

REGIONE
TOSCANA



**Prodotto realizzato con il contributo della Regione Toscana
nell'ambito dell'azione regionale di sistema**

Laboratori del Sapere Scientifico

Quanto pesa un faggio?

*Un itinerario verso le competenze
(e non solo in senso metaforico)*

Percorso di fisica, con alcune incursioni nella matematica.

Il percorso è stato svolto con studenti del primo anno di Liceo Scientifico.

Collocazione del percorso nel curricolo

Al termine del primo anno di liceo lo studente ha fatto tante misure:

- ha misurato lunghezze con i più vari strumenti: righelli, rotelle metriche, calibri, ma anche piedi, passi, cubiti;
- ha misurato distanze con il metodo di triangolazione;
- ha consumato gli occhi a contare quadretti per misurare aree;
- ha tuffato piccoli solidi nel cilindro graduato, per misurarne il volume mediante spostamento d'acqua e poi confrontarlo con il volume calcolato per via geometrica;
- ha messo sulla bilancia a due piatti la gomma o il cappuccio di una penna per misurarne la massa.

Collocazione del percorso nel curriculum

Ma il fine non è misurare: quello che interessa è arrivare a scoprire che fra le grandezze fisiche possono sussistere delle relazioni.

Caratterizzare, anche in senso matematico, queste relazioni è il secondo grande obiettivo dell'insegnamento della fisica al primo anno di liceo scientifico.

E così si scoprono:

- la legge di proporzionalità diretta fra massa e volume di oggetti fatti dello stesso materiale, e si definisce il concetto di densità;
- la relazione fra il periodo di oscillazione di un pendolo e la sua lunghezza, che conduce alla proporzionalità quadratica;
- la relazione fra la lunghezza di una molla e la forza con cui viene tirata: una relazione lineare (che diventa di proporzionalità diretta quando si considera l'allungamento della molla anziché la lunghezza);
- la legge di inversa proporzionalità se si considerano peso e braccio in una leva.

Collocazione del percorso nel curricolo

Si scopre anche che ci possono essere leggi più strane o complicate, come quando si misura il tempo di discesa di una biglia su una guida inclinata in relazione allo spazio percorso, oppure il volume di un cubetto in relazione alla lunghezza dello spigolo.

Verso la fine del primo anno, nel ragazzo si fa strada l'idea che fare fisica vuol dire capire le relazioni che sussistono fra le grandezze osservate, e che per scoprire tali relazioni occorre saper misurare e poi saper passare dalle misure alle rappresentazioni grafiche e alle leggi matematiche.

Considerazioni generali sul percorso

Le indicazioni ministeriali sull'insegnamento della fisica, pur se generiche, suggeriscono di abituare lo studente del primo biennio a semplificare e modellizzare situazioni reali, a risolvere problemi e ad assumere la consapevolezza critica del proprio operato.

Le indicazioni invitano anche a tenere costantemente presente lo sviluppo del discorso matematico, in modo che fisica e matematica possano progredire in parallelo, fecondandosi reciprocamente con suggestioni, idee e metodi. Questo favorirà la formazione di un rigore intellettuale che lo studente dovrà acquisire e mantenere come habitus mentale in tutta la sua esperienza scolastica (a tale proposito è lecito interrogarsi su quale potrà essere il rigore concettuale nella fase terminale del quinquennio, quando lo studio della fisica moderna, prescritto dalle indicazioni ministeriali, non potrà per forza di cose essere sostenuto da un adeguato impianto matematico... ma per fortuna la nostra attenzione è per ora rivolta a studenti di classe prima, cui possiamo ancora sperare di instillare concetti chiari e distinti).

Obiettivi del percorso

L'attività proposta non ha come obiettivo la presentazione di nuovi argomenti teorici o lo svolgimento di esperimenti di laboratorio, ma lo sviluppo della capacità di osservazione e modellizzazione, che viene esplicitamente richiamata dalle indicazioni nazionali.

Al termine del lavoro di un intero anno scolastico, che la classe ha seguito con partecipazione e impegno, si vuole offrire un'ulteriore occasione di crescita, proponendo attività non convenzionali, che offrano agli studenti un obiettivo di ricerca. Si farà in modo che siano essi ad organizzarsi quanto agli strumenti e ai metodi.

Le conoscenze da utilizzare sono già note: massa, densità, principio di Archimede, galleggiamento, forza, momento. Quello che si chiede ai ragazzi è usare queste conoscenze per arrivare alla soluzione di alcuni problemi che verranno individuati nel percorso. L'obiettivo dell'attività è, quindi, più metodologico che contenutistico.

Elementi salienti dell'approccio metodologico

Lo studente che si avvicina alla fisica all'inizio del liceo ha in genere aspettative elevate rispetto a questa materia.

Già dal primo anno, però, l'atteggiamento di tanti allievi nei confronti della fisica cambia: viene percepita come una materia difficile, che lascia feriti sul campo, nonostante in molti casi ci sia un impegno di studio intenso.

Lo studente pensa che conoscere la fisica significhi saper scrivere precisamente una formula o recitare correttamente un enunciato, e rimane deluso quando anche in presenza di questo impegno i risultati non sono ritenuti soddisfacenti.

I docenti devono contrastare questa tendenza, cercando di non adottare libri che siano puri formulari, proponendo esercizi che non siano semplici applicazioni di regole e attività laboratoriali non troppo "addomesticate". Occorre fare uno sforzo per spostare continuamente la didattica della fisica verso i concetti e le idee fondanti, e per fare questo è importante riuscire a riempire di significato simboli, formule, attività.

Elementi salienti dell'approccio metodologico

In Italia il rischio dell'atteggiamento “libresco” nell'insegnamento della fisica non è mai definitivamente superato. La riduzione del monte ore settimanale dedicato a questa disciplina rappresenta una ulteriore tentazione a impostare l'insegnamento della fisica come una mera serie di enunciati seguita da una corposa mole di esercizi. Non è detto, però che in questo modo gli studenti capiscano i concetti della fisica, e certamente non ne imparano il metodo.

Nell'educazione scientifica delle giovani generazioni la capacità di osservare, cercare relazioni, formulare ipotesi interpretative, raccogliere dati, costruire modelli non è meno importante della conoscenza teorica dei concetti. Intraprendere scorciatoie, magari nel nobile intento di aumentare il ventaglio delle conoscenze proposte, comporta un decadimento della qualità dell'apprendimento. Nelle indicazioni ministeriali per la matematica si legge “L'indicazione principale è: pochi concetti e metodi fondamentali, acquisiti in profondità.” La trasposizione in ambito fisico è del tutto evidente.

Elementi salienti dell'approccio metodologico

Se l'insegnamento della fisica nel primo biennio del liceo non può fare a meno del laboratorio, è vero anche che il laboratorio scolastico rischia talvolta di essere un ambiente artificioso. Si va in laboratorio spesso per verificare una legge fisica già introdotta a livello teorico, oppure per fare osservazioni dall'esito prestabilito (tanto è vero che, quando le cose vanno diversamente, si dice che l'esperimento "non torna").

Altra cosa è farsi delle domande di cui nessuno conosce a priori la risposta, nemmeno l'insegnante, impostando un programma di ricerca che debba definire le azioni, gli strumenti e i materiali necessari per arrivare all'obiettivo cognitivo.

Il percorso didattico, fino ad ora finalizzato a formare conoscenze e abilità, può arrivare a formare competenze.

Materiali, apparecchi e strumenti impiegati

Materiali di uso comune: alcuni piccoli pezzi di legno di diverso tipo (faggio, castagno, sambuco), piccoli sassi presi in una cava di marmo, una scure.

Materiali per gli esperimenti di fisica: righelli, bilance, cilindri graduati, becher.

Ambienti in cui è stato sviluppato il percorso

- Aula.
- Laboratorio di fisica
- Parco delle Alpi Apuane, località “Il Puntato”



Tempo impiegato

- a) per la messa a punto preliminare nel Gruppo LSS: 3 ore
- b) per la progettazione specifica e dettagliata nella classe: 7 ore
- c) tempo-scuola di sviluppo del percorso: 22 ore
- d) per documentazione: 12 ore

Altre informazioni

- Il gruppo LSS ha stabilito di lavorare sul potenziamento della didattica per competenze nella fisica del biennio. Si tratta, quindi, di trovare una situazione “non addomesticata” nella quale sia possibile aiutare gli studenti a sviluppare la loro capacità di fare osservazioni, stime e previsioni e di testarle mediante il ricorso ad un ragionamento condiviso e ad adeguati esperimenti di laboratorio.
- Si insiste molto sulla necessità di un sapere condiviso, che si fondi su occasioni di lavoro in gruppo, in cui si debba curare il linguaggio, riconosciuto come uno dei punti veramente dolenti della preparazione culturale delle giovani generazioni.
- La situazione “non addomesticata” viene individuata in un viaggio di istruzione che la classe 1 G svolgerà nel mese di maggio, avendo come destinazione il Parco delle Alpi Apuane, località “Il Puntato”.

Domande in cammino

Al Puntato si può arrivare solo a piedi, con un'ora e mezzo di salita in una bellissima faggeta.

I ragazzi sono giovani e aiutanti, ma dopo un po' di cammino ci si ferma a riposare.

Durante la sosta, a bruciapelo, la domanda della prof: "Quanto è alto un faggio?"



Domande in cammino



...almeno dieci metri!....

Domande in cammino

E' con noi un tirocinante TFA che si è reso disponibile ad accompagnare la classe in gita.

Conosce la sua altezza quando tiene un braccio alzato: 2,5 m.

Si mette accanto al faggio con il braccio alzato.

Dopo un'animata discussione, la classe stima che l'altezza dell'albero sia circa 8 volte il tirocinante con il braccio alzato.

A questo punto il tirocinante rilancia: "Quanto pesa un faggio?"



Domande in cammino

La stima dell'altezza del faggio non è sufficiente per conoscere il suo peso.

Dopo una animata fase di discussione, gli studenti stabiliscono che per stimare il peso si dovrà trovare la massa del faggio, e ciò sarà possibile solo calcolando volume e densità.

Per calcolare il volume è essenziale stabilire a quale forma geometrica si possa ricondurre l'albero: inizialmente la maggior parte degli studenti immagina il tronco come un cilindro, ma alcuni fanno notare che nella parte alta dell'albero il fusto è più stretto che alla base, quindi si tratta di un cono, o meglio, di un tronco di cono.

Ma come si trova il volume di un tronco di cono? Quali sono le misure necessarie?

Per il momento gli adulti presenti assicurano che basta avere il raggio di ciascuna delle due basi e l'altezza (il perché lo vedremo al ritorno).

Occorre quindi reperire questi dati, e anche la densità del legno di faggio.

Domande in cammino

Ancora una volta il reperimento dati deve essere fatto con i mezzi a disposizione:

- Il tirocinante sa che la sua apertura delle braccia è di 186 cm. Per abbracciare completamente il faggio alla base impiega poco meno della metà di questa lunghezza.
- Per quanto riguarda il raggio della base superiore del tronco di cono, si sceglie un faggio abbattuto (ce ne sono molti a causa di una eccezionale tempesta di vento avvenuta due mesi prima) simile a quello che stiamo osservando.
Una valutazione a spanne permette di stimare il diametro in 22 cm.
- Per trovare la densità del legno di faggio, gli studenti decidono di portare a casa un pezzo di ramo, di cui trovare massa e volume in laboratorio.

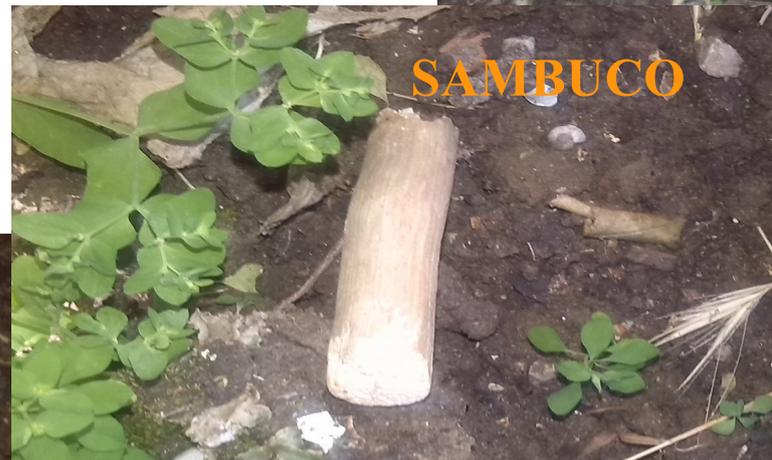
Domande in cammino



- Arrivati al rifugio, si taglia il pezzo di legno che ci serve.
- Si taglia anche un cilindretto di legno di castagno, per confrontare i due tipi di legno.

Domande in cammino

- Ecco i pezzi di legno che ci serviranno: un cilindretto di faggio, uno di castagno e uno di sambuco, trovato vicino al rifugio.



Domande in cammino



La strada del ritorno passa attraverso una cava di marmo dismessa.

Il sole picchia sul muro fatto di blocchi di marmo.

- Ci sono blocchi di colore grigio chiaro e blocchi anneriti. Gli studenti toccandoli sentono due temperature diverse: perché?
- Sul libro abbiamo letto che la densità del marmo è $2,7 \frac{g}{cm^3}$. Sarà proprio vero?

Ogni ragazzo raccoglie un sassolino e se lo mette nello zaino per portarlo a casa.

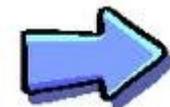
Dopo il cammino

Tornati a casa, è il momento di rispondere alle tante domande che ci siamo posti lungo il sentiero e ad altre che sorgono successivamente.

Ad alcune domande possiamo dare una risposta in classe, altre richiedono l'uso del laboratorio di fisica.

Ecco gli argomenti sviluppati in classe:

- Il volume del tronco del faggio
- Il calcolo del volume del cilindretto di faggio, dalla base di forma quasi ellittica
- Un problema di forze e momenti, sorto guardando una fotografia della gita



Il tronco di cono

Il frutto della discussione svolta in classe dagli studenti sotto la guida della docente e del tirocinante viene raccolta [in questa scheda](#).

Dal punto di vista didattico, è interessante osservare che:

- La ricerca del volume di un solido non è un obiettivo a sé stante, ma è funzionale a ricavare la densità del legno di faggio. Questa finalità conferisce senso alla formula del volume del tronco di cono, che di per sé potrebbe risultare abbastanza sterile.
- La soluzione del problema ha dato l'opportunità di esercitare sensatamente il calcolo algebrico (distributiva, prodotto notevole....).



TRONCO DELL'ALBERO E TRONCO DI CONO

Abbiamo dato una stima dell'altezza del fusto del faggio, del diametro di base e del diametro della sezione sommitale del fusto.

Abbiamo modellizzato il tronco dell'albero come un tronco di cono.

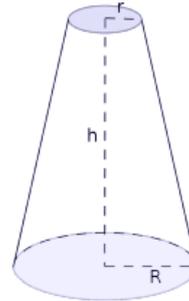
Come possiamo calcolarne il volume?

Disponiamo delle seguenti misure:

h : altezza del tronco di cono

R : raggio della base inferiore del tronco

r : raggio sommitale del tronco

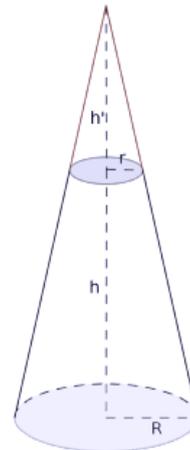


Se invece di avere un tronco di cono avessimo un cono tutto intero, sapremmo trovare il volume mediante una relazione che abbiamo imparato alla scuola media (il volume del cono è un terzo del prodotto fra area di base e altezza).

Nel caso del tronco di cono, possiamo immaginare che ad un cono intero venga tolta la punta: il volume del tronco di cono sarà la differenza fra il volume del cono intero e il volume della punta.

Il problema è che non conosciamo né il volume del cono intero né il volume della punta.

Proviamo a disegnare il cono intero, aggiungendo la punta al tronco di cono.



Chiamiamo h' l'altezza della punta.

Il volume del cono intero è $V_1 = \frac{1}{3}\pi R^2(h+h')$, mentre il volume della punta è $V_2 = \frac{1}{3}\pi r^2 h'$

Ne risulta che il volume del tronco di cono è:

$$V = V_1 - V_2 = \frac{1}{3}\pi R^2(h+h') - \frac{1}{3}\pi r^2 h'$$

$$V = \frac{1}{3}\pi(hR^2 + h'(R^2 - r^2))$$

Ma calcolare questo volume sembra impossibile con i dati a nostra disposizione, perché non conosciamo il valore di h' .

La figura che abbiamo tracciato ci aiuta a risolvere il problema: vediamo infatti che il triangolo di base r e di altezza h' è simile al triangolo di base R e di altezza $h+h'$.

Quindi possiamo scrivere:

$$\frac{h'}{r} = \frac{h+h'}{R}$$

Riducendo le due frazioni allo stesso denominatore e semplificando otteniamo:

$$h'R = hr + h'r$$

$$h'R - h'r = hr$$

$$h'(R - r) = hr$$

e, poiché $R \neq r$, si possono dividere i due membri dell'equazione per $R - r$ e si trova che:

$$h' = \frac{hr}{R - r}$$

Sostituendo l'espressione che abbiamo trovato per h' nella relazione che dà il volume, otteniamo:

$$V = \frac{1}{3}\pi\left(hR^2 + \frac{hr}{R - r}(R^2 - r^2)\right)$$

Ricordano che $R^2 - r^2 = (R - r)(R + r)$ e semplificando:

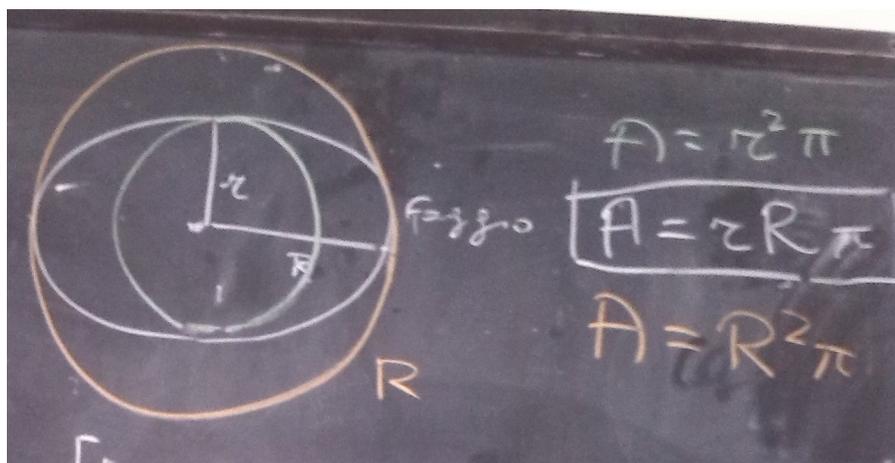
$$V = \frac{1}{3}\pi h(R^2 + Rr + r^2)$$



L'area dell'ellisse

La base del cilindretto di faggio ha una forma vagamente ellittica. Per il calcolo del volume del cilindretto è necessario trovarne l'area.

Il disegno fatto sulla lavagna dal tirocinante appare abbastanza esplicativo.



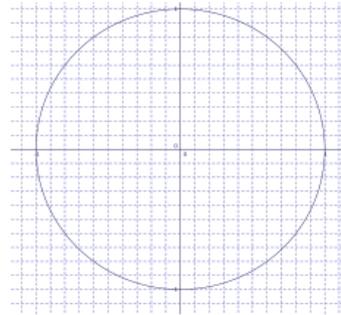
Ma una studentessa sostiene che si dovrebbe fare la media fra i raggi dei due cerchi (intendendo la media aritmetica). Il ricorso alla media geometrica non risulta intuitivo.

Pertanto vengono proposti, nella lezione successiva, la seguente [scheda teorica](#) e il seguente [esercizio](#) (da svolgere a casa).

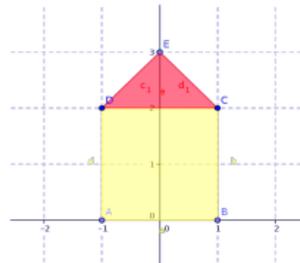


L'AREA DELL'ELLISSE

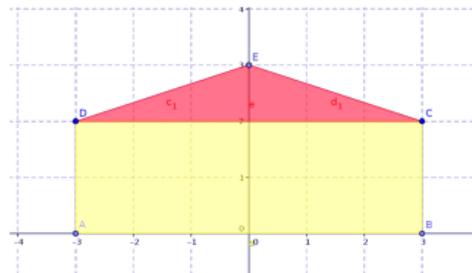
Nel seguente disegno è riportata una circonferenza di raggio 1 (riferita ad una certa unità di misura).
I quadretti della griglia hanno lato _____, quindi ogni quadretto ha area _____.



1. Conta i quadretti contenuti completamente all'interno del cerchio: _____
Conta i quadretti che hanno qualche punto in comune con il cerchio: _____
L'area del cerchio è compresa fra _____ e _____.
In realtà tu conosci una formula matematica che ti assicura che l'area di questo cerchio è: _____.
2. Tutti i punti del piano subiscono una trasformazione, per cui la loro ascissa viene moltiplicata per 3, mentre l'ordinata non cambia.
Con questa trasformazione una casetta fatta così...

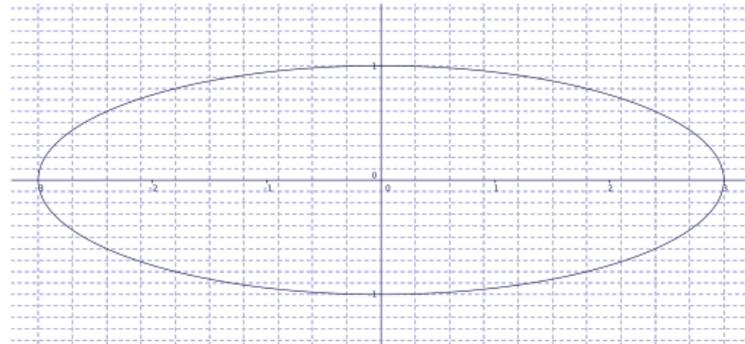


... diventa così:



Come è variata l'area del pentagono - casetta? _____

Se applico la stessa trasformazione alla circonferenza iniziale, essa diventa in un'ellisse:



Ogni quadratino della griglia iniziale si è trasformato in un _____ di area _____.

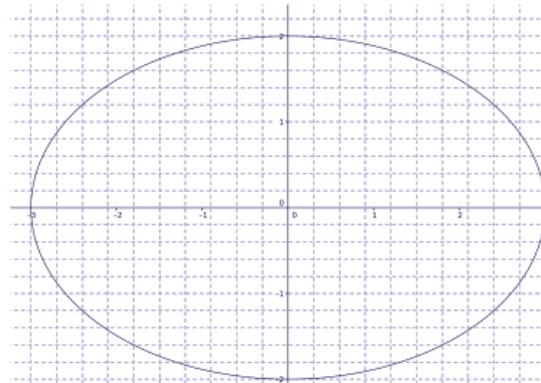
Conta i rettangolini interamente contenuti nell'ellisse: _____

Conta i rettangolini che hanno qualche punto in comune con l'ellisse: _____

L'area dell'ellisse è quindi compresa fra _____ e _____.

Se sappiamo che l'area del cerchio iniziale era π , quale sarà l'area di questa ellisse? _____

3. Ora sottopongo l'ellisse ad una trasformazione che lascia fisse le ascisse di ogni punto del piano, mentre raddoppia le ordinate.



Quanto misura l'area di ogni rettangolino della griglia? _____

Conta i rettangolini interamente contenuti nell'ellisse: _____

Conta i rettangolini che hanno qualche punto in comune con l'ellisse: _____

L'area dell'ellisse è quindi compresa fra _____ e _____.

Se sappiamo che l'area del cerchio iniziale era π , quale sarà l'area di questa ellisse? _____

Se abbiamo un'ellisse di semiassi a e b , quale sarà la sua area?



ESERCIZIO DEL 18 MAGGIO

1. Nel corso della nostra gita sulle Apuane abbiamo raccolto un ramo di faggio. Lo abbiamo tagliato in modo da ottenere una specie di cilindro a base ellittica. Tomati a scuola,

- ne abbiamo misurato la massa con la bilancia:



- abbiamo misurato le lunghezze degli assi: $a = (8,4 \pm 0,2)\text{cm}$ e $b = (5,3 \pm 0,2)\text{cm}$.
- abbiamo misurato alcune "altezze" del cilindretto (in cm):

$(2,8 \pm 0,2)$	$(3,0 \pm 0,2)$	$(3,2 \pm 0,2)$	$(3,1 \pm 0,2)$	$(3,0 \pm 0,2)$	$(2,9 \pm 0,2)$	$(2,8 \pm 0,2)$	$(2,7 \pm 0,2)$
-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------

Con i dati acquisiti:

- trova il volume del cilindretto di faggio;
- trova la densità del legno di faggio.



La scure di Alberto



Durante il soggiorno al rifugio i ragazzi hanno raccolto legna per la cucina (il rifugio è completamente autonomo dal punto di vista energetico) e hanno imparato a spaccarla con la scure.

Questa foto, scattata mentre Alberto tiene la scure orizzontale, costituisce l'oggetto di un'esercitazione svolta in classe qualche giorno dopo il rientro dalla gita.



ESERCITAZIONE DI FISICA

A ciascun ragazzo viene consegnata una copia della foto di Alberto.



In un primo giro di discussione vengono poste le seguenti domande:

1. La mano destra di Alberto che funzione ha?
2. La mano sinistra di Alberto che funzione ha?
3. La testa (o ferro) della scure pesa?
4. Il manico della scure pesa?
5. Nel momento in cui è stata presa la foto, la scure era ferma nelle mani di Alberto. Possiamo dire che fosse in equilibrio?

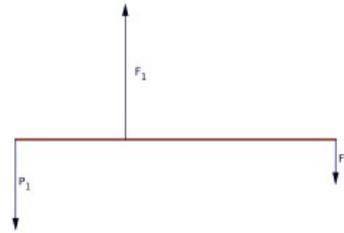
I ragazzi sono abbastanza concordi sul fatto che

- la mano destra di Alberto sta sostenendo la scure
- il ferro pesa.

La funzione della mano sinistra è meno evidente.

Si osserva però che la scure è in equilibrio, e quindi che la somma delle forze e la somma dei momenti di forza che agiscono sulla scure deve essere nulla (questa proprietà è già nota agli studenti). L'unico modo perché ciò accada è che la mano sinistra di Alberto spinga l'estremità del manico verso il basso.

Se dovessimo rappresentare le forze fino a qui elencate, il diagramma sarebbe circa questo:



Ma anche il manico pesa. Si tratta di capire come rappresentare sul diagramma la forza peso del manico. Certamente la freccia sarà rivolta verso il basso, e avrà una lunghezza proporzionale alla intensità della forza. Ma in quale punto la si dovrà pensare applicata?

Il docente tiene un'asticella fra le mani. Ad un certo punto la lascia andare e l'asticella cade a terra. I ragazzi sono concordi nel dire che l'asticella cade a causa della forza peso.

L'insegnante chiede se è possibile contrastare la forza peso, impedendo ad un oggetto di cadere. In particolare chiede se, utilizzando qualche oggetto a portata di mano, si riesce a trovare un punto preciso in cui applicare la forza che sostiene il corpo. I ragazzi con facilità trovano il punto.

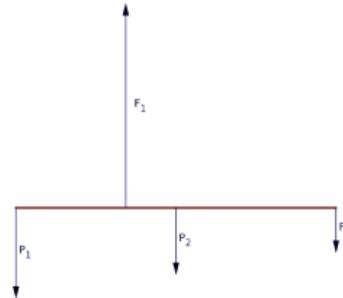


La forza peso che agisce su ogni oggetto dovrà essere applicata nello stesso punto in cui è applicata la forza resistente.

Per ora ci si accontenta di questa intuizione, si rimanda la definizione esatta del baricentro ad uno stadio ulteriore.

L'esperienza che i ragazzi hanno fatto li convince che, se il manico dell'ascia è omogeneo, la forza peso si potrà pensare applicata nel punto medio del manico.

Quindi il diagramma delle forze sarà il seguente:



Supponiamo che la massa del ferro sia $m_1 = 1,3 \text{ kg}$, e che il manico, di massa $m_2 = 1,1 \text{ kg}$, sia lungo $l = 90 \text{ cm}$. Quanto valgono le forze F_1 e F_2 che Alberto esercita con le sue braccia, supponendo che egli abbia la mano destra a 30 cm dall'estremità su cui è fissato il ferro?

Sappiamo che l'intensità di F_1 è la somma delle intensità di P_1 , P_2 e F_2 .

Si tratta di trovare l'intensità di F_2 , cioè della forza con cui Alberto spinge l'estremità del manico.

Se considerassimo il manico come una leva, e l'estremità opposta al ferro come fulcro, per tenere la leva in equilibrio, i momenti delle forze calcolati rispetto a quella estremità dovrebbero avere somma nulla.

$$M_1 = P_1 \cdot l$$

$$M_2 = F_1 \cdot \frac{2}{3}l = (P_1 + P_2 + F_2) \cdot \frac{2}{3}l$$

$$M_3 = P_2 \cdot \frac{1}{2}l$$

Infine il momento della forza F_2 è nullo, perché il braccio è nullo.

Il momento di forza M_2 avrà segno opposto agli altri perché tenderebbe a far ruotare il manico dell'ascia in verso opposto a quello prodotto dagli altri momenti. Quindi:

$$P_1 \cdot l - (P_1 + P_2 + F_2) \cdot \frac{2}{3}l + P_2 \cdot \frac{1}{2}l = 0$$

Si osserva che l si può semplificare (il calcolo che facciamo vale per manici di qualsiasi lunghezza). Si vuole ricavare il valore di F_2 :

$$P_1 - \frac{2}{3}P_1 - \frac{2}{3}P_2 + \frac{1}{2}P_2 - F_2 \cdot \frac{2}{3} = 0$$

da cui:

$$F_2 = \frac{3}{2} \left(\frac{1}{3}P_1 - \frac{1}{6}P_2 \right) = \frac{1}{2}P_1 - \frac{1}{4}P_2 = 3,67 \text{ N}$$

Per il calcolo della forza esercitata dalla mano destra:

$$F_1 = P_1 + P_2 + F_2 = 1,3 \text{ kg} \cdot 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} + 1,1 \text{ kg} \cdot 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} + 3,67 \text{ N} = 27,2 \text{ N}$$

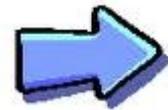


Dopo il cammino

In laboratorio invece si svolgono i seguenti due esperimenti:

- **Misura della densità del legno di sambuco** e verifica sperimentale del valore della densità del legno di faggio.
- **Misura della densità del sasso di marmo** che ogni studente ha preso nella cava.

Il primo esperimento è svolto a classe completa, il secondo da ciascuno personalmente.



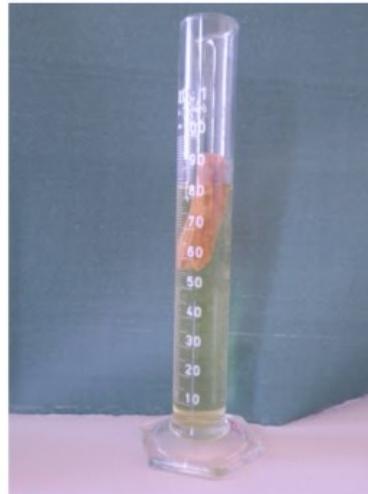
DENSITÀ DEL LEGNO DI SAMBUCO

Il legnetto di sambuco viene inserito in un cilindro graduato vuoto.



Rispetto alla graduazione del cilindro, il legno ha altezza $h = 41$ unità.

Quando si versa acqua (leggermente colorata con colorante alimentare) nel cilindro, si osserva che il cilindretto resta immerso solo parzialmente in acqua.



La parte di cilindro immersa corrisponde ad un'altezza $h_1 = 29$ unità.

Questi dati ci servono per calcolare la densità del legno di sambuco.

Il principio di Archimede ci assicura che il cilindretto di sambuco riceve una spinta verso l'alto uguale al peso di un volume di acqua uguale al volume immerso. Se indichiamo con S la sezione del cilindretto, il volume immerso è $S \cdot h_1$, quindi:

$$S_A = S \cdot h_1 \cdot d_a \cdot g$$

essendo d_a la densità dell'acqua e g la costante che permette di passare dalla massa al peso.

Il peso del cilindretto di sambuco è:

$$P = S \cdot h \cdot d_s \cdot g$$

essendo d_s la densità del sambuco.

La spinta di Archimede e il peso del legnetto hanno la stessa intensità, perché si fanno equilibrio, quindi:

$$S \cdot h_1 \cdot d_a \cdot g = S \cdot h \cdot d_s \cdot g$$

Da cui si ricava semplificando:

$$d_s = \frac{h_1 \cdot d_a}{h}$$

E, sostituendo i valori numerici:

$$d_s = \frac{29u \cdot 1 \frac{g}{cm^3}}{41u}$$

Gli studenti possono osservare come l'unità di misura della graduazione del cilindro sia irrilevante ai fini del calcolo della densità.

DENSITÀ DEL LEGNO DI FAGGIO

Il calcolo della densità del legno di faggio è stato svolto in un esercizio per casa, che è stato poi corretto in classe. Si è ottenuta una densità del legno di faggio di pochissimo inferiore a $1 \frac{g}{cm^3}$.

Si approfitta della sessione in laboratorio per tuffare in acqua il legno di faggio, come verifica dei calcoli fatti a casa:



Il legno rimane quasi del tutto immerso in acqua.





Verifiche degli apprendimenti:

Nel corso di questa attività le modalità di lavoro più utilizzate sono:

- Discussione d'aula, per fare proposte, comunicare idee, presentare obiezioni, formulare domande. Il ruolo degli adulti in questa fase è moderare, riportare il discorso all'obiettivo, nel caso se ne allontani, tirare qualche conclusione parziale e mettere a fuoco quello che ancora manca.
- Lavoro in piccoli gruppi, per favorire la partecipazione di chi si possa sentire intimorito dalla discussione in plenaria oppure per svolgere consegne che permettano di conseguire risultati parziali
- Lavoro di gruppo in laboratorio di fisica.
- Riflessione personale e approfondimento a casa, anche mediante l'esecuzione di esercizi assegnati.

Verifiche degli apprendimenti:

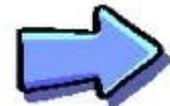
Docente e tirocinante focalizzano l'attenzione :

- Sul livello di impegno e attenzione dello studente;
- Sulla capacità dello studente di porre domande significative (spesso una buona domanda è migliore di una buona risposta);
- Sulla capacità dello studente di interagire e collaborare con i compagni;
- Sulla capacità dello studente di trovare relazioni e analogie fra ciò che si sta indagando e altre parti della disciplina o di altre discipline;
- Sulla capacità dello studente di trovare relazioni e analogie fra ciò che si sta indagando e aspetti della vita quotidiana;
- Sulla capacità di riconoscere ed esprimere la difficoltà a capire un concetto;
- Sulla capacità di organizzare il lavoro;
- Sulla capacità di esprimere valutazioni anche di tipo estetico o affettivo rispetto agli argomenti di indagine

Verifiche degli apprendimenti:

Oltre alle “osservazioni sul campo”, vengono proposte due verifiche:

- Una **verifica scritta**, svolta in classe
- Una **prova di laboratorio** svolta in gruppi, seguita da una relazione personale, letta e valutata.



COMPITO DI FISICA
classe 1 G
28 maggio 2015

Risolvi i seguenti esercizi, nell'ordine che preferisci, ma con ordine e specificando chiaramente quale esercizio stai affrontando. Il compito deve essere scritto a penna, eccetto eventuali grafici e disegni. Non è ammesso l'uso del bianchetto.

1. Nel corso della nostra camminata nel bosco abbiamo cercato di stimare il peso di un faggio. Abbiamo immaginato il fusto dell'albero come un grande tronco di cono, di cui però non conoscevamo le misure. Ci siamo serviti di due singolari unità di misura per darne una stima: i tir_1 e i tir_2

- (a) il tir_1 corrisponde all'altezza del tirocinante con un braccio alzato. Sappiamo che $1tir_1 = 2,5m$;
 (b) il tir_2 corrisponde all'apertura delle braccia del tirocinante. Sappiamo che $1tir_2 = 1,86m$;
 (c) in laboratorio abbiamo misurato la densità del legno di faggio, che è di $0,98 \frac{g}{cm^3}$.

Se il faggio che abbiamo esaminato è alto circa $8tir_1$ e alla base ha una circonferenza di $0,5tir_2$, mentre il diametro sommitale è di 22 cm, calcola il peso del fusto del faggio.

2. Dalla nostra gita abbiamo portato a casa anche un cilindretto di legno di castagno.

Vogliamo calcolare la densità di quel legno e a tal fine abbiamo preso alcune misure:

- (a) con un righello abbiamo misurato quattro valori del diametro, ottenendo le seguenti misure (in cm):

$$(6,6 \pm 0,2) \quad (7,0 \pm 0,2) \quad (7,0 \pm 0,2) \quad (6,9 \pm 0,2)$$

- (b) con un righello abbiamo misurato otto valori dell'altezza del cilindretto (misure prese "facendo il giro" della base), per calcolarne l'altezza media; abbiamo ottenuto le seguenti misure (in cm):

$(3,2 \pm 0,2)$	$(3,5 \pm 0,2)$	$(3,4 \pm 0,2)$	$(3,4 \pm 0,2)$	$(3,4 \pm 0,2)$	$(3,3 \pm 0,2)$	$(3,0 \pm 0,2)$	$(2,9 \pm 0,2)$
-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------

- (c) abbiamo pesato il cilindretto sulla bilancia:



Con questi dati, calcola la densità del legno di castagno.

3. Si immerge il cilindretto di castagno in acqua, e si misura l'altezza della parte emersa. Poiché il profilo del cilindretto non è regolare, si misurano l'altezza minima emersa e l'altezza massima emersa, ottenendo $h_{min} = 0,6cm$ e $h_{max} = 1,2cm$. Calcola, basandoti su questi valori, la densità del legno e verifica se la misura trovata è compatibile con quella trovata nell'esercizio precedente.

4. La foto qui sotto mostra il cilindretto di castagno immerso in acqua.



Secondo te è possibile stabilire la densità del legno a partire da questa sola immagine?

Alcune verifiche degli alunni

esercizio 1)

Per trovare il peso del foggio devo trovare la sua
messa e moltiplicare per la forza di gravità g .

Per trovare la massa mi trovo il volume,
usando la formula del tronco di cono

$$V = \frac{1}{3} \pi h (R^2 + Rr + r^2)$$

Ho calcolato il raggio di base R fornendo l'equivalente

$$0,5 \text{ m} \cdot 2 = 0,5 \cdot 1,86 \text{ m} = 0,43 \text{ m} \text{ pi diviso per } 252 \text{ così}$$

trovo il raggio R

$$R = \frac{0,43}{252} \text{ m} \quad \text{troppo cifre decimali}$$

$$R = 11 \text{ cm} = 0,11 \text{ m}$$

Calcolo l'altezza dell'oblio

$$h = 8 \cdot 2,5 \text{ m} = 20 \text{ m}$$

Alcune verifiche degli alunni

$$V = \frac{1}{3} \tilde{H} \cdot 20 \text{ m} (0,148^2 \text{ m}^2 + 0,128 \text{ m} \cdot 0,11 \text{ m} + 0,11^2 \text{ m}^2)$$
$$= 1,053 \text{ m}^3$$

Quindi $m = d \cdot V = 0,98 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 1,053 \text{ m}^3$

faccio l'equivalenza

$$0,98 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 0,98 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} = 980 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$m = d \cdot V = 980 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 1,053 \text{ m}^3 = 1031,94 \text{ kg}$$

Poi moltiplico per g e trovo il peso

$$P = 1031,44 \text{ kg} \cdot 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 10113 \text{ N}$$

Alcune verifiche degli alunni

Esercizio 2

~~Es~~ Trova il valore medio del diametro, usando come incertezza la semidispersione tra le misure:

$$\frac{6,6 + 7,0 + 7,0 + 6,9}{4} \text{ cm} = 6,88 \text{ cm}$$

Perché le misure ~~sono~~ sono state prese con la precisione di una cifra dopo la virgola, faccio l'approssimazione a 6,9 cm

Calcolo la semidispersione, cioè la metà della differenza tra la misura maggiore e la misura minore: $\frac{7,0 \text{ cm} - 6,6 \text{ cm}}{2} = \frac{0,4 \text{ cm}}{2} = 0,2 \text{ cm}$

Quindi il diametro del cilindretto è $(6,9 \pm 0,2) \text{ cm}$ e il raggio è $(3,5 \pm 0,1) \text{ cm}$.

Calcolo l'altezza del cilindretto facendo la media tra le varie altezze misurate e poi la semidispersione.

$$\frac{3,2 + 3,5 + 3,4 + 3,4 + 3,3 + 3,0 + 2,9}{8} \text{ cm} = \frac{23,8}{8} \text{ cm} = 2,975 \text{ cm} \approx 3,0 \text{ cm}$$

$$\text{La semidispersione è } \frac{3,5 \text{ cm} - 2,9 \text{ cm}}{2} = \frac{0,6 \text{ cm}}{2} = 0,3 \text{ cm}$$

Quindi l'altezza è $(3,3 \pm 0,3) \text{ cm}$

Trovo il volume massimo:

$$V_{\text{Max}} = \pi r_{\text{max}}^2 \cdot h_{\text{max}} = \pi (3,6 \text{ cm})^2 \cdot 3,6 \text{ cm} = 146,56 \text{ cm}^3$$

Trovo il volume minimo:

$$V_{\text{Min}} = \pi r_{\text{min}}^2 \cdot h_{\text{min}} = \pi (3,4 \text{ cm})^2 \cdot 3,0 \text{ cm} = 108,95 \text{ cm}^3$$

Il valore del volume medio è $\frac{V_{\text{min}} + V_{\text{max}}}{2} = 127,78 \text{ cm}^3$

L'incertezza del volume è $\frac{V_{\text{max}} - V_{\text{min}}}{2} = 18,80 \text{ cm}^3$

Quindi il volume del cilindro è $V = (127,78 \pm 18,80) \text{ cm}^3$

La massa del cilindretto è $(82,8 \pm 0,1) \text{ g}$, perché la bilancia ha sensibilità di 0,1 g

Alcune verifiche degli alunni

Calcolo la densità massima e la minima:

$$d_{\max} = \frac{m_{\max}}{V_{\min}} = \frac{82,9 \text{ g}}{108,95 \text{ cm}^3} = 0,76 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$d_{\min} = \frac{m_{\min}}{V_{\max}} = \frac{82,7 \text{ g}}{146,36 \text{ cm}^3} = 0,56 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Allora la densità del legno di castagno sarà $(0,66 \pm 0,10) \text{ g/cm}^3$

Esercizio 3

Il ragionamento che si deve fare è simile a quello che abbiamo usato per il legno di sambuca, quindi si trova il ~~valore~~ valore medio dell'altezza della parte di cilindro emerso, che sarà 0,9 cm.

La parte immersa sarà $3,3 \text{ cm} - 0,9 \text{ cm} = 2,4 \text{ cm}$

Se si fa il rapporto tra 2,4 e 3,3 cm, che è l'altezza totale del cilindro, si ottiene la densità: $\frac{2,4}{3,3} = 0,72 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ che rientra in quello che abbiamo ~~trovato~~ visto nell'esercizio 2.

Esercizio 4

Secondo me no, perché si vede che quando c'è l'acqua il tronchetto sembra più largo, e allora potrebbe anche essere più larga l'altezza, per cui dalle fotografie non si può dire.



Verifica di laboratorio

PROVA DI LABORATORIO DI FISICA

classe 1 G

29 maggio 2015

Si chiama grammatura di un foglio di carta il rapporto fra massa e superficie del foglio. I fogli che usate per il disegno tecnico hanno una grammatura di $\frac{220g}{m^2}$.

Sul bancone avete una risma di carta da fotocopie, presa dalla stamperia. Come potete leggere sulla carta che avvolge il pacco, la grammatura dei fogli è di $\frac{80g}{m^2}$.

Vogliamo fare un esperimento per verificare l'attendibilità di questa informazione.

Organizzate in gruppo l'esperimento. Dovrete scegliere voi gli strumenti di misura che vi sono necessari (li potete chiedere alla prof o ad Albino).

Avete quaranta minuti di tempo per svolgere l'esperimento e acquisire i dati.

Nell'ora successiva, in classe, scriverete la relazione su questa attività.

Per favore, prendete dalla risma solo la carta che vi serve, lasciando il più possibile inalterato il pacco, per poterlo poi riutilizzare per le fotocopie.



Alcune relazioni degli alunni

Relazione Fisica → grammatura della carta.

16 GRUPPO 3-F

• Obiettivi: misurare e calcolare trovare la grammatura di un foglio (lo spessore del foglio (la densità del foglio))

• Strumenti: righello, bilancia, calibro, foglio (grammatura 80 g/m^2)

• Procedimento: abbiamo misurato la massa di un foglio, ^{con la bilancia, e l'area del foglio} con la sua area, ^{con il righello} e lo spessore del foglio ^{con il calibro}.

• Dati: foglio → $m = (1,96 \pm 0,01) \text{ g}$
 ↳ $l_1 = (29,6 \pm 0,2) \text{ cm}$
 ↳ $l_2 = (21,0 \pm 0,2) \text{ cm}$

• Relazione dati: Abbiamo calcolato l'area del foglio per poi trovare il rapporto tra massa e area del foglio, ovvero la grammatura della carta di cui è costituito il foglio

$$A = (l_1 \pm \Delta l_1) \text{ cm} \cdot (l_2 \pm \Delta l_2) \text{ cm} = 29,6 \cdot 21,0 \pm (29,6 \cdot 0,2 + 21,0 \cdot 0,2) \text{ cm}^2$$

$$= (621,6 \pm 10,1) \text{ cm}^2 = (0,06216 \pm 0,00101) \text{ m}^2$$

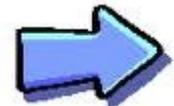
↳ abbiamo cambiato unità di misura per calcolarci il rapporto tra $\frac{\text{g}}{\text{m}^2}$

$$\frac{m}{A} = \frac{(1,96 \pm 0,01) \text{ g}}{(0,06216 \pm 0,00101) \text{ m}^2} = \left(\frac{1,96}{0,06216} \right) \pm \frac{1,96}{0,06216} \left(\frac{0,01}{1,96} \pm \frac{0,00101}{0,06216} \right) \frac{\text{g}}{\text{m}^2}$$

$$= (79,799 \pm 1,457) \frac{\text{g}}{\text{m}^2}$$

↓

la grammatura del foglio, cm ed viene moltiplicato



Alcune relazioni degli alunni

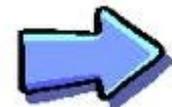
PROCEDIMENTO: INERTEZZA BILANCIA: 0,01 g

SAPENDO CHE LA L'UNITA' DI MISURA DELLA QUANTITA' DI UN FOGLIO E' g/cm^2 ABBIAMO DECISO DI SERVIRCI DI UNA RIGA E DI UNA BILANCIA. ABBIAMO MISURATO I LATI DEL FOGLIO E QUINDI ABBIAMO TROVATO L'AREA DI ESSO, POI L'ABBIAMO PESATO E QUINDI TROVATO LA SUA MASSA. NON AVENDO A DISPOSIZIONE UN METRO QUADRO DI FOGLIO ABBIAMO FATTO IL RAPPORTO ^{LA MASSA} ~~TRA~~ ~~AREA~~ DEL FOGLIO E LA SUA ^{AREA} ~~MASSA~~, IL QUALE DOVEVA ESSERE UGUALE AL RAPPORTO ~~TRA~~ $1 m^2$ E LA SUA MASSA:

$$(0,06 \pm 0,01) m^2 : (1,96 \pm 0,01) g = 1 m^2 : X$$
$$X = (82,66 \pm 13,96) g$$

~~POI ABBIAMO TROVATO LA MASSA DI UN FOGLIO DI CARTA~~
DOPO AVER TROVATO LA MASSA DI $1 m^2$ DI CARTA ABBIAMO TROVATO LA QUANTITA' $(82,66 \pm 13,96) g/m^2$

↓
DIVIDENDO LA MASSA TROVATA PER $1 m^2$



Alcune relazioni degli alunni

ATTIVITÀ IN LABORATORIO 3/06/15

Gruppo n°5 ⇒ componenti:

Obiettivi: trovare la grammatura di un foglio e la sua spessore.

Materiale: foglio, bilancia, righello ~~millimetrico~~ millimetrato, calibro.

Procedimento: Al fine di misurare la grammatura di un foglio, abbiamo ^{misurato} ~~calcolato~~ i suoi lati ~~misurati~~ con un righello, poi calcolato anche la sua Area, ovvero la superficie (m^2).
~~Quindi~~ Quindi abbiamo misurato la massa del foglio avvalendoci di una bilancia elettronica. Infine abbiamo calcolato la sua grammatura avvalendoci della formula \rightarrow massa/superficie.

Per misurare il suo spessore invece abbiamo pensato di trovare dapprima l'altezza di una risma di fogli (da cui ~~ne~~ erano stati tolti alcuni destinati ai vari gruppi) e poi diviso l'altezza per il n° dei fogli rimasti così da trovare lo spessore di un unico foglio.

$h_r =$ altezza risma

Dati: lato₁ = $(29,7 \pm 0,2)$ cm
 lato₂ = $(21,0 \pm 0,2)$ cm
 massa = $(4,99 \pm 0,01)$ g
~~h_r =~~ $h_r = (55,00 \pm 0,05)$ mm
 n° fogli = 491

laborazione dati:

- per trovare l'area o superficie di un foglio (rettangolare) abbiamo moltiplicato i suoi due lati (lato₁ e lato₂)
 $\Rightarrow A_{\text{foglio}} = \text{lato}_1 \cdot \text{lato}_2 \Rightarrow (29,7 \pm 0,2) \text{ cm} \cdot (21,0 \pm 0,2) \text{ cm} =$
 $= (623,7 \pm 10,1) \text{ cm}^2 \rightarrow (0,062 \pm 0,001) \text{ m}^2$

- poi per trovare la grammatura del foglio in questione, ~~calcolato~~ (massa/superficie)
 $\Rightarrow G = \frac{m}{A} = \frac{(4,99 \pm 0,01) \text{ g}}{(0,062 \pm 0,001) \text{ m}^2} = (80,5 \pm 1,5) \text{ g/m}^2$

- per trovare lo spessore di un foglio abbiamo diviso l'altezza di una risma ~~per~~ per il n° dei fogli

$$\text{spessore } e = \frac{h_r}{n} = \frac{(55,00 \pm 0,05) \text{ mm}}{491} = (0,1120 \pm 0,001) \text{ mm}$$

Conclusioni = esaminando i valori ottenuti abbiamo trovato che:

- la grammatura del foglio è $(80,5 \pm 1,5) \text{ g/m}^2$
- lo spessore di un foglio è $(0,1120 \pm 0,001) \text{ mm}$



Risultati ottenuti

Un bilancio dei risultati ottenuti non è registrabile nell'immediato, data la peculiarità dell'attività, ma si possono fare alcune osservazioni:

- Nella pratica laboratoriale scolastica l'esperimento è codificato, e si sa che deve andare a finire in un certo modo. In questo caso, invece, l'esito degli esperimento non era noto a priori. Gli studenti hanno quindi potuto percepire cosa significhi progettare una ricerca, dovendo anche scegliere le procedure e i materiali necessari.
- Le domande poste, nella loro semplicità, hanno stimolato un atteggiamento creativo anche in alcuni ragazzi che non hanno un gran profitto in matematica e in fisica.
- Si è potuto sperimentare come a volte sia necessario inventarsi degli strumenti matematici per risolvere problemi inerenti la fisica.
- Si è verificato quanto sia importante saper fare stime delle grandezze fisiche e come sia facile sbagliarsi di grosso.

Aspetti critici o negativi

Il maggiore rischio che si corre è quello di una mancanza di approfondimento delle conoscenze e di una certa episodicità. Il fatto che la “fisica in cammino” abbia spesso sostituito un'attività di stima ad un'attività di misura lascia il dubbio che si sia fatta una fisca “alla buona”, in contrasto con quell'insistenza sulla precisione che si era affermata lungo tutto il corso dell'anno.

Occorre ribadire che l'obiettivo dell'attività era quello di mostrare come ci si possano fare domande di fisica in tanti contesti, anche camminando in un bosco, e che apprendere la fisica non è solo studiare il libro e svolgere esercizi, ma fare domande sensate e cercare di trovare le risposte giuste.

Affinché l'esperienza della “fisica in cammino” non rimanga circoscritta ai tre giorni di gita, è importante riprendere gli argomenti affrontati o anche solo sfiorati sui sentieri apuani per collocarli correttamente nel contesto disciplinare.

Risultati ottenuti

(analisi critica in relazione agli apprendimenti degli alunni)

- Quasi tutti gli alunni sono in grado di progettare un semplice percorso di misura (della densità del legno, della grammatura della carta), scegliendo gli strumenti idonei, e sono anche in grado di effettuare le misure in modo accettabile, assegnando il valore corretto all'incertezza.
- Di fronte ad “inconvenienti” da ricondurre ai vincoli materiali (risma troppo pesante rispetto alla portata della bilancia, sasso troppo grosso per entrare nel cilindro graduato), un piccolo gruppo di studenti non riesce a procedere, mentre la maggior parte è in grado di superare la difficoltà scegliendo strade alternative.
- Alcuni studenti “che ci hanno preso gusto” vanno oltre le richieste dei docenti e si pongono ulteriori domande o ipotesi di lavoro sia a livello teorico che in laboratorio.

Risultati ottenuti

(analisi critica in relazione agli apprendimenti degli alunni)

- La difficoltà linguistica, segnalata in questi anni come emergenza nazionale, è confermata sia dai dialoghi svolti in classe, sia dalle relazioni sull'attività di laboratorio, enfatizzando ancora una volta la necessità di continuare ad operare nella direzione del corretto uso della lingua italiana anche in contesto scientifico.
- L'attività ha ricadute positive anche sulla matematica, perché le pur poche attività di algebra o geometria svolte all'interno di questa esperienza contribuiscono a dare una motivazione concreta a procedure e operazioni percepite spesso come prive di senso.
- Le competenze sviluppate in questa attività non sono solo cognitive, ma anche sociali, cooperative e progettuali, e segnalano un miglior disposizione degli studenti nei confronti della fisica.

Valutazione dell'efficacia del percorso didattico

Spesso nel linguaggio “didattichese” si usa la metafora del cammino: “percorso didattico”, “valutazione in itinere”....

In questa attività il cammino è stato un'esperienza reale.

Lungo il sentiero sono stati osservati alcuni oggetti e sono state poste alcune domande (prima solo da parte di prof e tirocinante, poi le domande hanno iniziato a farle anche gli studenti).

Non a tutte le domande si è data immediata risposta: per alcune si è dovuto attendere il ritorno in classe e il passaggio in laboratorio, altre sono rimaste in sospeso per i prossimi anni.

Valutazione dell'efficacia del percorso didattico

L'esperienza non ha prodotto nuova conoscenza in senso stretto, ma ha rappresentato per gli studenti un'occasione importante di riflessione sul significato della conoscenza scientifica. Oggetti quotidiani e apparentemente semplici come alberi e sassi sono diventati gli strumenti di un laboratorio collocato al di fuori dell'edificio scolastico, che ha permesso ai ragazzi di appropriarsi più profondamente di ciò che già avevano imparato nel corso delle lezioni scolastiche.

Le loro future conoscenze in ambito fisico non avranno probabilmente come teatro un sentiero di montagna o una cava, ma dell'esperienza svolta rimarrà loro l'idea che per capire il mondo che abbiamo intorno occorre osservare, farsi e fare domande e dotarsi degli strumenti per cercare le risposte.