

**** OBIETTIVI

Lo scopo di questa unita' didattica e' l'apprendimento e l'utilizzazione da parte degli allievi di nozioni ed abilita' per la misura di grandezze fisiche. In particolare:

- raccolta ed analisi della distribuzione dei dati
- incertezza nella misura e sua determinazione
- propagazione degli errori nella addizione (sottrazione)
- cifre significative nella moltiplicazione (divisione)

**** NOTE

Non si vuole riproporre il solito capitolo che in molti libri di testo serve da introduzione. La teoria degli errori, a qualsiasi livello si decida di fare, andrebbe diluita nell'arco del biennio (vedi nuovi programmi di Fisica, proposta AIF). Qui si intende invece affrontare un discorso abbastanza approfondito sul concetto di misura.

Il lavoro dovrebbe occupare dalle sei alle dieci ore di lezione, oltre ai controlli degli elaborati che gli studenti producono a casa. Questo controllo risulta indispensabile soprattutto nei primi momenti, sia per abituare i ragazzi ad un lavoro domestico regolare, sia per permettere all'insegnante di rendersi conto del livello di partenza della classe.

**** Misura senza strumenti (ad occhio) della lunghezza di una striscia di cartone ritagliata sul posto. La misura viene comunicata da ciascun ragazzo come numero pari di centimetri; questo serve a limitare

la dispersione dei dati. Le stime vanno registrate in segreto, in modo che il singolo non sia influenzato dal resto della classe.

**** Raccolta dei dati in una tabella e relativa analisi: non tutti i valori coincidono, anzi, la differenza tra valore minimo e massimo e' generalmente molto grande. Qual e' la lunghezza della striscia? Tutti concordano che e' compresa tra il valore minimo ed il massimo. Pochi concordano sul valor medio o sul valore piu' frequente.

**** Rappresentazione dei dati in istogramma. Determinazione di un intervallo centrato sul valor medio che accordi la maggioranza delle persone (diciamo i $2/3$) sulla misura della striscia. LA MISURA DI UNA GRANDEZZA E' RAPPRESENTATA DA UN INTERVALLO DI VALORI.

**** Costruzione di una tabella che si ottiene sommando e sottraendo alternativamente un certo numero dai dati della tabella precedente; si otterra' ovviamente la stessa media ma la dispersione sara' maggiore. Si sottolinea cosi' il concetto di misura come intervallo.

**** Nel caso in cui i ragazzi richiedano la 'vera' misura della striscia, si passera' alla distruzione della medesima. Con lo strumento che avevamo a disposizione (l'occhio!) la misura e' quella che e' stata determinata.

**** Applicazione di quanto appreso alla misura dei lati di un rettangolo (vedi figura) utilizzando la scala graduata riprodotta sul bordo della fotocopia; e' necessario stimare il decimo di tacca. Ovviamente si ripresenteranno gli stessi discorsi gia' analizzati; sia

per la base che per l'altezza si avra' una tabella e un istogramma da analizzare.

**** Ma i ragazzi insisteranno nel voler usare un righello per avere delle misure 'vere'. A casa, allora, dovranno misurare, con questo strumento, la distanza tra due segmenti (vedi figura) comunicando il numero di cm, di mm e di decimi di mm. Nuova tabella e istogramma. Una misura e' quindi SEMPRE rappresentata da un intervallo di valori. Per comodita', tuttavia, non si procede sempre ad una lunga serie di misure per stimare l'incertezza sulla misura: si puo' considerare che usando uno strumento generalmente si metterebbero in accordo i 2/3 degli sperimentatori considerando come incertezza la (mezza) sensibilita' strumentale.

**** Calcolo del perimetro del rettangolo. Provando tutte le combinazioni della somma dei quattro lati usando valori minimi e massimi consentiti dalle tolleranze, ci si accorge che nella somma le incertezze si sommano.

**** Calcolo dell'area del rettangolo. Con combinazioni analoghe si vede che la regola nel caso del prodotto non e' semplice. E' possibile calcolare l'area con incertezza partendo dall'area massima e da quella minima, ma la procedura e' un pochettino lunga. Si considera allora una regola grezza ma veloce introducendo le cifre significative e fornendo ai ragazzi molti esempi in cui sia evidente che il risultato di una moltiplicazione non puo' avere un numero di cifre significative superiore a quello della misura 'peggiore'.

**** EVENTUALI AGGIUNTE E VARIANTI

Si puo' disegnare la figura ABCD in modo da poter chiedere se essa rappresenta:

- un quadrilatero
- un parallelogramma
- un rettangolo

e richiedere quali informazioni sono necessarie per rispondere alle domande precedenti.

Dal confronto degli istogrammi di due lati opposti ci si puo' chiedere quando due misure sono da ritenere uguali (ulteriore rinforzo del concetto di intervallo).

Comportamento di volume e massa nelle trasformazioni.

Obiettivo: riconoscere proprietà varianti e invarianti (1°: comportamento volume)
2) Misure di volume per spostamento d'acqua. (2°: " " massa)

Scopo: determinare il volume di un solido per spostamento d'acqua.

Fasi operative:

- _ Scegliere il cilindro graduato più opportuno per la misura del volume del solido.
- _ Scegliere un opportuno volume d'acqua e registrarlo (attenzione al menisco).
- ⊗ _ Immergere il solido nell'acqua ⊗ e registrare il volume del solido più acqua.
- _ Calcolare il volume del solido.
- _ Confrontare il volume misurato per spostamento d'acqua col volume calcolato (se il solido è di forma regolare).

b) ⊗ Volume del sale disciolto.

Scopo: verificare se anche per il sale è possibile misurare il volume per spostamento d'acqua.

Fasi operative:

- _ Mettere sale e acqua nella boccetta, tapparla col tappo con il capillare in modo che l'acqua salga lungo il capillare.
- _ Segnare il livello raggiunto.
- _ Controllare il livello dell'acqua nel capillare dopo che il sale si è totalmente disciolto.
- _ confrontare con il livello dell'acqua pura.

Materiale:

Cilindri graduati di varia portata

Oggetti di forma regolare

Acqua

Sale da cucina

Ampolla, tappo, capillare

Massa

a) Uso della bilancia a bracci uguali.

Scopo: azzerare e tarare la bilancia. Determinarne portata e sensibilità.

Fasi:

- 1) Trovare l'equilibrio della bilancia mediante lo spostamento dei cavalierini. Segnarne le posizioni.
- 2) Tenere come cavaliere fisso quello più lontano dal fulcro. Sul piatto corrispondente a questo cavaliere andranno appoggiate le masse incognite.
- 3) Sul piatto del cavaliere fisso appoggiare una massa di 100mg. Equilibrare la bilancia spostando l'altro cavaliere. Segnare la ~~nuova~~ nuova posizione. Dividere quello spazio in 10 parti.
- 4) Determinare ora la sensibilità della bilancia.

b) Massa del sale disciolto.

Scopo: determinare se lo scioglimento del sale comporta una variazione di massa.

- 1) Azzerare la bilancia.
- 2) Pesare sale (a piacere) nel coperchio e acqua nella bottiglietta ($\sim 2/3$) appoggiando tutto insieme sul piatto della bilancia. ~~X~~
- 3) Versare il sale nella bottiglietta e farlo sciogliere.
- 4) Pesare la bottiglietta contenente il sale disciolto nell'acqua (col coperchio).
- 5) Determinare la variazione di massa.
- 6) Eventualmente ripetere l'esperienza.
- 7) Raccogliere i dati di tutti i gruppi e costruire un istogramma dei Δm .

Materiali:

Bilancia

Bottiglietta con tappo a vite.

Sale da cucina.

Acqua.

**** LA DENSITA' DI SOLIDI, LIQUIDI E GAS ****

**** OBIETTIVI

- Introdurre il concetto di densita' come proprieta' caratteristica di una sostanza, sia essa solida, liquida o gassosa.
- Introdurre o applicare la propagazione degli errori in un rapporto tra grandezze misurate direttamente (anche solo analizzando le cifre significative).
- A seconda della situazione della classe in cui si lavora, introdurre oppure ribadire il concetto di dipendenza lineare in un grafico cartesiano e il significato di pendenza.

**** PREREQUISITI

- Ordine nel lavoro e rigore nella registrazione dei dati (ma questo non e' pure un obiettivo?).
- Concetto di massa e di volume.
- Uso della bilancia a bracci uguali.
- Misura del volume per spostamento di un liquido.
- Costruzione di grafici cartesiani (problema delle scale).
- Rappresentazione su un grafico cartesiano dell'errore assoluto.
- Propagazione degli errori nella somma e nella differenza di misure.

**** TEMPI

Per la determinazione della densita' del solido: due ore se le bilancine sono gia' state tarate. Un altro paio di ore per la determinazione della densita' del liquido. La densita' del gas puo' essere effettuata dalla cattedra in un'ora.

**** MATERIALE

- Cilindro graduato da 10 ml; 2 cilindri graduati da 10 ml (contenitori)
- Bilancia a bracci uguali.
- Doppio decimetro e carta millimetrata.
- (Biglie di vetro) e pallini di piombo e contenitori di carta (pierettini)
- Acqua, (alcol) e glicerina.
- Pastiglia di Alka Seltzer.
- Secchio, tubo di gomma, tappo forato e provetta.
- Bottiglia graduata.

**** NOTE OPERATIVE

b) densita' di un solido - Determinare la massa dell'oggetto in esattezza con la bilancia a bracci uguali; misurarne il volume usando il cilindro graduato solo dopo aver effettuato la misura precedente (per evitare di misurare anche la massa dell'acqua che puo' rimanere sull'oggetto). Riportare le proprie misure in una tabella che raccoglie i dati dei vari gruppi. Costruire un grafico massa-volume (qual e' la variabile indipendente?) utilizzando i dati riassunti nella tabella. Determinare la densita' del materiale dalla pendenza del grafico con incertezza.

a) densita' di un liquido - Misurare il volume del liquido versato nel cilindro (di cui si sara' precedentemente determinata la massa). Determinare la massa del liquido per differenza. Eseguire almeno quattro o cinque misure di massa e volume. Tabella riassuntiva e grafico. Calcolo della densita' con tolleranza.

c) densita' di un gas - Misurare la massa complessiva di una pastiglia di Alka Seltzer e di una provetta contenente dell'acqua. Far

come?

sciogliere la pastiglia nella provetta e raccogliere il gas in una bottiglia graduata. Misurare il volume del gas raccolto. Determinare la massa della provetta, dell'acqua con la pastiglia sciolta. Calcolare la massa del gas per differenza. Determinare l'ordine di grandezza della densita'.

**** POSSIBILI APPROFONDIMENTI

- Saper confrontare i risultati sperimentali della densita' con i dati tabulati; sapere cioe' trasformare le unita' di misura dal sistema adottato al sistema utilizzato dalle tabelle.
- Tarare un densimetro (provetta con pallini di piombo e matita vetrografica) dando per intuitivo il concetto di galleggiamento.

**** COMPITO A CASA

- Stesura di una scheda di laboratorio per studenti su questo argomento. Indicazioni: a) titolo, b) scopo, c) materiale, d) indicazioni operative piu' esplicite di quelle che abbiamo fornito qui, e) suggerimenti per le tabelle, f) domande particolari, approfondimenti, etc.
- Problemi di rinforzo sul concetto di densita'

**** BIBLIOGRAFIA

- IPS Introduzione alla Scienza Fisica; Zanichelli
- Struttura della Materia schede di laboratorio; AIF Sezione Romana

Legge di Boyle-Mariotte.

Obiettivi

- Determinare il valore della pressione atmosferica partendo da una misura di forza (peso) e di superficie (superficie del pistone della siringa).
- Individuare relazioni tra due variabili misurate e valutare i limiti di validità delle corrispondenti leggi empiriche. Trovare la relazione $P V = \text{cost.}$ come ramo d'iperbole dopo aver aggiunto alla P , misurata in piastre, la pressione atmosferica.
- Servirsi con sicurezza di varie rappresentazioni grafiche (diagrammi cartesiani). Sapere fare il grafico I/V in funzione di P in modo da poter superare la difficoltà di dover confrontare i dati sperimentali con curve più complesse.

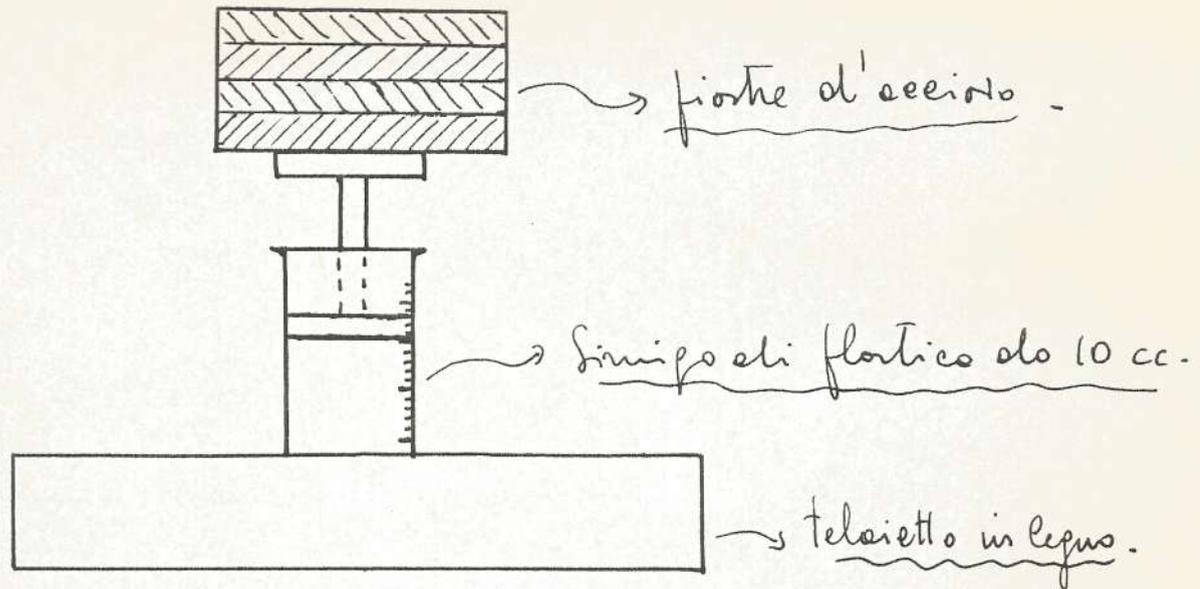
Prerequisiti

- Concetto di gas reale. (^{mezz'ora} gas perfetto)
- Concetto di volume.
- Concetto di pressione.
- Concetto di temperatura.
- Ordine di grandezza di una misura, approssimazione e incertezza associata alla misura.
- Grafici su proporzionalità diretta e inversa.

Materiale occorrente

- Siringa con pistone a tenuta da 10 cc.
- Piastrine di acciaio (6 o 7 circa).
- Morsa da tavolo, asta di sostegno e morsa a ganasce per mantenere verticale la siringa.
- Pongo o colla o nastro isolante.
- n.2 fogli di carta millimetrata.
- olio di vasellina.

Schema dell'apparecchiatura.



Fasi operative

- Ungere il pistone della siringa con l'olio di vasellina.
- Determinare il volume dell'aria racchiusa nella siringa con il pistone scarico.
- Caricare il pistone con 26 piastre e leggere i volumi corrispondenti. Dopo aver aggiunto ogni piastra premere con le dita per vincere (in parte) la forza d'attrito tra pistone e cilindro.
- Ripetere l'esperienza 2 o 3 volte e trovare i volumi medi corrispondenti ad ogni valore della pressione.
- Calcolare i valori di I/V e costruire il grafico $I/V, P$ (in piastre), sul grafico riportare gli errori corrispondenti ad ogni valore di I/V .
- Determinare il valore della pressione atmosferica in piastre e, dopo aver massato una piastra, determinare il diametro della siringa, in N/m^2 .
- Costruire il grafico V, P dopo aver sommato ai valori della pressione (in piastre) la pressione atmosferica (in piastre).

Scope generale

Trovare la relazione tra pressione e volume in un gas (aria) :

mantenuto a temperatura costante.

Suggerimento per l'allievo

Dal punto di vista didattico inizialmente é meglio far costruire un grafico V,P dal quale risulti che il volume cala al crescere della pressione. In questo modo si é indotti a pensare che la relazione possa essere di tipo inversamente proporzionale e quindi per verificarlo bisogna costruire il grafico I/V,P.

(meccanismo: osservazione dati → ipotesi → controllo ipotesi → correzione ipotesi di partenza con introduzione del concetto di pressione atmosferica)*

Molle ed elastici.

Obiettivi.

Osservare un semplice fenomeno, eseguendo misure in modo ordinato.

Costruire una tabella partendo dai dati sperimentali.

Costruire un grafico partendo da una tabella.

Sapere interpretare un grafico.

Comprendere e descrivere le caratteristiche di un fenomeno osservato in base all'esame di tabelle e grafici.

Comprendere il diverso comportamento dei corpi in esame sulla base dei grafici realizzati.

Ricavare da una tabella e da un grafico una semplice relazione matematica tra grandezze.

Prerequisiti.

L'esperimento può essere considerato una prova introduttiva all'attività di laboratorio.

Non si richiedono pertanto prerequisiti particolari.

E' sufficiente il possesso di alcune abilità generali, in genere acquisite nella scuola media, come la comprensione di istruzioni scritte relative alla realizzazione di semplici esperimenti, un minimo di abilità manuali ed operative (attaccare delicatamente un peso, leggere su una scala millimetrata una lunghezza, ecc.), abilità matematiche elementari, conoscenza elementare di grafici nel piano cartesiano.

Tempi.

Due ore per l'esperienza in lab. e due ore per la discussione in classe e gli ampliamenti.

Materiale occorrente.

n. I molla di acciaio.

n. I filo di rame lungo circa 50 cm.

n. I elastico di gomma.

n. I sostegno, I asta con gancio e I morsetto.

n.1 portapesi con 4 pesetti da 10 g e 4 pesetti da 50 g.

n.1 asta graduata in mm con piedini a botte.

n.3 fogli di carta millimetrata.

Scopo dell'esperimento.

Studiare il comportamento di elastici e molle di materiale diverso quando ad essi sono applicati dei pesi.

Indicazioni operative.

Misurare la lunghezza iniziale delle molle scariche e dell'elastico scarico.

Operare contemporaneamente con i due indici per misurare l'allungamento .

Agganciando dei pesetti all'estremità inferiore della molla, questa si deforma allungandosi (introduzione operativa del concetto di forza).

Tabella.

Completa la seguente tabella per ognuno dei tre dispositivi (con gli errori).

Δl (mm)	
P (u.a.)	

Costruisci il grafico cartesiano con gli errori (P, Δl) per ogni tabella e ricava dal grafico dell'acciaio la relazione matematica.

Si può osservare che per poter esprimere l'errore sulla costante trovata è sufficiente determinare K_{min} e K_{max} con le due rette di pendenza max e min e poi prendere $\bar{K} \pm \Delta K$.

Osserva gli altri grafici (molla di rame ed elastico di gomma) e commenta.

Approfondimenti ed estensioni.

Puoi ripetere le tre esperienze misurando la lunghezza complessiva delle molle e dell'elastico di gomma al variare dei pesi applicati nella fase di carico e nella fase di scarico e fare i rispettivi grafici (P, ℓ): osserva e commenta (isteresi elastica).

Il comportamento della molla di acciaio permette d'introdurre il dinamometro.

Ordine di grandezza delle dimensioni delle molecole

- SCOPO-misurare lo spessore di uno strato di acqua
- misurare lo spessore di uno strato di acido oleico galleggiante sull'acqua
 - stimare le dimensioni e la massa di una molecola
 - stimare il numero di molecole di acido oleico contenute in una goccia di soluzione
 - partecipare ad attivita' di gruppo e di intergruppo.

- PREREQUISITI-nozioni elementari sulla geometria di figure piane e solide
- capacita'di misurare un volume con un cilindro graduato
 - nozione di concentrazione di una sostanza in soluzione

- OBIETTIVI-L'allievo riesce a:
- valutare in termini numerici l'ordine di grandezza delle dimensioni molecolari
 - effettuare misure dirette ed indirette di piccoli spessori
 - comprendere l'importanza della stima delle grandezze
 - comprendere l'importanza dell'ordine di grandezza di una misura
 - costruire ed interpretare una distribuzione di dati mediante istogrammi.

TEMPO DI ESECUZIONE: un'ora per prova.

I prova

Misurare lo spessore di uno strato d'acqua

MATERIALE OCCORRENTE

- foglio di carta millimetrata
- foglio di acetato trasparente(per lucidi)
- cilindro graduato da 10 cm³

Fasi operative

Sovrapponete il foglio di acetato a quello di carta millimetrata. Riempite il cilindro graduato con 5 cm³ d'acqua; appoggiate il beccuccio del cilindro graduato sul foglio di acetato (circa al centro) e versate lentamente l'acqua formando un'unica macchia di liquido. Muovendo delicatamente insieme i due fogli cercate di rendere la macchia piu'circolare possibile.

Ponendovi in una posizione laterale,rispetto al foglio,osservate lo spessore della macchia e fatene una stima (grossolana).

! Spessore: circa _____ mm !

Utilizzando la quadrettatura della carta millimetrata visibile sotto la macchia, misurate la superficie S della macchia stessa:

! Superficie: S= _____ mm² !

Calcolate lo spessore medio della macchia utilizzando i dati raccolti da ogni componente del gruppo. Riportate i risultati nella seguente tabella riassuntiva

! Volume	<V>=	mm ³
! Superficie	<S>=	mm ²
! Spessore	<h>=	mm

Confrontate il risultato ottenuto con la stima fatta precedentemente.

II prova

Dimensione e massa di una molecola di acido oleico

MATERIALE OCCORRENTE

- bacinella piana (meglio se a fondo scuro) circa 60x70 cm²
- flaconcino a chiusura ermetica e contagocce
- soluzione di acido oleico allo 0,2% in alcool, circa 20 cm³ (meglio usare alcool etilico o isopropilico puro, ma va bene anche quello denaturato)
- cilindro graduato da 10 cm³
- riga centimetrata da 50 cm
- secchio di plastica da 5 litri
- polvere di gesso o talco
- acqua a circa 24 C (non strettamente necessario)

Fasi operative

Assicuratevi che tutto il materiale (bacinella, secchio, contagocce...) sia ragionevolmente pulito.

Ponete la bacinella quanto piu' in piano possibile e versatevi acqua sino ad un livello di circa 2 cm; la profondita' potra' essere valutata immergendo verticalmente il righello.

Attendete qualche istante che il movimento del liquido cessi e state attenti a non urtare il tavolo durante l'esperimento.

Nell'attesa fate degli scarabocchi sulla lavagna con del gesso, poi cancellateli in modo da ottenere una certa quantita' di polvere di gesso sul cancellino.

Quando l'acqua e' perfettamente calma spargete sulla superficie uno strato uniforme di polvere di gesso battendo con una mano il cancellino. ~~la~~ la quantita' di polvere deve essere minima, quel tanto che basta per essere visibile.

Fate poi cadere col contagocce, dall'altezza di circa 1 cm, al centro della bacinella UNA goccia di alcool (solo alcool). Si forma una macchia che poi deve scomparire poiche' l'alcool in parte si scioglie in acqua in parte evapora. Se la macchia non dovesse scomparire avete probabilmente esagerato con la polvere di gesso: dovete rifare tutto da capo!

Versate al centro della bacinella, sempre da un'altezza di 1 cm, da 3 a 5 gocce di soluzione di acido oleico, tenendovi pronti col righello per effettuare la misura del diametro della macchia OGNI VOLTA CHE CADE UNA GOCCIA. ~~ATTENZIONE~~: le gocce utilizzate non devono comprendere la prima del contagocce che ha solitamente un volume anomalo rispetto alle altre; fate quindi ricadere la prima goccia nel flaconcino con la soluzione.

~~ATTENZIONE~~: ritappate immediatamente il flaconcino dopo l'uso.

Se possibile, una volta effettuata la stima del diametro medio della macchia, ripetete la misura un numero ragionevole di volte.

!Diametri	!
!misurati	!
! (cm)	!
!	!
!	!
!	!
=====	=====
!Diametro	cm
!medio	-----
!	!
=====	=====
!	!
!Raggio	cm
!	-----
!	!

Traccia per l'elaborazione

!Numero di gocce in 1 cm ³	!n=	!
!	!	!
!Volume di 1 goccia	!V=1/n=	!
!	!	!
!Concentrazione della soluzione	!0.2%	!
!	!	!
!Volume di acido puro in 1 goccia	!V ₀ =(0.2/100)xV=	!
!di soluzione	!	!
!	!	!
!Volume della macchia	!V ₀ =	!
!	!	!
!Raggio della macchia	!r=	!
!	!	!
!Superficie della macchia	!S=3.14x r ² =	!
!	!	!
!Spessore della macchia	!h=V ₀ /S=	!
!	!	!

Ipotizziamo che l'acido oleico si sia disposto in uno strato talmente sottile da essere praticamente alto come una molecola di acido (strato molecolare) e ipotizziamo anche che la struttura spaziale di una molecola sia quella di un cubo (non e' proprio cosi' ma per il nostro scopo come ipotesi e' plausibile)

Da una tabella di densita' si puo' ricavare la densita' dell'acido oleico: d=0.89 g/cm³.

Tenendo conto di questo dato completate il seguente prospetto di elaborazione.

! Altezza della molecola	! $h =$!
!	!	!
! Volume dello strato di acido	! $V_0 =$!
!	!	!
! Densita' dell'acido	! $d = 0.89 \text{g/cm}^3$!
!	!	!
! Volume di una molecola	! $V = h^3 =$!
!	!	!
! Massa di una molecola	! $m = d \times V =$!
!	!	!
! Molecole di acido nella goccia	! $n = V_0 / V =$!
!	!	!

NOTE

BIBLIOGRAFIA
 STRUTTURA DELLA MATERIA-Seminario Corso A.I.F Sez.di Roma
 INTRODUZIONE ALLA SCIENZA FISICA Zanichelli Bologna