che gravità non voglia .... pg. 97
Lo scivolo .... pg. 102

Bibliografia .... pg. 106

a scuola con i Giochi di Anacleto
Cortesia della prof. Anna Rambelli e studenti del liceo "Galilei" di Trieste.

primi passi nella fisica