

Potenziamento di fisica per il biennio

Schede di laboratorio
per attività divertenti
per allievi intelligenti

Anno scolastico 2011-12
Prof. Tiziana Segalini
Liceo Ariosto-Spallanzani

Lista degli argomenti/esperienze

Le due liste che seguono, una per le classi prime e una per le classe seconde, sono molto poco definite. Sono suscettibili di integrazioni (soprattutto di esperienze di scienze che risultano per forza di cose poco rappresentate) e di variazioni.

L'ordine dovrebbe coincidere con quello cronologico di proposta delle attività, ma è suscettibile di variazione in funzione della risposta dei gruppi di alunni.

Nella lista i riferimenti che leggerete accanto ad alcune esperienze si riferiscono alla gara di fisica da cui sono tratte:

GdA = Giochi di Anacleto, gara di fisica per il biennio comprendete parte teorica e esperienza in laboratorio

OdF = Olimpiadi della Fisica, gara di fisica per il triennio, le prove sperimentali sono tratte dalla gara nazionale che si svolge a Senigallia nel mese di aprile.

Classi prime

1. Studio della curva gaussiana dei tempi di oscillazione del pendolo composto
2. Una bilancia molto sensibile e spessore del foglio di alluminio (GdA 2010)
3. Pressione idrostatica e densità dell'olio (GdA 2006)
4. Studio della riflessione con il metodo degli spilli (GdA 2002)
5. Galleggiamento della provetta immersa in acqua (OdF, gara nazionale 2003)
6. "Un triangolo che batte il secondo", oscillazioni di un pendolo composto autocostruito (GdA 2007)
7. Oscillazioni della riga (GdA 2011)
8. Bilancia ad elastico
9. Una lente di ingrandimento: studio del fuoco di una lente e della formazione dell'immagine (GdA 2009)
10. Grafico di riscaldamento e punto di fusione di alcuni materiali
11. Calore latente di fusione ai alcuni materiali
12. Elettrolisi dell'acqua
13. Legge di Ohm (1)
14. Legge di Ohm (2)
15. Le tre leggi dei gas

GdA: Giochi di Anacleto

OdF: Olimpiadi della Fisica

Classi seconde

1. Studio della curva gaussiana dei tempi di oscillazione del pendolo composto
2. Galleggiamento della provetta immersa in acqua (OdF, gara nazionale 2003)
3. Pendolo composto usato come bilancia (OdF, gara nazionale 2002)
4. Allungamento elastici: molle in serie ed in parallelo
5. Studio della rifrazione con il metodo degli spilli
6. Una lente di ingrandimento: studio del fuoco di una lente e della formazione dell'immagine (GdA 2009)
7. Costruzione di un cannocchiale galileiano e di uno kepleriano
8. Grafico di riscaldamento e punto di fusione di alcuni materiali
9. Calore latente di fusione ai alcuni materiali
10. Calore specifico di alcuni metalli
11. Elettrolisi dell'acqua
12. Legge di Ohm (1)
13. Legge di Ohm (2)
14. Effetto Joule
15. Le tre leggi dei gas

GdA: Giochi di Anacleto

OdF: Olimpiadi della Fisica

Esperienza 1 studio della curva gaussiana dei tempi di oscillazione del pendolo composto

Scopo: osservare come la misura di una quantità fisica elementare (il periodo di oscillazione di un pendolo composto) porti a una distribuzione di frequenze che ben si adatta a una curva a “campana” o curva di Gauss

Materiali: pendolo composto, cronometro digitale, foglio elettronico.

Procedimento: si misura la durata di 10 oscillazioni di un pendolo composto.

Perché è necessario misurare dieci oscillazioni e non una???

Si annotano i valori misurati nel foglio elettronico e si calcolano la media dei valori misurati e la loro deviazione standard.

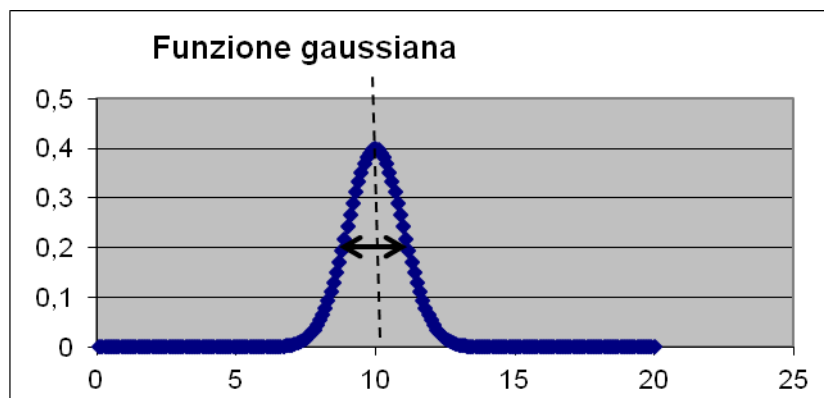
In formule:

la media dei tempi è $\langle t \rangle = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N}$;

la deviazione standard è $s = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^N (t_i - \langle t \rangle)^2}}{N}$

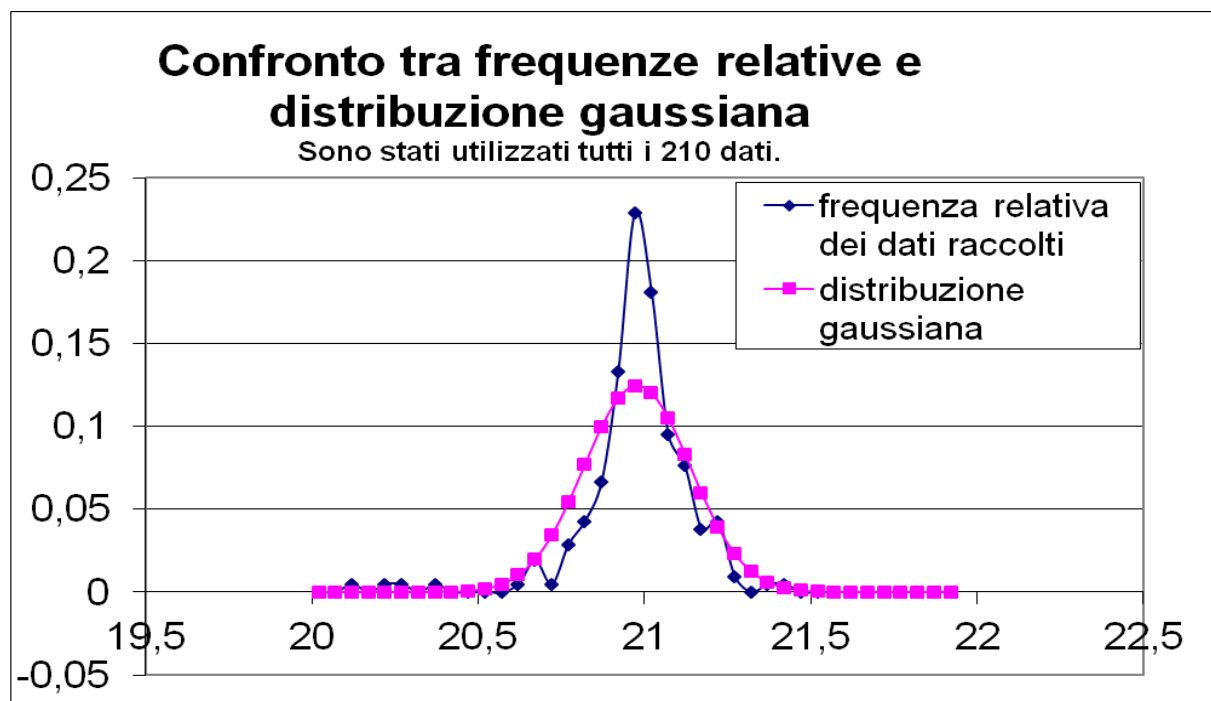
Calcoliamo le frequenze dei valori misurati, ovvero il numero di volte che otteniamo una determinata misura e disegniamo l’istogramma delle frequenze.

Lo confrontiamo con la curva a “campana” o di Gauss , che ha lo stesso valor medio (la curva è simmetrica rispetto ad un asse coincidente con il valor medio) e la stessa deviazione standard (la deviazione standard è la “larghezza” della curva a campana, più è alta la deviazione standard, più larga è la curva gaussiana). La curva riportata nel grafico sottostante ha media 10 e deviazione 1.



Si nota che la deviazione standard è la “larghezza” della curva a metà altezza del punto di massimo.

Questi invece sono i grafici ottenuti in una esperienza di laboratorio.



Si noti che nonostante il numero piuttosto alto di misure utilizzate per disegnare l'istogramma (210), l'accordo non è perfetto:

- l'istogramma delle frequenze reali è asimmetrico mentre la curva gaussiana è simmetrica rispetto alla media
- le frequenze reali dei valori vicini alla media sono superiori a quelli previsti dalla gaussiana.

Si può concludere che la distribuzione delle frequenze si avvicina ad una gaussiana, ma che solo “per un numero molto alto” di valori si sovrapporrà esattamente sulla curva a campana.

← Esperienza 2.1 Una bilancia molto sensibile e spessore del foglio di alluminio (GdA 2010) →

Scopo: si può pesare un granello di sabbia o un bruscolino di carta senza disporre di una microbilancia? La risposta è “sì” e bastano una cannuccia, un nastro millimetrato, qualche altro oggetto di uso comune e una certa abilità sperimentale. Con gli oggetti messi a disposizione potremo costruire una bilancia per determinare lo spessore del sottile foglio di alluminio che si usa in cucina. Questa quindi è una esperienza per mostrare che per misurare la massa non è sempre necessaria una sofisticata attrezzatura. L’esperienza è stata proposta come prova sperimentale nei Giochi di Anacleto (maggio 2010).

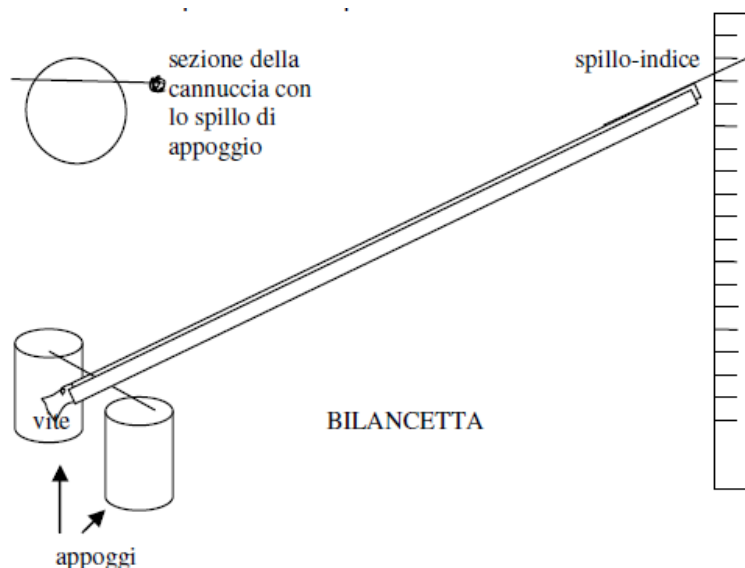
Materiali: cannuce da bibita, foglio di carta quadrettata (già pesato), foglio di alluminio (da pesare), fermagli da usare come contrappeso, carta millimetrata, spilli da sarta, stecca di legno con incollato il nastro millimetrato, bicchierini per l’appoggio della bilancia, righello millimetrato, carta, pennarello, nastro adesivo.

Procedimento: saranno consegnati dei fogli di carta quadrettata, annotiamo la massa complessiva dei fogli e la densità dell’alluminio ($2,70 \text{ g/cm}^3$).

Ora passiamo alla costruzione della bilancia: infiliamo il fermaglio ad una estremità della cannuccia, dovremmo essere in grado di spostare il fermaglio avanti ed indietro per regolare la posizione dell’indice, ma il fermaglio dovrebbe rimanere fermo durante le operazioni di misura. All’altra estremità della cannuccia fissiamo uno spillo in linea con essa.

Stimiamo la posizione del **centro di massa** della cannuccia (come si fa?) e, dopo averlo contrassegnato con un pennarello, infiliamo uno spillo perpendicolarmente alla cannuccia stessa all’altezza del centro di massa, ma sopra all’asse della cannuccia.

Appoggiando la cannuccia con lo spillo sul bordo dei due bicchierini, la cannuccia dovrebbe disporsi in **posizione di equilibrio** leggermente inclinata, avviciniamola all’asta graduata e misuriamo l’altezza della punta dello spillo che indica lo **zero** della bilancia.

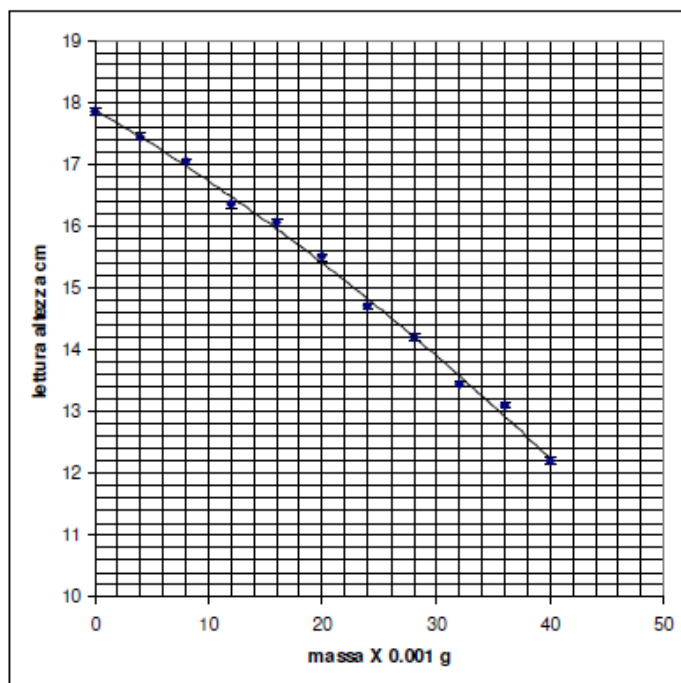


Attenzione: una volta tarata la bilancia, non bisogna spostare la bilancia o modificare l'assetto. Quindi occorre con la massima cura, non spostare il fermaglio e gli spilli e attenzione a prendere le misure evitando l'errore di parallasse.

Taratura della bilancia: l'angolo di inclinazione della cannuccia dipende dalle masse appoggiate ad essa. Prova a ritagliare quadretti di area nota (ad esempio 1 cm^2) dalla carta quadrettata, pesata in precedenza, infilali uno alla volta sullo spillo indice e misura ogni volta l'altezza raggiunta dallo spillo sull'asta graduata. La massa di ogni pezzetto di carta può essere calcolata, conoscendo la massa complessiva di un foglio di carta. Alla fine dovresti rappresentare su carta millimetrata la curva di taratura della bilancia: sull'asse orizzontale la massa dei pezzetti di carta e sull'asse verticale l'altezza della punta di spillo. A titolo di esempio riportiamo il grafico ottenuto dal gruppo di lavoro dei Giochi di Anacleto.

A questo punto siamo pronti all'ultima fase: usiamo la bilancina per determinare la massa di un quadratino di pellicola di alluminio. Ritagliamo uno o quadratini di alluminio di lato 1 cm e disponiamoli sulla punta dello spillo della bilancia e leggiamo il valore dell'altezza dello spillo. Confrontiamo la misura con la curva di taratura ottenuta in precedenza ed ecco abbiamo la massa m di $1, 2$ o 3 cm^2 di pellicola di alluminio.

Curva di taratura della bilancia



L'ultima parte è facile: sapendo l'area A della pellicola di alluminio pesata e la sua densità d stimiamo lo spessore s della pellicola.

La massa m è il prodotto di densità e volume e il volume è quello di un parallelepipedo di area di base A e altezza s : quindi $m = d \cdot A \cdot s$ e da qui si ricava che lo spessore s è

Esperienza 2.2 Galleggiamento della provetta in acqua (OdF, gara nazionale 2003)

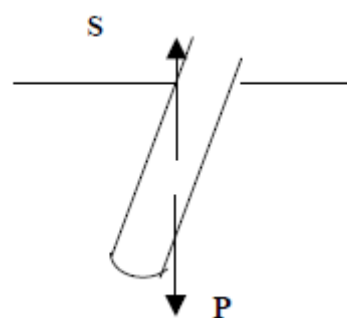
Scopo: questa esperienza è stata proposta come prova sperimentale alla gara finale nazionale delle Olimpiadi della Fisica nel 2003, è quindi un'esperienza piuttosto difficile e complessa a realizzarsi, ma riguarda alcuni argomenti di meccanica (equilibrio, spinta di Archimede) che affrontiamo nello studio della fisica del biennio. Inoltre l'esperienza si presta a essere svolta in parte evitando le parti più ostiche. L'obiettivo è studiare il galleggiamento di una provetta di vetro in acqua, appesantendola con pesetti di massa identica. La provetta affonderà sempre più: la lunghezza della parte immersa è correlata con il peso della provetta e delle passerelle aggiunte. Studiando le forze peso e spinta di Archimede, stabiliremo la massa del singolo pesetto e della provetta, il tutto senza bilancia!

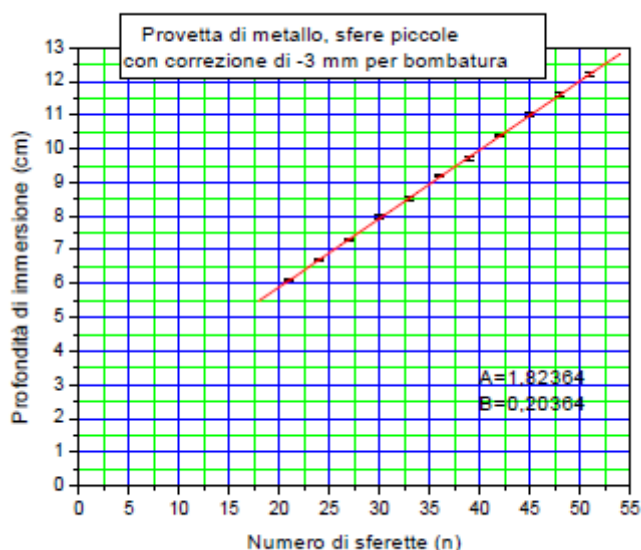
Materiali: acqua di rubinetto a temperatura ambiente entro recipiente cilindrico trasparente; provetta di vetro o plastica; scala graduata in mm; 40 / 50 sferette d'acciaio oppure dadi o "grani" metallici, tutti uguali tra di loro; filo di rame avente diametro 0,2 mm e lunghezza circa mezzo metro (serve per misurare il diametro della provetta); fogli di carta millimetrata e materiale da disegno.

Procedimento:

Studiamo il sistema costituito da un recipiente pieno d'acqua e da una provetta, di vetro o di metallo, zavorrata con un certo numero di sferette d'acciaio.

- 1) Determiniamo il numero minimo n_0 di pesetti che occorre introdurre nella provetta affinché essa galleggi in verticale. Se il numero di sferette n è minore di n_0 (ma non troppo!) la provetta galleggia, immobile, in posizione obliqua: illustriamo il perché di questo comportamento servendoci di una schematizzazione grafica.
- 2) Determiniamo sperimentalmente la relazione tra la profondità di immersione h della provetta e il numero n di pesetti introdotti nella provetta, con $n > n_0$; riportiamo in un grafico $h(n)$ i valori così ottenuti.





Ecco un esempio del grafico che si può ottenere dall'esperienza (dalle soluzioni della prova sperimentale 2003 della gara nazionale, elaborata dal gruppo di lavoro di Olifis).

Dimostriamo che la suddetta relazione può essere ricavata teoricamente, basandosi sulle leggi dell'idrostatica.

Il grafico mostra una chiara correlazione lineare tra il numero n di pesetti e la profondità h di immersione. Chiamiamo S la sezione trasversale della provetta, d la densità dell'acqua, m la massa di ognuno dei pesetti, M la massa della provetta e g l'accelerazione di gravità.

All'equilibrio della sferetta, il peso totale della provetta e degli n pesetti ($mg \cdot n + Mg$) è pari alla spinta di Archimede ovvero al peso dell'acqua spostata, approssimativamente contenuta in un cilindro avente come base la sezione della provetta e come altezza la profondità di immersione h ($Shdg$). Quindi l'equazione che collega la profondità di immersione e il numero dei pesetti è $Sdg \cdot h = mg \cdot n + Mg$ che rappresentata nel piano (n, h) è appunto una retta.

3) A questo punto possiamo (?) determinare la massa della provetta e la massa di una singola sferetta d'acciaio, entrambe in grammi. Ecco qualche suggerimento ...

Quanto vale la pendenza della retta? Come è collegata alla massa del singolo pesetto?

Quanto vale il termine noto della retta? Come è collegato alla massa della provetta?

Esperienza 3.1

Pressione idrostatica e densità dell'olio (GdA 2006)

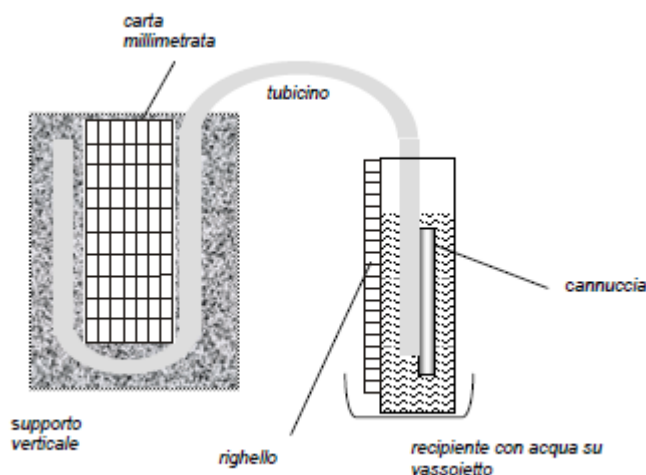
Scopo: studiare l'equilibrio dei liquidi e la pressione esercitata da una colonna di liquido alla base, determinare il rapporto tra le densità di due liquidi differenti.

Materiali: tubo ad U (in vetro o in materiale plastico trasparente), acqua (eventualmente colorata), olio, riga millimetrata.

Procedimento:

Si tratta di un'esperienza estremamente semplice, un'esperienza di laboratorio classica che è stata riproposta nell'edizione del 2006 dei Giochi di Anacleto.

Si scelgono due liquidi immiscibili tra loro, olio e acqua, olio e alcool, meglio se con densità ben differenti. Tutti sappiamo che le gocce d'olio galleggiano sulla superficie dell'acqua o dell'alcool perché la densità dell'olio è minore di quella degli altri due liquidi. Ma procediamo con ordine.



Per l'esperienza hai a disposizione un recipiente trasparente con dell'acqua e un tubicino di plastica piegato ad "U" fissato a un supporto verticale; l'estremo più lungo del tubicino è lasciato libero.

All'interno del tubo ad "U" versa un po' d'olio di oliva. Come puoi osservare, la superficie libera dell'olio, è allo stesso livello nei due rami del tubicino ad "U".

Però, se soffi appena appena ad un estremo del tubicino, questa maggior pressione dell'aria si trasmette tale e quale al liquido che la compensa esattamente alzandosi nel ramo che sta dall'altra parte.

Non soffiare troppo forte altrimenti l'olio può schizzare fuori.

I Domanda . Che cosa succede all'olio se immergi poco alla volta il tratto libero del tubicino nell'acqua della bottiglia?

All'aumentare della profondità dell'immersione aumenta la pressione sott'acqua. Questa pressione, dovuta al peso del liquido sovrastante, viene detta **pressione idrostatica**.

Per la **legge di Stevino** la pressione idrostatica in un punto sott'acqua è direttamente proporzionale sia alla profondità in cui si trova quel punto, sia alla densità dell'acqua.

Lo stesso discorso vale anche per l'olio. Inoltre la pressione idrostatica non dipende né dalla forma né dalle dimensioni del recipiente.

II Domanda . Per esercitare la stessa pressione alla sua base, una colonna di un liquido più denso dell'acqua dovrà avere un'altezza maggiore o minore di quella dell'acqua?

III Domanda . In base alle tue osservazioni (richieste al punto 1), puoi già dire se l'olio è più o meno denso dell'acqua. Perché?

IV Domanda . Quanto vale il rapporto tra la densità dell'olio e quella dell'acqua?
rapporto = densità olio / densità acqua

Per rispondere a quest'ultima domanda ci sono alcune operazioni da fare: ma prima leggi attentamente i seguenti suggerimenti ed osserva la fotografia del dispositivo riportata nel foglio precedente.

- Fissa il righello millimetrato in verticale lungo la bottiglia con l'elastico di gomma, in maniera che ti serva per misurare la profondità nell'acqua.
- Lega con due elastici la cannucchia parallelamente all'estremità del tratto libero del tubicino.

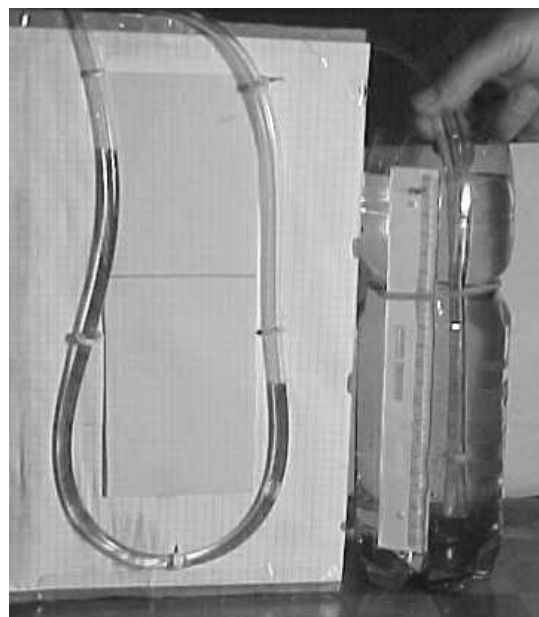
Così potrai immergerlo nella bottiglia mantenendolo vicino alla parete, in modo che sia più agevole la lettura della profondità nell'acqua.

- Poi fa' questa prova: inserisci un pezzettino di polistirolo nell'imboccatura dell'estremo libero del tubicino e immergi questo nell'acqua per pochi centimetri. Il piccolo galleggiante evidenzia a quale profondità si trova l'aria a contatto con l'acqua.

Sarà la pressione a questo livello quella che verrà trasmessa attraverso l'aria all'olio. Questo la compenserà esattamente con il dislivello tra i due rami.

Se il polistirolo restasse attaccato alla parete interna del tubicino, lo puoi staccare con il fermaglio da carta che avrai prima raddrizzato.

- Fissa la striscia di carta millimetrata al supporto verticale con il nastro adesivo, in modo che ti serva per misurare il dislivello nei due rami.
- Immergi ora la cannucchia con il tratto di tubicino dotato del galleggiante di polistirolo ad una data profondità e prendine nota. Facendo attenzione a non spostarli da quella profondità,



misura il dislivello tra le superfici libere dell'olio nei due rami del tubicino ad "U". Ripeti la misura cambiando la profondità almeno altre quattro volte, con profondità non inferiori a 50 mm.

- Sulla base delle misure effettuate, determina il rapporto richiesto tra la densità dell'olio e quella dell'acqua.

I risultati possono essere

- *riassunti in una tabella (come questa che ricavo dalla scheda di istruzioni per l'allestimento della prova dei Giochi di Anacleto)*
- *rappresentati in un grafico con profondità dell'acqua sull'asse orizzontale e dislivello dell'olio sull'asse verticale.*

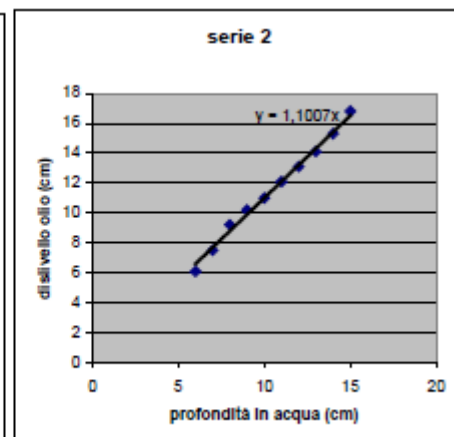
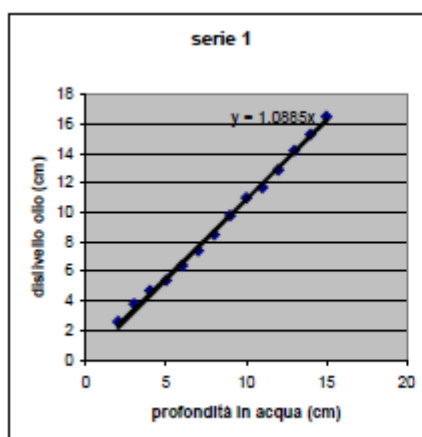
Nel primo caso si ottiene il rapporto della densità olio/acqua come

- **media dei rapporti dei valori delle due colonne della tabella,**

nel secondo caso il rapporto desiderato si ottiene come

- **reciproco della pendenza della retta.**

Risultati					
profondità in acqua(cm)	dislivello in olio(cm)		Profondità/Dislivello olio densità olio/densità acqua		
	Serie 1	Serie 2	Serie 1	Serie 2	incertezza %
2,0±0,2 (±10%)	2,6 ± 0,2		0,77		18 %
3,0±0,2 (±7%)	3,8		0,79		12 %
4,0±0,2 (±5%)	4,7		0,85		9 %
5,0±0,2 (±5%)	5,4		0,93		8 %
6,0±0,2	6,4	6,1± 0,2	0,94	0,98	7 %
7,0±0,2	7,4	7,5	0,95	0,93	6 %
8,0±0,2	8,5	9,2	0,94	0,87	5 %
9,0± 0,2	9,8	10,2	0,92	0,88	4 %
10,0± 0,2	11,0	11,0	0,91	0,91	4 %
11,0± 0,2	11,7	12,1	0,94	0,91	4 %
12,0± 0,2	12,9	13,1	0,93	0,92	3 %
13,0± 0,2	14,2	14,1	0,92	0,92	3 %
14,0± 0,2	15,3	15,3	0,92	0,92	3 %
15,0± 0,2	16,5	16,8	0,91	0,89	3 %



Risultato atteso?

$$0,91 \pm 0,02$$

Esperienza 3.2

Pendolo composto usato come bilancia (OdF, gara nazionale 2002)

Scopo: costruire un'altra bilancia, dopo aver "pesato" dei corpi guardando come affondavano una provetta, pesiamo i corpi appendendoli ad una riga che oscilla e osservando come cambia il periodo di oscillazione. È ancora un'esperienza proposta alla gara nazionale delle Olimpiadi della Fisica, quindi ne svolgeremo solo alcuni punti, i più facili ma anche i più interessanti. E soprattutto faremo l'esperienza, per cui è previsto un tempo di tre ore, in due parti.

Materiali: riga da disegno con supporto per sospenderla al bordo del bancone, coppie di dadi da bullone di massa nota (determinata con bilancia digitale), un dado da bullone, di massa incognita, cronometro digitale al centesimo di secondo, squadretta da disegno, forbici, pennarello, striscia di nastro adesivo e una di nastro biadesivo, carta millimetrata.

PARTE1

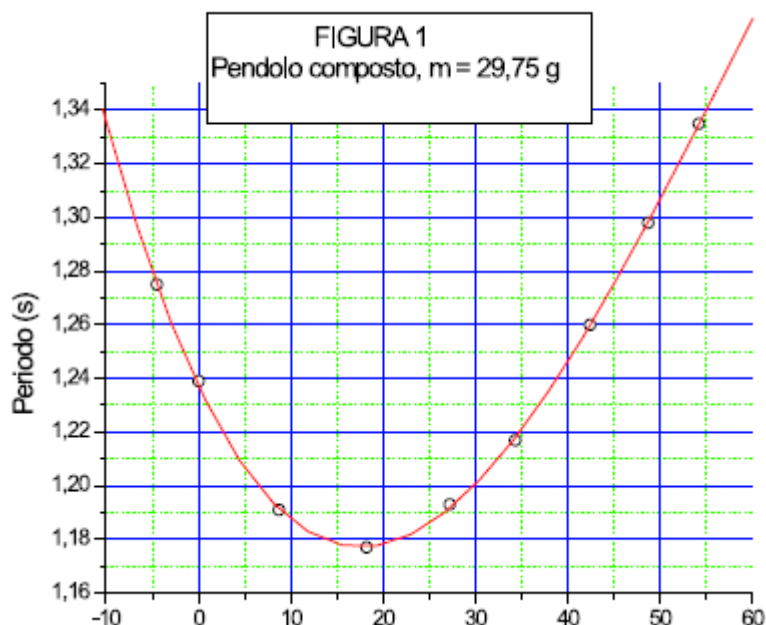
Procedimento : dopo aver appeso la riga da disegno al supporto fissiamo ad essa il dado di massa nota. Costruiamo in questo modo un pendolo composto, il cui periodo di oscillazione dipende dalla collocazione del centro di massa della riga e dalla posizione del dado da bullone.

- 1) Costruiamo un **grafico di taratura** del pendolo composto, determinando con una certa precisione il periodo di oscillazione in funzione della distanza ℓ del dado dal punto di sospensione della riga.

Consiglio1 : per ogni periodo, misurate almeno 5 volte la durata di una decina di oscillazione per abbassare l'errore percentuale della singola misura e fate la media dei valori così ottenuti (in questo modo stimerete anche l'incertezza delle vostre misure).

Consiglio 2: determinate il periodo per almeno 7 distanze diverse, in modo che possiate tracciare con precisione la curva interpolante tra i vostri punti sperimentali.

Nella pagina seguente un esempio di grafico di taratura (elaborato dal gruppo "Progetto Olimpiadi della Fisica") con una riga da disegno di lunghezza 60 cm e un dado di bullone di massa 29,75 g.



- 2) Ora considerate il grafico così costruito e determinate il valore del periodo T che si ottiene quando la curva interpolante interseca l'asse delle ordinate: che significato fisico ha questo valore ?

Confrontatelo con il periodo T_0 della riga "scarica" cioè libera di oscillare senza dado attaccato. Sono uguali i due valori oppure no? Perché??

- 3) Consideriamo ancora il grafico che abbiamo costruito: esiste un valore della lunghezza ℓ_1 in cui il periodo di oscillazione previsto T_1 coincide con quello della riga scarica T_0 ?

Se sì, prova a posizionare il dado esattamente in quella posizione: cosa noti?

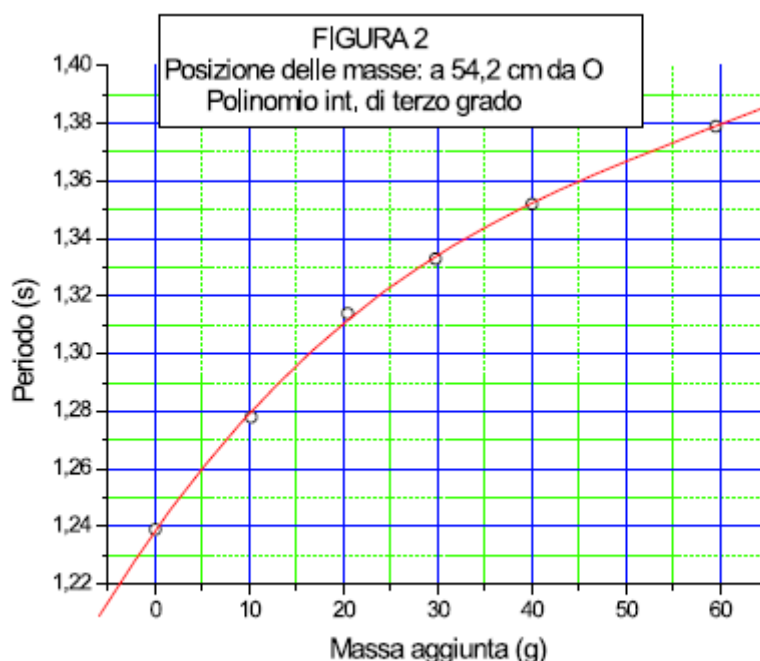
Prova adesso a posizionare nella stessa posizione un dado di massa diversa e trova sperimentalmente quanto vale il periodo con questo dado? Il periodo cambia rispetto a prima, perché ?

A questo punto dopo aver preso confidenza con il pendolo fisico siamo pronti ad usarlo come bilancia, ma questa è un'altra storia.

PARTE 2

Procedimento : nella prima parte abbiamo verificato che il periodo del pendolo dipende dalla posizione della massa del dado appeso e abbiamo visto che esiste una posizione dove mettere un dado non influenza il periodo del pendolo.

Ora dopo aver preso confidenza con il pendolo, servendoci della riga oscillante assieme ai dadi di massa nota che ci sono stati forniti, determiniamo una opportuna **curva di taratura** $T(m)$. La curva ci permetterà di ricavare con la migliore precisione consentita una massa



incognita.

Ecco un esempio di grafico di taratura costruito posizionando le masse a 54,2 cm dal punto di sospensione.

Attenzione: è possibile scegliere il punto dove posizionare le masse in modo arbitrario purché

- Non le mettiate troppo vicino al punto di sospensione, più siete lontani dal punto di sospensione più i periodi di oscillazione sono lunghi e facili da misurare.
- Non mettiate la massa alla distanza ℓ_1 che abbiamo determinato nella prima parte, perché in quel punto il periodo è **indipendente** dalla massa.

Notate come le masse utilizzate siano state scelte in modo da avere punti che riempiono in modo regolare l'intervallo da 0 a 60 grammi e sia così possibile tracciare la curva di taratura in modo affidabile.

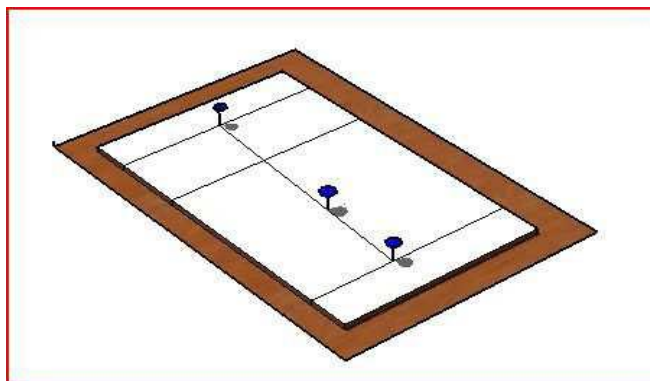
Esperienza 4.1

Studio della riflessione con il metodo degli spilli (GdA 2002)

Scopo: La luce procede in linea retta: per vedere un oggetto, i nostri occhi devono incontrare i raggi provenienti da esso, non vediamo più l'oggetto se un ostacolo opaco si frappone, ma se fra noi e l'oggetto il cammino del raggio luminoso viene "perturbato", può capitare di vedere l'oggetto dove non è. Si tratta di immagini "virtuali" create dal nostro cervello. Pensate alla vostra immagine nello specchio: il vostro cervello "vede" arrivare raggi di luce da dietro lo specchio e li forma l'immagine dell'oggetto. Ma sappiamo che i raggi sono stati deviati prima dallo specchio. L'esperienza proposta ci permette di studiare il percorso di una raggio di luce durante la riflessione su una superficie e poi di capire come cambia il percorso del raggio se spostiamo lo specchio.

Materiali: specchietto posizionato verticalmente rispetto al piano, piano d'appoggio di polistirolo, rivestito di carta millimetrata, spilli con capocchia colorata, matita e riga da disegno, goniometro.

Procedimento : studiamo il percorso della luce senza ostacoli. Posizioniamo uno spillo "oggetto" piantandolo verticale sul piano di polistirolo coperto di carta. ne mettiamo un altro e verifichiamo che un terzo spillo piantato in linea retta rispetto ai primi due ci impedisce di vedere il primo. Quindi la luce non può che viaggiare in linea retta. Se colleghi le posizioni in cui sono stati infissi i tre spilli otterrai la linea di "visione".

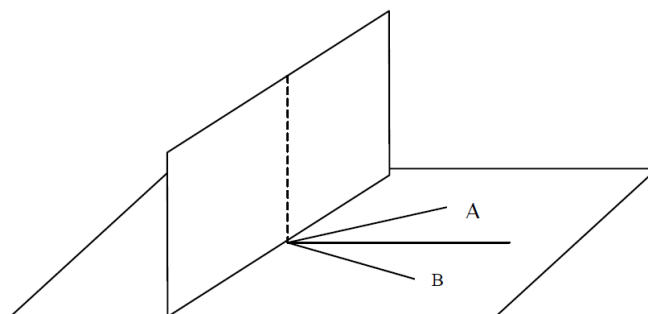


Come modifica la linea di visione la presenza di una superficie riflettente.

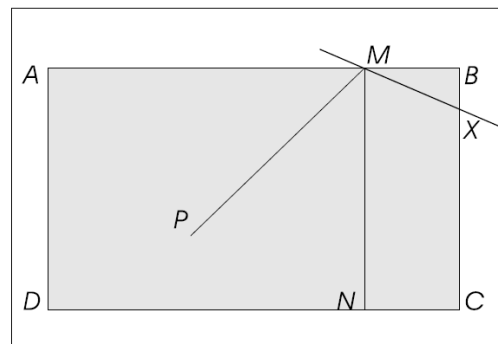
Ora poggia lo specchietto in modo che sia verticale rispetto al piano. Posizioniamo uno spillo di riferimento aderente allo specchietto lungo la linea tratteggiata del grafico, lo spillo "oggetto" da un lato dello specchietto (posizione A) ed andiamo a cercare la posizione B del terzo spillo in modo da vederlo allineato con lo spillo aderente allo specchietto e con l'immagine virtuale dello spillo "oggetto" nello specchio.

Il grafico è tratto da una scheda di laboratorio della sezione romana dell'AIF.

Ora segnate con la matita le posizione A e B, contrassegnatele con un numero. Poi spostate lo spillo "oggetto" e ritrovate la posizione B. Continuate in questo modo per 5 volte.



Traccia la linea PM e misura gli angoli $x = \widehat{MXB}$ e $y = \widehat{PMN}$. Ora ruota lo specchio, mantenendo inalterata la posizione M dove la linea disegnata sullo specchio cade sul piano (e controllando che lo specchio rimanga perfettamente verticale). Segna nuovamente la posizione X e controlla che ora lungo la linea di visione MN i due spilli non risultano più allineati.

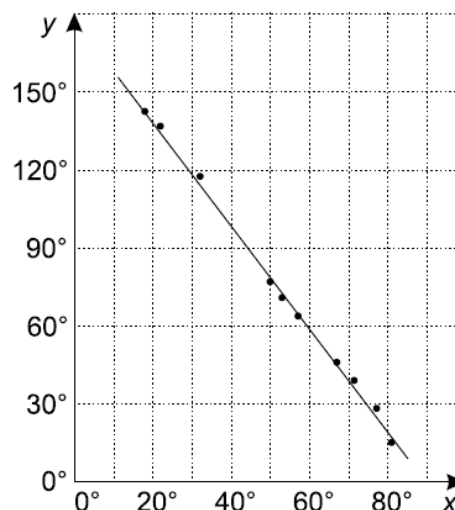


Occorre muovere lo spillo posto in P e trovare la nuova collocazione P' per vederlo allineato con quello posto in N (che rimane rigorosamente fisso). Disegnate nuovamente la linea P'M e misurate gli angoli x e y .

Prendete in questo modo 5/6 coppie di angoli. Tracciate il grafico cartesiano dei risultati così ottenuti, ponendo i valori di x e y sull'asse orizzontale e verticale, rispettivamente.

Il grafico accanto è stato elaborato dal gruppo che progetta i Giochi di Anacleto e illustra i risultati ottenuti durante le "prove" di questa esperienza. Notate che le coppie di valori misurati sono 10!

Se avete lavorato in modo accurato i punti raccolti dovrebbero adattarsi ad una retta.



Ora determinate per interpolazione l'ordinata del punto di intersezione della retta con l'asse verticale e la pendenza della retta.

Risultati attesi????

La retta dovrebbe avere equazione

$$y = -2x + 180$$

quindi la pendenza dovrebbe essere -2 e l'intersezione con l'asse verticale dovrebbe corrispondere a 180°.

Ultima sfida: spiegate perché la relazione tra i due angoli è proprio questa....

Esperienza 4.2

Allungamento elastici: molle in serie ed in parallelo

Scopo: giocare con le molle, studiare l'allungamento elastico delle molle e poi "metterle" insieme. Si possono mettere agganciare le due molle e costruire una molla lunga il doppio oppure mettere due molle una in parallelo all'altra. Come si allungheranno le due molle così agganciate?

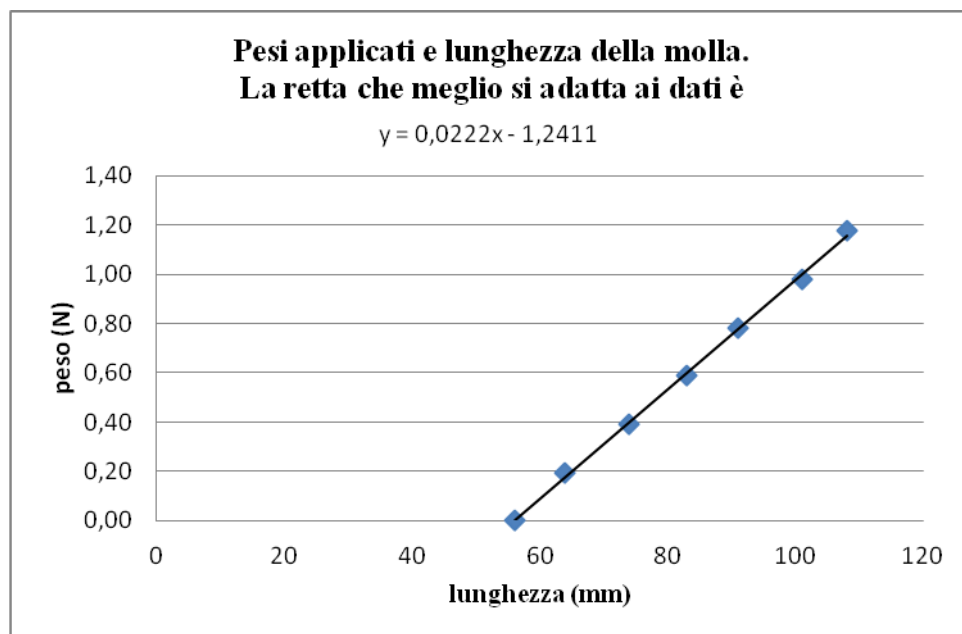
Materiali: set di molle, sostegni per appendere le molle, pesetti e dinamometri, riga millimetrata.

Procedimento : studiamo l'allungamento della molla.

Misuriamo la lunghezza della molla appesa al sostegno: è la lunghezza a riposo l_0 . Appendiamo alla estremità libera della molla un pesetto, dopo averne stabilito il peso, e misuriamo nuovamente la lunghezza l della molla. Procediamo in tal modo ottenendo almeno 6/7 misure differenti.

Tracciamo il grafico di taratura della molla: sull'asse verticale il peso degli oggetti agganciati alla molla, sull'asse orizzontale la lunghezza.

Di che tipo è la relazione tra le due grandezze? Verificate che si tratta di una correlazione lineare e determinate la pendenza della retta che meglio interpola i vostri dati.



Dovreste ottenere un grafico come quello nell'immagine, ottenuto in un'esperienza di laboratorio.

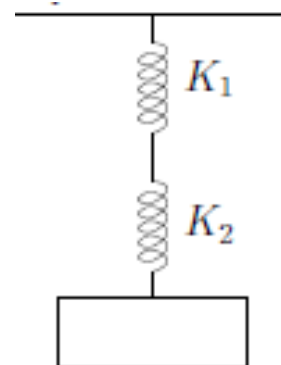
La pendenza della retta è la **costante elastica** k della molla: nel caso riprodotto la costante vale 0,022 N/mm cioè 22 N/m ovvero per allungare la molla di un metro occorrerebbe un peso di 22 N.

Attenzione a non applicare pesi eccessivi alla molla perché potrebbe deformarsi in modo permanente!

Ripetiamo l'esperienza per due molle, in modo da poter avere due molle di costanti elastiche note: K_1 e K_2 .

E adesso agganciamole assieme: possiamo farlo in due modi.

Nella figura accanto, si dice che le molle sono poste in "serie": l'allungamento complessivo delle due molle è la somma dei singoli allungamenti.

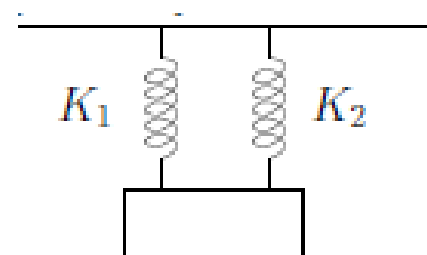


Oppure possiamo disporre le molle in "parallelo": il corpo appeso dovrebbe essere orizzontale se le due costanti elastiche non sono troppo differenti.

In questo caso la forza con cui le due molle sostengono il peso è la somma delle singole forze.

Come si comportano i due sistemi di molle alla prova?

Costruiamo la curva degli allungamenti dei due sistemi di molle e determiniamo le costanti elastiche delle molle così "costruite".



Un sistema ha una costante elastica che è la somma delle due costanti elastiche ed un sistema ha una costante elastica che è il reciproco della somma dei reciproci delle costanti elastiche.

In formule (a volte si devono utilizzare) :

$$K_1 + K_2 \qquad \frac{K_1 \cdot K_2}{K_1 + K_2}$$

Provate a scoprire qual è il giusto abbinamento!

Esperienza 5.2 Studio della rifrazione con il “metodo degli spilli”

Scopo:

La luce procede in linea retta: per vedere un oggetto, i nostri occhi devono incontrare i raggi provenienti da esso, non vediamo più l'oggetto se un ostacolo opaco si frappone, ma se fra noi e l'oggetto il cammino del raggio luminoso viene “perturbato”, può capitare di vedere l'oggetto dove non è.

Pensate alla vostra immagine nello specchio oppure a come vedete un oggetto immerso nell'acqua di una piscina: l'oggetto vi appare più grande e a profondità minore, in posizione spostata rispetto a quella reale. Il cambiamento di direzione del raggio luminoso quando passa da un mezzo trasparente come l'acqua ad un altro come l'aria si chiama “**rifrazione**” e questa esperienza vuole farvi familiarizzare con le caratteristiche di questo fenomeno.

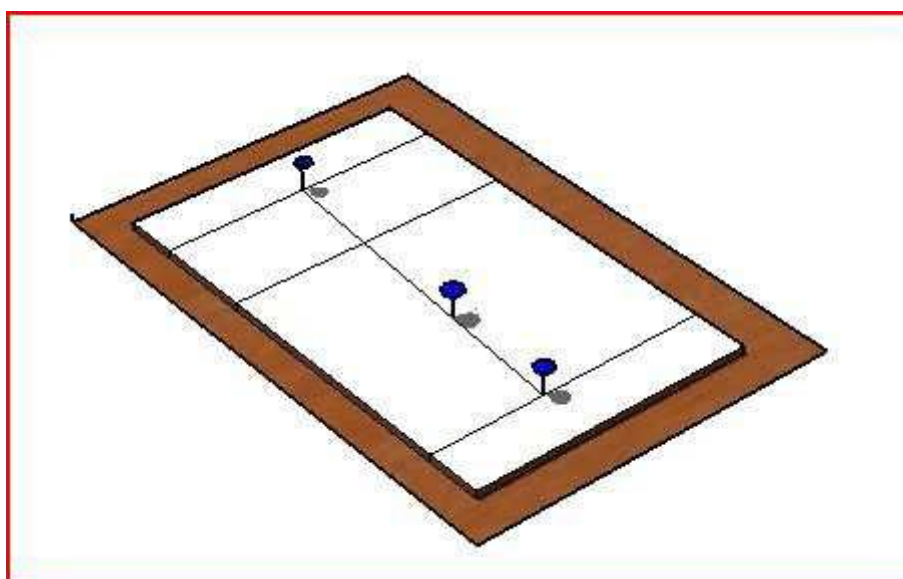
Cercheremo di rendere quantitativo lo studio della rifrazione e, se riusciremo, di misurare **l'indice di rifrazione** dell'acqua e del plexiglas (quello dell'aria è 1)

Materiali: vaschetta con pareti trasparenti e parallele riempita di acqua, mezzaluna in plexiglas, piano d'appoggio di polistirolo, rivestito di carta millimetrata, spilli con capocchia colorata, matita e riga da disegno.

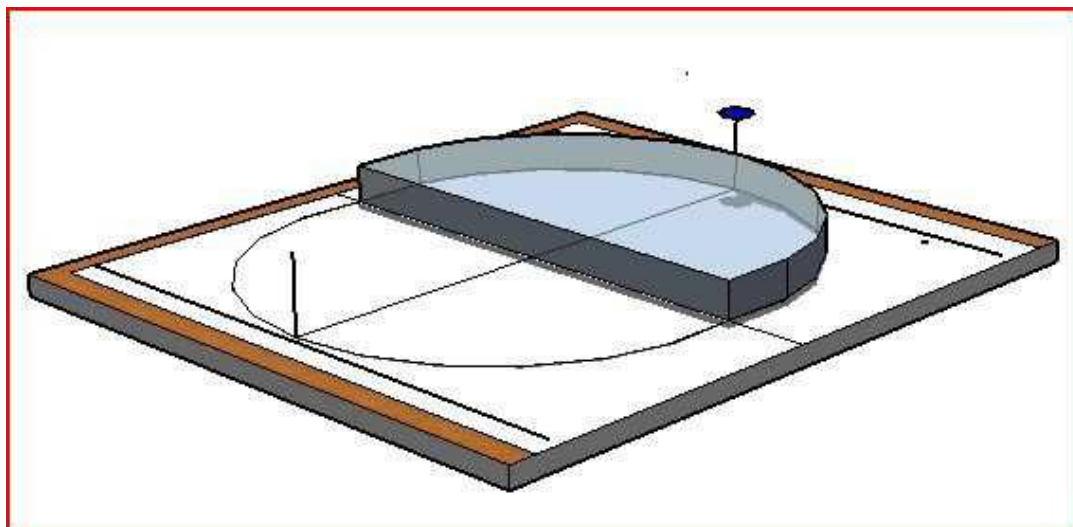
Procedimento : studiamo il percorso della luce senza ostacoli.

Sul piano di polistirolo infiliamo due spilli in modo che l'altezza delle capocchie degli spilli sia la stessa e, spostandoci con attenzione, troviamo la posizione in cui vediamo le due capocchie sovrapposte.

Posizioniamo un terzo spillo in modo che si sovrapponga con gli altri due. Possiamo controllare con la riga che i tre spilli risultano infissi in tre punti allineati tra loro.



Ora nel cammino tra uno spillo e l'altro, inseriamo la mezzaluna di materiale trasparente (solitamente vetro o plexiglas). Tracciamo il cerchio e infiliamo uno spillo nel punto medio della semicirconferenza esterna. Ora controllate che uno spillo infisso al centro del cerchio si sovrappone al primo e poi trovate la posizione dove dovete infilare il terzo spillo per sovrapporre l'immagine a quella dei primi due. Dovreste ottenere una collocazione come quella mostrata nel disegno.



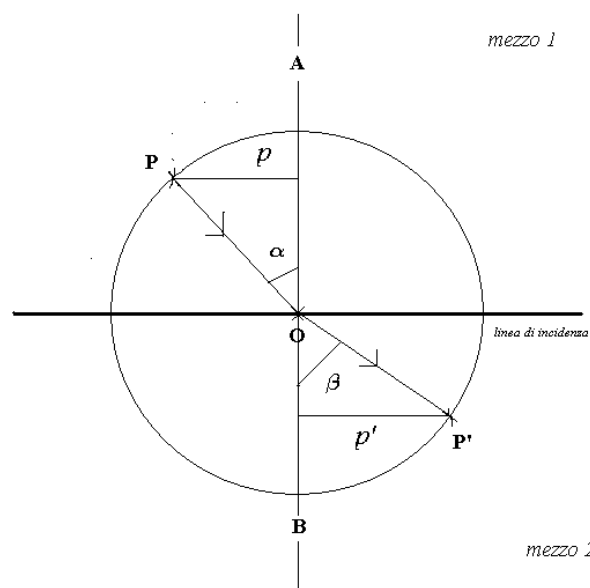
Ripetete l'operazione con altre coppie di spilli, variando la posizione del primo (sulla semicirconferenza esterna alla lunetta) e del terzo (sulla semicirconferenza tracciata sul foglio). Rimuovete la lunetta e tracciate i raggi tra il primo e il terzo spillo e il centro della circonferenza. Cosa notate? La luce procede sempre in linea retta???

Nel disegno sottostante (tratto da una scheda di laboratorio della sezione romana dell'Associazione per l'Insegnamento della Fisica AIF) vedete come si potrebbe presentare il vostro grafico.

Sono stati evidenziati l'angolo α formato tra il raggio del primo spillo e la retta perpendicolare alla superficie dritta della lunetta (chiamata linea di incidenza) e l'angolo β formato dal raggio del terzo spillo e la linea di incidenza. Nel nostro caso il mezzo 1 è il plexiglas e il mezzo 2 è l'aria.

Esiste una relazione tra i due angoli?

Si nota che al crescere dell'uno, cresce anche l'altro ma la relazione tra essi non è di semplice proporzionalità.



Per rendercene conto, misuriamo con attenzione la lunghezza dei segmenti p e p' per varie coppie di spilli e poi calcoliamo il rapporto $p' : p$. Cosa notiamo?

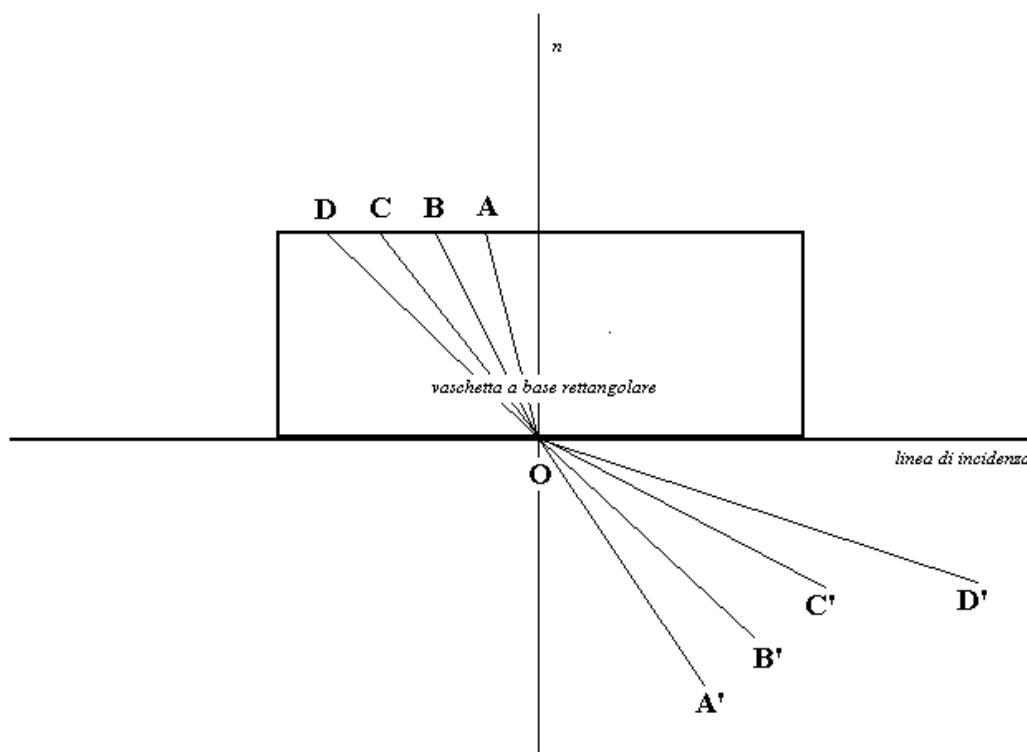
Utilizziamo un poco di trigonometria: il rapporto dei due segmenti $\frac{p'}{p} = \frac{r \cdot \sin \beta}{r \cdot \sin \alpha} = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}$ è il

rapporto tra i seni degli angoli di “uscita” della luce dal plexiglas nell’aria e dell’angolo con cui il raggio luminoso colpisce la superficie di separazione tra i due mezzi. Si chiamano rispettivamente **angolo di rifrazione e di incidenza** : ebbene il **loro rapporto è costante** ed è l’**indice di rifrazione n** del plexiglass rispetto all’aria .

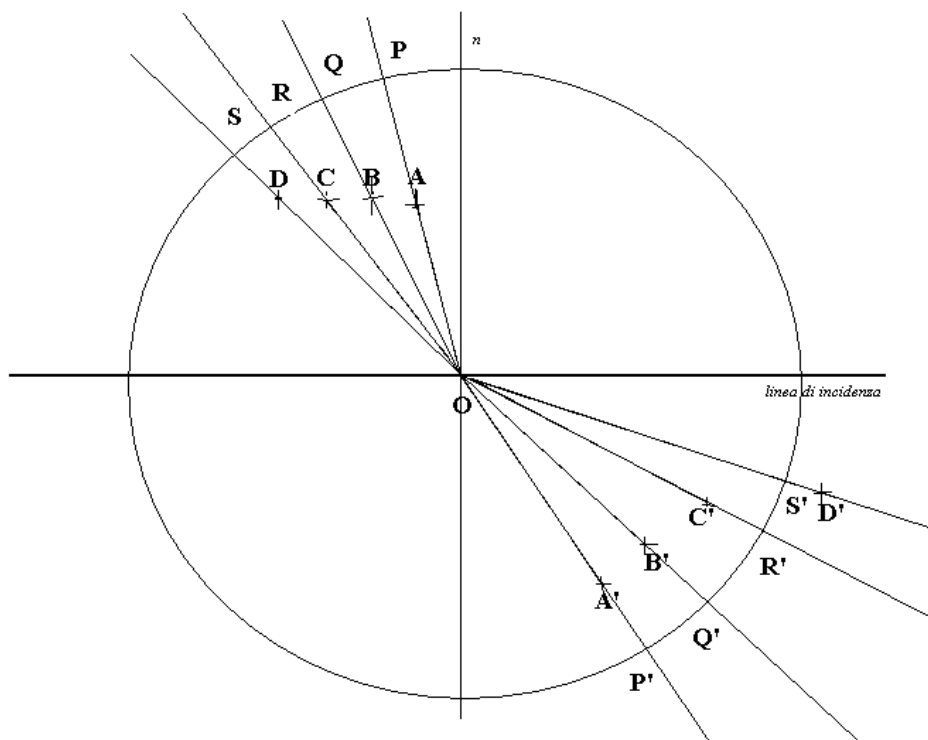
Detto in formule : $\frac{\sin \beta}{\sin \alpha} = n$ ovvero la legge di SNELL.

Ora procediamo con l’indice di rifrazione di un liquido. Riempite la vaschetta di acqua e posizionala in modo che la parete lunga coincida con la linea di incidenza che avrete disegnato su un foglio pulito assieme alla retta perpendicolare , posizionate uno spillo a metà della parete sulla linea di demarcazione e dopo averne posizionato uno sulla parete opposta trovate la posizione del terzo spillo in modo da sovrapporre le tre immagini.

Dovreste avere un risultato come questo (il disegno è tratto come l’altro da una scheda di laboratorio della sezione romana dell’Associazione per l’Insegnamento della Fisica AIF)



Togliete la vaschetta e, dopo aver allungato i raggi del primo e del terzo spillo, tracciate una circonferenza con centro nello spillo di riferimento.



Ripetendo la procedura utilizzata per la determinazione dell'indice di rifrazione del plexiglas, possiamo trovare l'indice di rifrazione del liquido posto nella vaschetta.

Volete sapere se siete stati precisi? Eccovi una tabella di alcuni indici di rifrazione

MATERIALE	INDICE DI RIFRAZIONE
Aria	1,000294
Acqua	1,33
Glicerina	1,474
Plexiglas	1,48
Vetro crown	1,516
Diamante	2,465
Alcool etilico	1,36

Esperienza 6.2

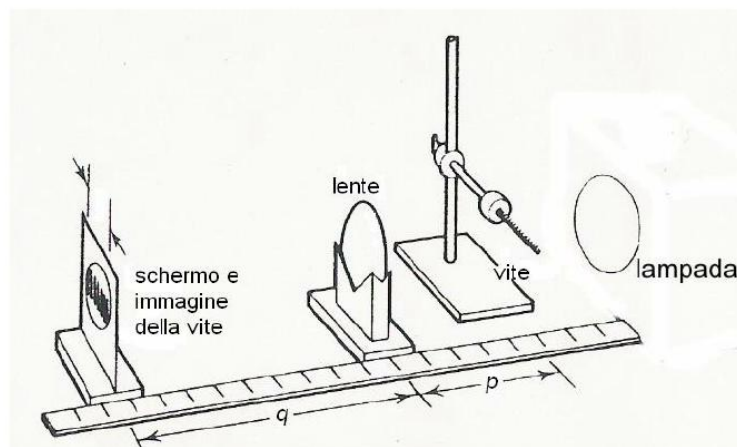
Una lente di ingrandimento: studio del fuoco di una lente e della formazione dell'immagine (GdA 2009)

Scopo: abbiamo visto nelle esperienze precedenti che la direzione di propagazione della luce può cambiare quando essa incontra superfici riflettenti i mezzi rifrangenti. Questi effetti sono stati utilizzati nella costruzione degli strumenti ottici (specchi, lenti...). L'esperienza proposta ci aiuta a familiarizzare con una lente di ingrandimento. Non è necessario avere una lente di qualità ottica, anche una lente giocattolo in plexiglass potrà andare bene, purché sia una lente convergente, cioè in grado di far convergere, "focalizzare" i raggi luminosi.

Materiali: lente convergente di distanza focale ignota, nastri millimetrati di carta, sostegno con vite di passo non noto, schermo, lampada, banco ottico.

Procedimento : il disegno

(tratto dalla scheda di istruzioni che accompagnava la proposta dell'esperienza dei Giochi di Anacleto 2009) mostra come montare gli elementi. In un primo tempo non utilizzeremo il sostegno con la vite, ma studieremo l'immagine della lampada ottenuta sullo schermo dopo il passaggio della luce attraverso la lente.



Nel montare l'esperienza noi abbiamo deciso di disporre lampada, lente e schermo e i loro supporti su un banco ottico che ci permetterà di lavorare con maggior agio. Le distanze tra lampada, schermo e lente non saranno misurate sul nastro di carta steso sul piano, ma più semplicemente sulla scala graduata del banco ottico.

Ora vediamo le istruzioni fornite per l'esperienza dei Giochi di Anacleto.

Metti la lampadina accesa ad una delle estremità del banco ottico.

Usa lo schermo per trovare la posizione dell'immagine della lampadina.

Annota le posizioni sul banco ottico della lente, L , della lampadina, P , e della sua immagine, Q .

Ripeti più volte le misure precedenti avvicinando di 5 – 8 cm la lampadina alla lente.

Continua finché l'immagine risulta tanto lontana che non si può più stabilirne la posizione.

Annota la posizione $F1$ della lampadina sul banco ottico per cui si realizza questa ultima condizione e la distanza $f1$ di $F1$ dalla lente.

Ora tieni la lampadina a qualche metro di distanza dalla lente e determina il punto $F2$ sul banco ottico dove si forma la sua immagine: annota la distanza $f2$ di $F2$ dalla lente.

Sono diverse le due distanza trovate?

Non dovrebbero esserlo!

La lente convergente dispone di due punti detti **fuochi** su cui concentra i raggi provenienti da “molto lontano”, in direzione parallelo all’asse ottico. I fuochi sono disposti da parte opposta e simmetricamente rispetto alla lente. La **distanza focale** o “focale” **f** della lente è la distanza tra il fuoco e il centro della lente. Potreste assumere come focale una media di f_1 e f_2 , se le distanze non fossero risultate uguali.

Prima alternativa

Nella parte precedente hai trovato i fuochi principali della lente e la distanza focale.

Ora puoi usare la lente per misurare il passo della vite senza fine.

Disponi vite, lente e schermo allineati lungo il banco ottico. La vite va messa vicino alla lampada in modo che venga ben illuminata e lo schermo a circa 70 cm dalla vite; la lente va messa in posizione tale che sullo schermo si veda a fuoco l’immagine della vite.

Quando l’immagine è chiara misura la lunghezza del tratto di vite che corrisponde a 5 giri completi.

Annota la posizione sul banco ottico della lente, *L*, dello schermo, *S*, e della vite, *V*.

Calcola quindi la distanza dello schermo dalla

lente, *q*, e quella della vite dalla lente, *p*.

Ripeti le misure precedenti modificando la

distanza fra vite e schermo di 5 – 8 cm ogni

volta.

Determina l’ingrandimento trasversale della

lente, $i = \frac{q}{p}$: il disegno accanto dovrebbe

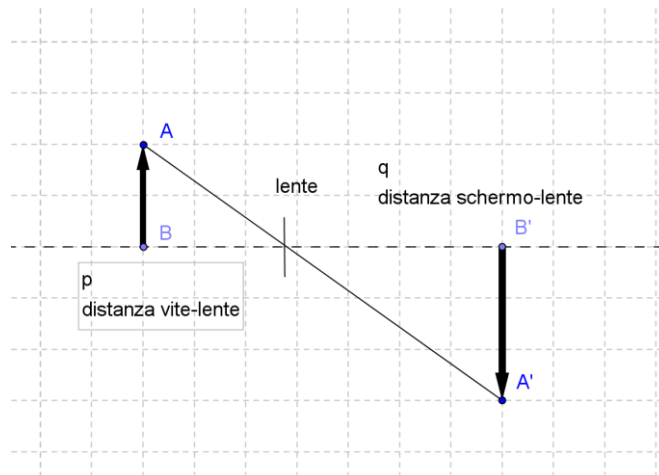
suggerirti perché occorre dividere le due distanza

per trovare il rapporto tra la dimensione

dell’immagine della vite e la dimensione

dell’oggetto stesso.

Determina il passo della vite, *d*.



Seconda alternativa

Per ciascuna delle coppie di posizioni *P* e *Q*, determinate in precedenza calcola le distanze

$s_0 = PF_2$ e $s_1 = QF_1$.

Puoi suggerire una relazione matematica fra s_0 e s_1 ? Con quale giustificazione?

Cosa ci aspettiamo??? Una relazione di proporzionalità inversa tra s_0 e s_1 , cioè $s_0 s_1 = k = -f^2$

dove *k* è una costante dipendente dalla lente, ovvero l’opposto del quadrato della distanza focale.

Ora provate a sommare i reciproci di *p* e *q*, espressi in termini di focale *f* e scostamenti *s* in questo

$$\text{modo: } \frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f - s_1} + \frac{1}{f + s_0} = \frac{2f + s_0 - s_1}{f^2 + f(s_0 - s_1) - s_0 s_1} = \frac{2f + s_0 - s_1}{2f^2 + f(s_0 - s_1)} = \frac{1}{f}.$$

Avete in questo modo “scoperto” la **legge fondamentale dell’ottica delle “lenti sottili”** $\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$

Esperienza 7.2

Costruzione di un cannocchiale galileiano e
di un cannocchiale kepleriano.

Scopo: lenti convergenti (spesse al centro) e divergenti (spesse sui bordi) erano utilizzate già nel tredicesimo secolo in Oriente per le loro proprietà di ingrandimento per la costruzione di occhiali. All'inizio del 1600 (nel 1608) Hans Lipperley e Jacob Metius, olandesi, costruiscono un cannocchiale per vedere ingranditi oggetti posti a una certa distanza.

A rendere famoso il cannocchiale è Galileo che lo perfeziona fino a portare il potere di ingrandimento a 20-30, lo presenta nell'estate del 1609 al Doge e ai notabili della Repubblica Veneziana e soprattutto lo utilizza a partire dall'autunno del 1609 per osservare il cielo.

E' la nascita dell'astronomia strumentale, in contrasto con quella "a occhio nudo".

Possiamo leggere i resoconti delle scoperte avvenute nelle notti di osservazione dell'inverno 1609-1610 nel "Sidereus Nuncius" dove Galileo con il suo stile efficace ci parla di Via Lattea risolta in miriadi di stelle, di monti della Luna, di aspetto "tripartito" di Saturno e soprattutto delle lune del pianeta Giove che scorge per la prima volta nel gennaio del 1610.

L'esperienza proposta ci aiuta a familiarizzare con lo schema di un cannocchiale di Galileo e lo mette a confronto con la proposta di cannocchiale fatta da Keplero (e mai applicata dall'autore).

Il cannocchiale di Galileo fornisce immagini "dritte" ma ha un campo visivo molto ristretto. Il cannocchiale proposto da Keplero, come del resto il telescopio a riflessione ideato da Newton, fornisce immagini "capovolte" ma con un campo visivo più ampio.

Questa esperienza è ricavata da una scheda di laboratorio elaborata per il convegno "Le stelle di Galileo" (nov.2009), iniziativa con cui il liceo "Ariosto-Spallanzani" ha voluto festeggiare l'Anno Internazionale dell'Astronomia e le immagini che la corredano sono tratte dal sito del Museo "Galileo" di Firenze.

Materiali: lenti convergenti e divergenti, riga millimetrata, banchetto ottico, schermo con lettere di dimensioni note.

Per le lunghezze focali delle lenti, siamo andati a rileggere i dati relativi a uno dei due cannocchiali galileiani custoditi a Firenze.

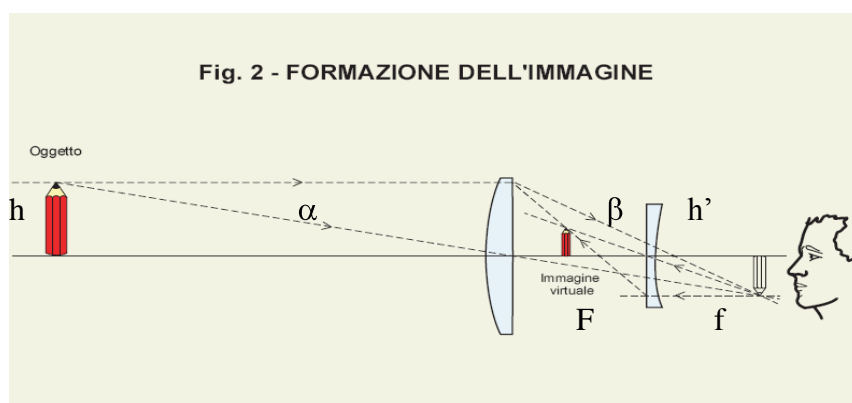
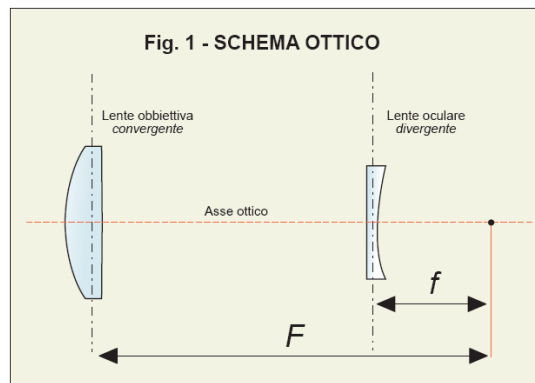
L'**obiettivo** è costituito da una lente piano-convessa (convergente) con la convessità rivolta verso l'esterno. La sua lunghezza focale è 980 mm, il suo diametro 37 mm e il suo spessore al centro 2,0 mm. Un diaframma in cartone ne limita l'apertura utile a 15 mm.

L'**oculare** originale è andato perduto. Quello attuale è costituito da una lente equiconcava della lunghezza focale di -47.5 mm (il segno negativo sta ad indicare che la lente è divergente). Il suo diametro di 22 mm e il suo spessore al centro di 1,8 mm. Un diaframma in cartone ne limita l'apertura utile a 15 mm.

Procedimento :

Un cannocchiale galileiano impiega due sole lenti.
La lente **obbiettivo** è **convergente** (piano – convessa), la lente **oculare** è **divergente** (piano-concava).

La lente oculare è posta sull'asse ottico in modo che **il suo fuoco coincida col fuoco** della lente obbiettivo.



L'immagine di un oggetto lontano prodotta dal cannocchiale è:

- **ingrandita** in proporzione al rapporto tra la lunghezza focale F della lente obbiettivo e la lunghezza focale f della lente oculare.
- **eretta** perché l'immagine capovolta prodotta dalla lente obbiettivo convergente viene di nuovo capovolta dalla lente oculare divergente
- **virtuale**, perché l'immagine cade dal lato della lente oculare opposto a quello dell'occhio.

L'immagine viene percepita solo perché il cristallino dell'occhio è una terza lente (convergente) che completa il sistema ottico del cannocchiale.

Attività proposta: determina l'ingrandimento (angolare) teorico del cannocchiale di Galileo ovvero il rapporto tra l'angolo β sotto il quale vediamo l'immagine e l'angolo α sotto il quale vedremmo l'oggetto se non ci fosse il cannocchiale.

Si osservi che $h' = f \operatorname{tg} \beta$, quindi, tenuto conto che per angoli piccoli $\operatorname{tg}(x) \approx x$, $h' = f \beta$

e che $h' = F \operatorname{tg} \alpha$ e quindi, sempre per piccoli angoli, $h' = F \alpha$, otteniamo che

$$f \beta = F \alpha$$

ovvero l'ingrandimento angolare del cannocchiale galileiano è $\frac{\beta}{\alpha} = \frac{F}{f}$

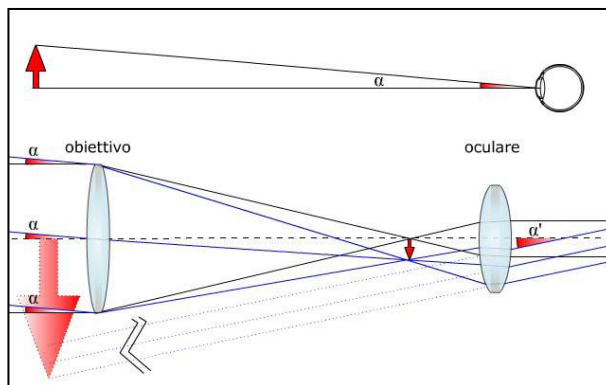
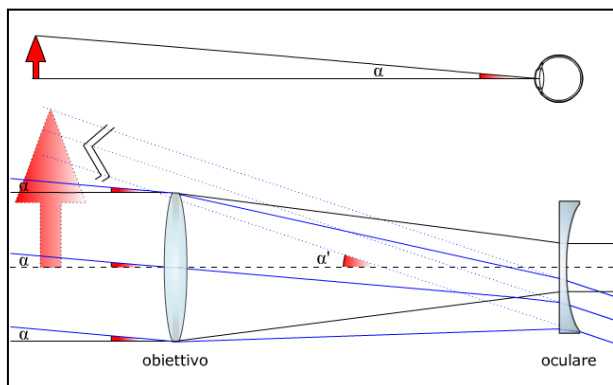


Fig.1 schema del cannocchiale di Galileo

Fig.2 schema del cannocchiale di Keplero

Attività proposta: **confronta i due cannocchiali**

- guarda le figure del cartellone prima attraverso il cannocchiale galileiano e poi attraverso quello kepleriano: come sono le figure? in quale cannocchiale appaiono dritte?
- Quali delle figure che vedi sono *reali* e quali *virtuali* ?
- Stabilisci il rapporto di ingrandimento per il cannocchiale kepleriano.
- Prova a collegarlo alle focali delle lenti obbiettive (F) ed oculari (f) (entrambe convergenti) : dovresti verificare che $G = F/f$

Il cannocchiale galileiano fornisce immagini diritte, ma possiede un campo visivo estremamente ridotto, che diminuisce rapidamente al crescere nell'ingrandimento. Se, infatti, il campo visivo di un galileiano da 20 ingrandimenti è indicativamente di 15 minuti primi, cioè circa la metà del diametro apparente della Luna, esso diviene dell'ordine di soli 5 primi in un cannocchiale da 50 ingrandimenti. Campi così limitati non solo rendevano difficile l'utilizzo del cannocchiale galileiano nell'uso civile e militare, ma soprattutto ne impedivano, in campo astronomico, l'incremento delle prestazioni oltre le poche decine di ingrandimenti.

Il principio di funzionamento del cannocchiale kepleriano è piuttosto semplice. L'obiettivo forma dell'oggetto osservato un'immagine reale, rimpicciolita e capovolta. L'oculare — che essendo costituito da una lente convergente di corta focale, è in pratica una lente di ingrandimento — ingrandisce l'immagine formata dall'obiettivo. L'immagine che si osserva è però capovolta e quindi, almeno nell'uso terrestre, il cannocchiale kepleriano deve essere dotato di un qualche dispositivo erettore, che, reinvertendo l'immagine, la raddrizza. Questo svantaggio è tuttavia largamente compensato da un campo visuale assai più vasto e più uniformemente illuminato di quello offerto dai cannocchiali galileiani.

Esperienza 8.2

Studio della polarizzazione della luce.

Scopo: abbiamo fatto esperienza di come si modifichi il cammino della luce grazie a specchi e lenti, ora faremo alcune esperienze per capire la struttura più intima della luce. Una delle caratteristiche salienti delle onde elettromagnetiche che chiamiamo “luce” è di essere costituite da un campo elettrico e da un campo magnetico, perpendicolari tra loro e perpendicolari alla direzione di propagazione. Se la **direzione** della somma del campo elettrico e del campo magnetico è **costante**, si dice che **la luce è polarizzata**. Potrebbe sembrare molto difficile verificare se una luce è polarizzata oppure no, ma non è così. Basta un paio di filtri polarizzatori e il gioco è fatto!

Materiali : sul banco ottico lampada ad incandescenza, due filtri polarizzatori (da macchina fotografica, ad esempio un 49 mm e un 55 mm), un paio di occhiali 3D (non quelli rossi-blu, ma quelli con filtri polarizzatori), sonda per rilevazione della luminosità, collegata a portatile con programma di analisi dati, il portatile ci serve anche per il suo schermo LCD, ma un cellulare con schermo LCD va benissimo.

Procedimento

Cominciamo a familiarizzare con la luce polarizzata, infilando un paio di occhialini 3D oppure prendendo in mano un filtro polarizzatore e cominciamo ad osservare le luci. La luce solare o la luce di una lampadina ci appaiono sempre allo stesso modo, possiamo provare a chiudere l’occhio destro e guardare col sinistro e viceversa e non noteremo alcuna differenza, se facciamo ruotare il filtro polarizzatore non noteremo alcun indebolimento della luce. Ne concludiamo che né la luce solare né quella di una lampada a incandescenza sono polarizzati.

Proviamo adesso a guardare la luce emessa dallo schermo del portatile o di un qualsiasi schermo LCD: se si ruota il filtro si passa da una posizione di completa luminosità a una posizione di buio totale.

Di quanto bisogna far ruotare il filtro per passare da luce a buio?

Se guardiamo lo schermo LCD con gli occhialini, proviamo a chiudere alternativamente gli occhi, con uno vedremo lo schermo luminoso, con l’altro lo schermo ci apparirà molto scuro, in taluni casi totalmente nero.

Come lo spiegate?

Tutto sta nell’azione del filtro polarizzatore: se la luce non è polarizzata prima del filtro, dopo che lo ha attraversato lo è ovvero ha una direzione particolare in cui vibra. Se facciamo passare la luce polarizzata attraverso un filtro polarizzatore, possono accadere due cose: se la luce vibra nella direzione preferenziale del filtro, passerà intatta, se invece la luce vibra in direzione obliqua rispetto a quella del filtro, si attenuerà, fino ad annullarsi quando la direzione della luce e quella del filtro sono ortogonale. Nel caso degli occhialini per vedere immagini 3D che ricordiamo sono composte da due immagini, i filtri polarizzatori della lente sinistra e destra devono essere fatti in modo da permettere di vedere all’occhio sinistro una immagine e all’occhio destro l’altra immagine. I due

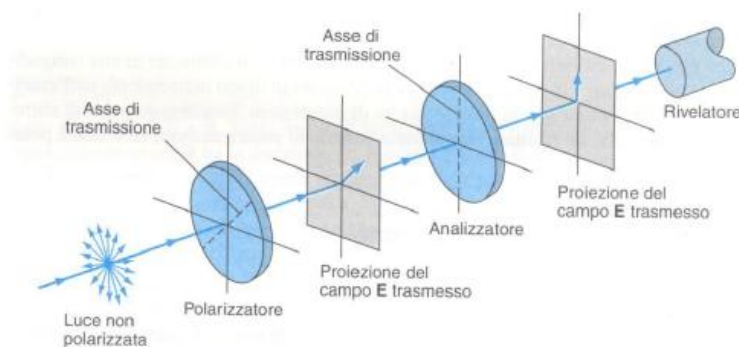
filtri sono posti con le direzioni preferenziali ortogonali tra loro in modo che il singolo occhio veda solo l'immagine a lui riservata e non riesca a vedere quella dell'altro occhio.

Ma allora la luce polarizzata è solo quella costruita artificialmente? Quella di un LCD o quella uscente da un filtro polarizzatore? Assolutamente no: uno dei processi più semplici per ottenere **naturalmente** luce polarizzata è la riflessione. La luce viene riflessa con un coefficiente che risulta diverso per i due piani di vibrazione della luce: ne risulta che la luce, dopo una riflessione, vede una delle due componenti fortemente attenuata e l'altra esaltata.

Proviamo a questo scopo ad osservare con il filtro polarizzatore la luce della lampada riflesso da una superficie riflettente (un vetro o uno specchio, o semplicemente una superficie lucida).

Ruotando il filtro polarizzatore, cosa si nota?

Ora studiamo come passa la luce attraverso due filtri polarizzatori ruotati uno rispetto all'altro: la figura (tratta da appunti del prof. De Renzi) ci spiega come. Dopo avere collocati i filtri sul banco ottico tra la lampada e la sonda di luminosità, ne manterremo fermo uno e ruoteremo l'altro, segnando di volta in volta l'angolo di rotazione e la luminosità rilevata dalla sonda. Possiamo procedere variando l'angolo di 10° alla volta e cercando di coprire tutto l'intervallo di 180° (almeno).



Segniamo i dati e tracciamo il grafico della luminosità in funzione dell'angolo: il grafico atteso è quello rappresentato a fianco in alto, quello effettivamente ottenuto è in basso.

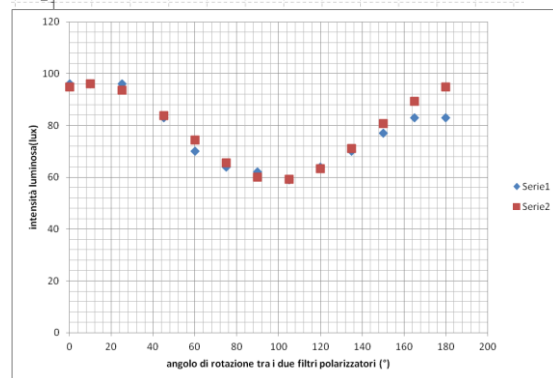
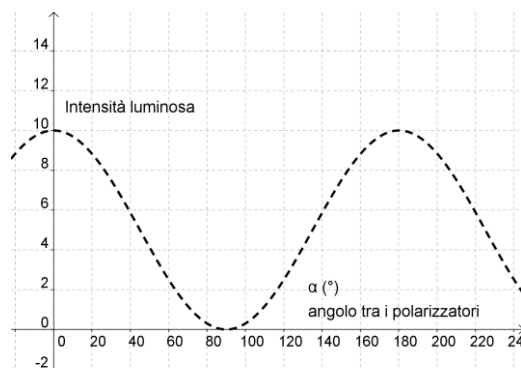
Quanto la luce trasmessa è **massima**? E quando è **minima**?

Quando raggiunge un valore pari a metà del massimo?

Riuscite ad individuare la relazione tra le due grandezze?

$$\text{Legge di Malus: } I = I_0 \cos^2(\alpha)$$

In realtà il valore minimo non è esattamente 0, ma circa la metà della massima intensità trasmessa. Inoltre i due filtri non sono allineati all'inizio e quindi il grafico risulta compatibile con un'equazione del tipo: $I = I_B + I_0 \cos^2(\alpha - 10^\circ)$ con l'intensità di fondo trasmessa anche in condizione di filtri ortogonali $I_B = 60$ lux e un sfasamento di 10° tra gli assi dei due filtri nel punto in cui i sono iniziate le misure.



Esperienza 9.2

Osservazione del Sole e delle macchie solari.

Scopo: osservare la nostra stella, visualizzare in modo sicuro il disco solare ed osservarne le principali caratteristiche.

Materiali : un telescopio che utilizzeremo per proiettare l'immagine del Sole su uno schermo chiaro e possibilmente in ombra per aumentare il contrasto; materiale da disegno. Nella scheda sottostante troverete le principali caratteristiche degli strumenti della nostra scuola.

Procedimento

Per l'osservazione del Sole con il telescopio bisogna procedere

con cautela per evitare danni irreversibili alla vista.

I metodi più sicuri sono i seguenti:

- Telescopio dotato di un filtro in Astrosolar (filtro per la radiazione solare) a tutta apertura davanti all'obiettivo (e al cercatore...).
- Proiezione dell'immagine del Sole su uno schermo (metodo usato da Galileo).

Da evitare i filtri fai-da-te, come pellicole fotografiche, vetri da saldatore, CD, vetri affumicati.

Noi dobbiamo metterci all'aperto e quindi utilizzeremo uno schermo su cavalletto, cercando di metterlo in una zona in ombra. Potremmo anche disegnare su foglio bianco l'aspetto delle macchie solari, cercando di evidenziare le zone grigie da quelle interne più scure, quasi completamente nere come nell'esempio accanto. Notate che i disegni fanno riferimento a macchie solari osservate nel 2001 in occasione dell'ultimo massimo di attività solare.

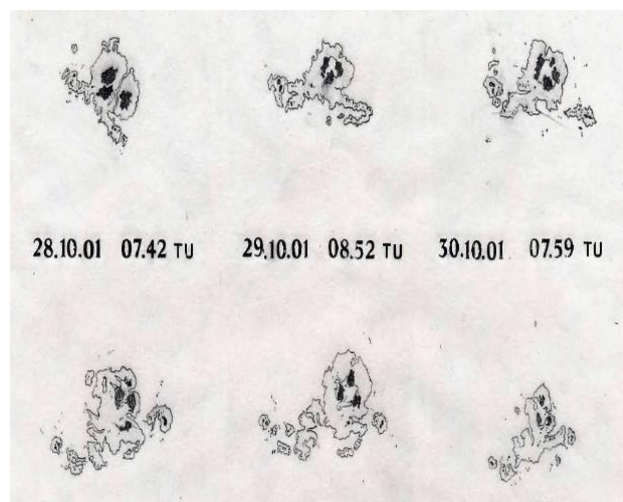
I telescopi del Liceo Ariosto-Spallanzani



<<< Celestron C8	
Configurazione ottica	Schmidt Cassegrain
Diametro	203 mm.
Lunghezza focale	2000mm
Luminosità	f.10

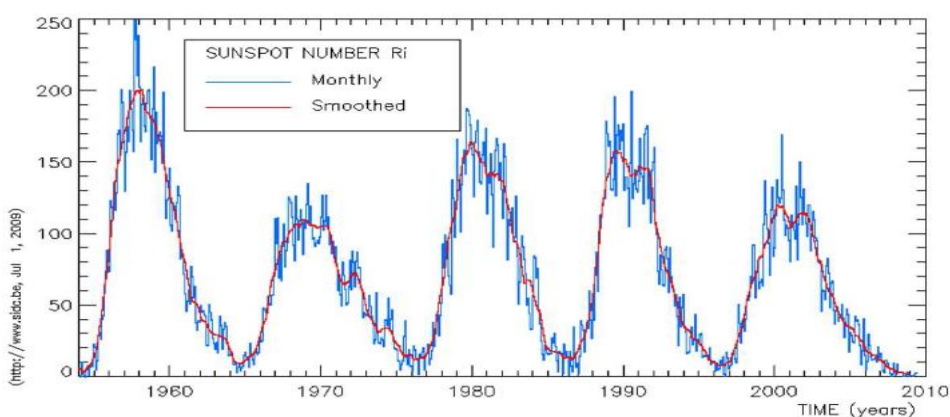


NEXSTAR 114 SLT >>>	
Configurazione ottica	Newton
Diametro	114mm.
Focale	1000mm.



Ma com'è il Sole in questo periodo?

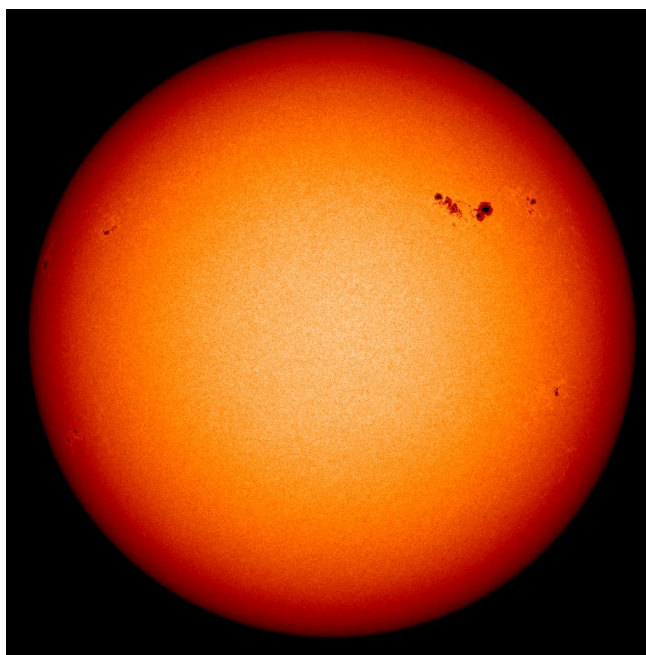
La domanda non è banale, perché l'aspetto del Sole può subire forti cambiamenti nel tempo. In particolare l'apparizione delle macchie solari e la loro numerosità obbediscono ad un ciclo di durata pressoché undecennale, come evidenzia bene il grafico seguente che illustra l'andamento del numero mensile di macchie solari osservate dagli inizi degli anni '50 al 2010.



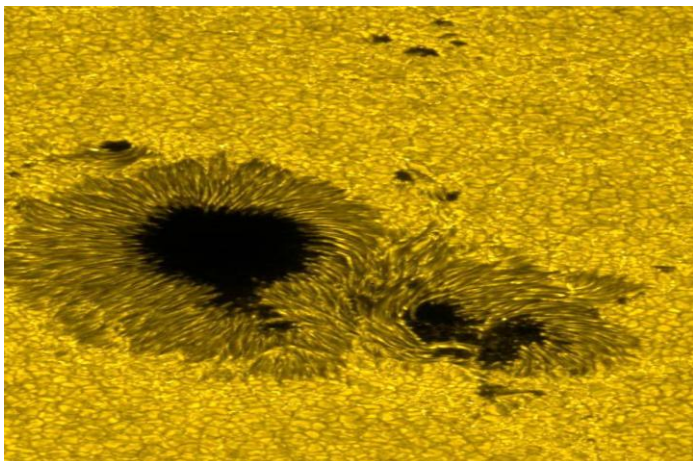
Se volete vedere immagini e filmati del Sole aggiornate con cadenza giornaliera potete andare al sito dedicato della NASA (<http://umbra.nascom.nasa.gov/images/>).

Potete trovare immagini in luce visibile e immagini presi con interposizione di filtri che lasciano passare solo alcune righe dello spettro solare (per esempio He I che è una particolare riga dello spettro dell'elio, $H\alpha$ che corrisponde ad una particolare riga dell'idrogeno e così via) nonché immagini dell'attività magnetica.

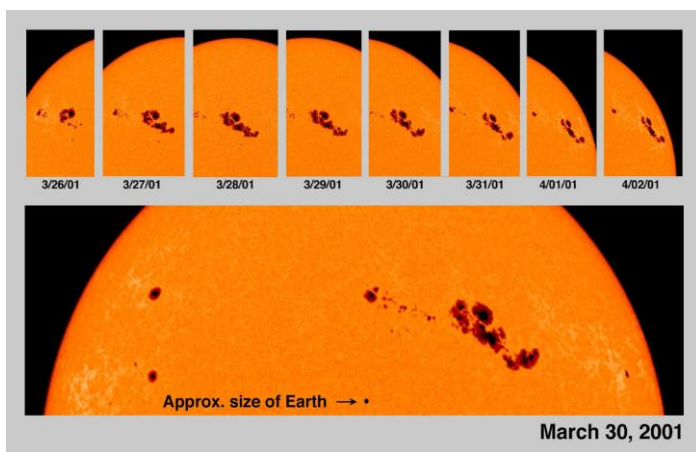
La foto accanto a destra è stata presa l'11 marzo 2012 e l'aspetto del Sole dovrebbe essere quello che vedremo durante l'esperienza.



Nella foto sotto invece è riportato un ingrandimento di una macchia solare che mostra come la granulosità delle facole della superficie solare lascino spazio a zone con correnti e vortici caratterizzate da bassa luminosità rispetto alle zone attigue e da alta attività magnetica, come mostrano le immagini sensibili a questi fenomeni.



Usando le macchie solari si può determinare il periodo di rotazione del Sole. La rotazione è differenziale: impiega 30 giorni ai poli e circa 25 giorni all'equatore.



Per la stesura di questa scheda un ringraziamento particolare all'amico A. Carbognani dell'Osservatorio di Saint Barthélemy per il materiale sulle macchie solari.

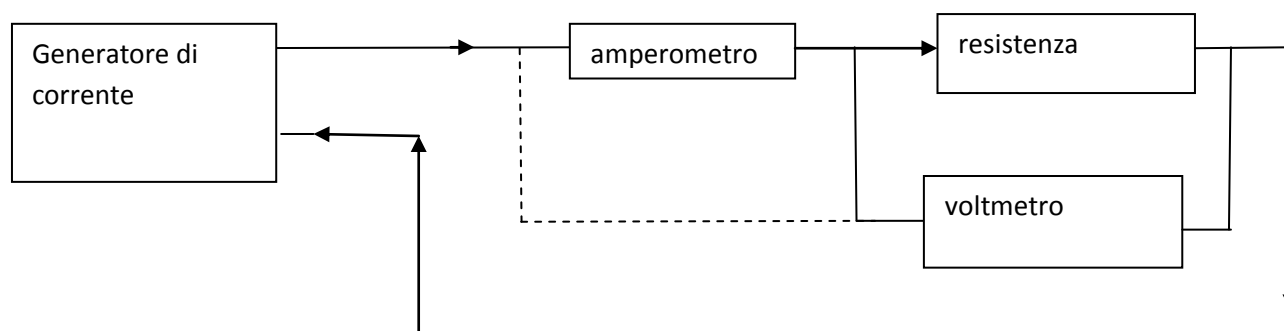
Esperienza 9.1 Corrente elettrica e resistenza (prima legge di Ohm).

Scopo: imparare ad utilizzare correttamente gli strumenti per le misure elettriche (multimetro) osservare la variazione della corrente elettrica a confronto con la differenza di potenziale elettrico, verificare che la relazione tra le due grandezze è di diretta proporzionalità e determinare la resistenza elettrica come costante di proporzionalità

Materiali : generatore di corrente, cavetti di collegamento, una resistenza elettrica campione di valore ignoto, multimetri elettrici digitali (di cui uno utilizzato come amperometro e uno come voltmetro).

Procedimento

Costruiamo il circuito per il controllo della corrente elettrica e della differenza di potenziale ai capi della resistenza elettrica: può essere utile un semplice schema come questo.



La corrente esce dal morsetto positivo del generatore di corrente, collegato tramite il cavetto all'entrata del multimetro, impostato come amperometro, poi entra nella resistenza e, tramite un terzo cavetto, torna al morsetto negativo del generatore. Ai capi della resistenza sono applicati altri due cavetti che vanno al multimetro impostato come voltmetro per la misura della differenza di potenziale che insiste sulla resistenza.

Il circuito così montato si chiama "volt-amperometrico" e consente una determinazione precisa della differenza di potenziale ai capi della resistenza, ma non altrettanto precisa della intensità della corrente elettrica che fluisce nella resistenza, dato che non tutta la corrente misurata dall'amperometro attraversa realmente la resistenza ma una parte scorre attraverso il voltmetro. Per ottimizzare la misura della corrente occorrerebbe inserire il voltmetro a cavallo di amperometro e resistenza, come mostrato nella variante tratteggiata del circuito. In tal modo l'amperometro segnerebbe il valore "esatto" della corrente dato che è attraversato dalla stessa corrente della resistenza, ma risulterebbe falsata la misura del potenziale elettrico che non sarebbe più quello ai capi della resistenza ma quello che complessivamente su resistenza e amperometro.

La configurazione perfetta non esiste: si preferisce solitamente la prima se la resistenza in ingresso del voltmetro è elevata e quindi la corrente che fluisce in esso è bassa, mentre la seconda è da preferirsi se la resistenza dell'amperometro è bassa, condizione che garantisce che la caduta di potenziale sull'amperometro sia bassa.

Costruito il circuito, passiamo a misurare i valori della intensità della corrente e della differenza di potenziale. Facciamo attenzione alle scale delle misure della corrente: conviene per non danneggiare gli strumenti inserire sempre una scala con alto valore di fondo scala e poi modificarla in seguito passando a scale con fondo scala minori. Iniziamo ad esempio misurando la corrente sulla scala degli Ampère/milliAmpère (A/mA) e poi, quando siamo sicuri di non oltrepassare i valori di fondo scala, passiamo a quella dei microAmpère (μA).

Segniamo i valori di intensità della corrente e di potenziale in una tabella:

cosa si nota immediatamente?

Per essere certi della relazione di proporzionalità diretta tra le due grandezze fisiche,

- aggiungiamo alla tabella una terza colonna dove riportiamo il rapporto tra differenza di potenziale e intensità della corrente e
- tracciamo il grafico dei valori ottenuti delle due grandezza fisiche (intensità della corrente sull'asse orizzontale e differenza di potenziale sull'asse verticale).

Dovremmo osservare che

- i valori del rapporto tra differenza di potenziale elettrico e intensità della corrente sono costanti
- i dati ottenuti si dispongono su una semiretta uscente dall'origine con pendenza uguale al rapporto calcolato in precedenza.

Il valore del rapporto costante tra differenza di potenziale e intensità elettrica è la resistenza elettrica che abbiamo inserito nel circuito. Nel nostro caso sui banconi erano presenti solo resistenza da 12 k Ω e 100 k Ω che gli allievi hanno individuato con un buon margine di confidenza pur non avendo mai lavorato con circuiti elettrici.

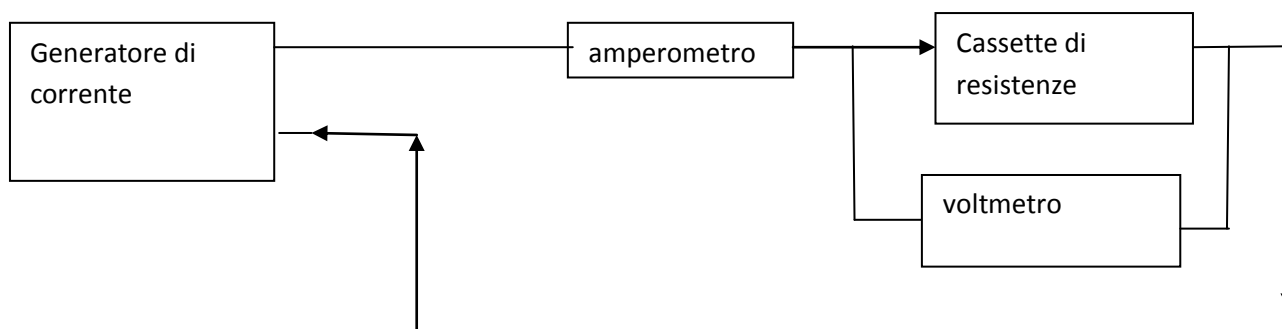
Esperienza 10.1 Resistenza e resistività (seconda legge di Ohm).

Scopo: imparare ad utilizzare correttamente gli strumenti per le misure elettriche (multimetro) osservare la variazione della resistenza opposta da un conduttore rettilineo (filo di sezione circolare) in rapporto alla sezione e alla composizione del materiale. Determinare la resistività del materiale di cui sono costituiti i fili.

Materiali : generatore di corrente, cavetti di collegamento, cassette di resistenze costituiti da fili di lunghezza 1 metro, diametro e materiali variabili (costantana, ferro, rame, lega nickel-cromo), multimetri elettrici digitali (di cui uno utilizzato come amperometro e uno come voltmetro), calibro per la determinazione del diametro dei fili.

Procedimento

Costruiamo il circuito volt-amperometrico visto nella precedente esperienza, sostituendo la resistenza campione con una dei fili della cassetta di resistenze.



I fili hanno tutti la lunghezza L di 1 metro e diametro d variabile tra qualche decimo di millimetro al millimetro. La loro resistenza varierà in funzione della sezione trasversale e della resistività del materiale di cui sono costituiti.

Infatti, detta R la resistenza di un conduttore rettilineo di lunghezza L , di sezione trasversale

$S = \pi d^2/4$ e costituito da materiale di resistività ρ , vale la seconda legge di Ohm:

$$R = \rho \frac{L}{S}.$$

L'obiettivo del nostro lavoro è verificare che effettivamente vale una proporzionalità inversa tra resistenza e sezione del filo e determinare, utilizzando fili dello stesso materiale, la resistività.

Esperienza 11.1 Elettrolisi dell'acqua.

Scopo: studiare gli effetti del passaggio della corrente elettrica nei liquidi, in particolare in soluzioni di acqua e acido solforico, utilizzando elettrodi di rame e grafite. Osservare lo sviluppo di gas agli elettrodi e la deposizione o l'erosione di materiale sugli elettrodi. Distinguere i gas sviluppati, determinarne la proporzione, misurare il materiale depositato o disciolto.

Materiali : generatore di corrente, cavetti di collegamento, voltmetro di Hoffmann, soluzione di acqua e acido solforico, bilancia digitale, candela.

Procedimento

L'esperienza vuole essere innanzitutto osservativa e studiare gli effetti del passaggio della corrente elettrica in una soluzione. Introdotto una soluzione di acqua e acido solforico H_2SO_4 nel voltmetro, si collegano gli elettrodi all'alimentatore e si osserva la formazione di bollicine di gas agli elettrodi. All'elettrodo collegato al polo negativo della batteria, detto catodo, abbiamo la formazione di idrogeno, all'elettrodo collegato al polo positivo della batteria, detto anodo, abbiamo la formazione di ossigeno.

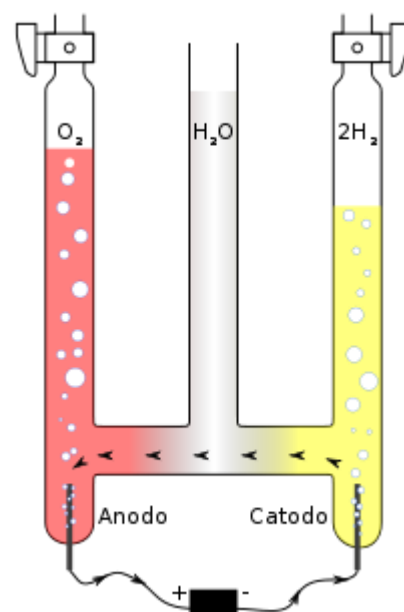
Ossigeno e idrogeno molecolare sono gas biatomici e provengono dalla dissociazione della molecola d'acqua H_2O : la percentuale in cui dovrebbero formarsi è di una molecola di ossigeno per due molecole di idrogeno. Il volume di gas che si raccoglie nella parte superiore dei tubi del voltmetro è direttamente proporzionale al numero di molecole di gas che si sono formate e quindi il volume dell'idrogeno dovrebbe essere il doppio di quello dell'ossigeno.

Questa proporzione è variabile, secondo le caratteristiche della reazione che effettivamente avviene agli elettrodi.

In un voltmetro gli elettrodi sono di rame e in concomitanza dello sviluppo di gas idrogeno al catodo si nota che l'acqua lentamente ma regolarmente cambia colore diventando via via sempre più azzurra: infatti in prossimità del catodo parte del rame va in soluzione formando con lo ione solfato SO_4 sali di solfato di rame (il "verderame" dei nonni).

Nel secondo voltmetro gli elettrodi sono di grafite e sono inerti.

All'aumentare dell'energia potenziale (agendo sulla manopola dell'alimentatore) si nota un corrispondente aumento della quantità di gas sviluppati. Il livello del liquido nei cilindri si abbassa più velocemente a causa della pressione del gas contenuto nella parte superiore, quando aumentiamo la differenza di potenziale tra gli elettrodi.



Per verificare che il gas sviluppatosi al catodo sia proprio l'idrogeno (estremamente infiammabile), bisogna avvicinare un fiammifero acceso al rubinetto aperto del cilindro catodico e si osserva una fiamma, a volte accompagnata da una piccola esplosione.

L'ossigeno invece ravviva la brace di un fiammifero spento.

Terminate le nostre osservazioni abbiamo estratto l'elettrodo di rame che nel primo voltmetro fungeva da catodo e l'abbiamo pesato con la bilancia digitale, come fatto prima di montarlo.

Abbiamo notato una diminuzione di massa che si potrebbe mettere in relazione con le molecole di rame entrate in soluzione e quindi con il numero di elettroni trasportati dalla corrente.

Ma questa potrebbe essere un'altra storia.

Sondaggio

Monitoraggio del corso di potenziamento di laboratorio di fisica

Alla fine dell'esperienza del corso di laboratorio abbiamo voluto verificare la risposta e il gradimento di questa attività, somministrando ai partecipanti (circa 50 allievi tra classi prime e seconde) un questionario anonimo da compilare e riconsegnare all'insegnante.

Ecco la scheda del sondaggio.

Siamo arrivati alla fine del corso.

Ti chiediamo di dedicare qualche secondo a compilare questo foglio che ci aiuterà a migliorare la qualità del corso di potenziamento di laboratorio, anche in vista dell'anno prossimo.

Il questionario è anonimo. Dopo averlo compilato, riconsegnano agli insegnanti.

Dai i voti al corso!

Voti da 1 a 10, per l'esperienza segna il numero dell'esperienza prendendolo dall'elenco stampato nel retro del foglio.

1. Che voto daresti alla prima parte del corso?

2. La attività proposte ti sono sembrate interessanti?

3. Il materiale di laboratorio fornito è adeguato?

4. Le schede delle esperienze sono utili?

5. Le spiegazioni fornite dagli insegnanti sono chiare?

6. Quale esperienza ti è piaciuta di più?

7. Quale esperienza non riporresti?

8. Hai dei suggerimenti per migliorare il corso?

.....

.....

Esperienze effettuate

Classi prime	Classi seconde
1. Studio della curva gaussiana dei tempi di oscillazione del pendolo composto	1. Studio della curva gaussiana dei tempi di oscillazione del pendolo composto
2. Una bilancia molto sensibile e spessore del foglio di alluminio (GdA 2010)	2. Galleggiamento della provetta immersa in acqua (OdF, gara nazionale 2003)
3. Allungamento elastici: molle in serie ed in parallelo	3. Pendolo composto usato come bilancia (OdF, gara nazionale 2002, esperienza da due incontri)
4. Studio della riflessione con il metodo degli spilli (GdA 2002)	4. Allungamento elastici: molle in serie ed in parallelo
5. Una lente di ingrandimento: studio del fuoco di una lente e della formazione dell'immagine (GdA 2009)	5. Studio della rifrazione con il metodo degli spilli
6. Pressione idrostatica e densità dell'olio (GdA 2006)	6. Una lente di ingrandimento: studio del fuoco e della legge delle lenti
7. Corrente elettrica e resistenza	7. Costruzione del cannocchiale galileiano
8. Seconda legge di Ohm	8. Studio della polarizzazione della luce
9. Elettrolisi dell'acqua	9. Osservazione del Sole e delle macchie solari
	10. Corrente elettrica e resistenza
	11. Seconda legge di Ohm
	12. Elettrolisi dell'acqua

** alcune esperienze differiscono dalla lista inizialmente prevista, alcune previste solo per le classi seconde sono state svolte anche per le classi prime ed alcune sono state inserite in corso d'opera (polarizzazione della luce e osservazione delle macchie solari)



Voti medi ottenuti nel sondaggio somministrato alle classi prime e seconde

domanda	Classi prime	Classi seconde
Che voto daresti alla prima parte del corso	7,9	7,8
La attività proposte ti sono sembrate interessanti?	8,1	7,8
Il materiale di laboratorio fornito è adeguato?	7,7	7,7
Le schede delle esperienze sono utili?	7,1	7,4
Le spiegazioni fornite dagli insegnanti sono chiare?	8,7	8,3

Esperienze ritenute utili e particolarmente interessanti sono stata l'osservazione delle macchie solari e lo studio delle lenti nelle classi seconde, le esperienze sulla corrente elettrica nelle classi prime.

Non particolarmente gradite le esperienze sulla rifrazione e la riflessione studiata col metodo degli spilli, lo studio della gaussiana e alcune esperienze come la bilancetta ultrasensibile e il galleggiamento della provetta ritenute "troppo difficili" da eseguire.

Quando si chiedono suggerimenti su come migliorare il corso, le risposte evidenziano la necessità di schede con procedimenti più chiari, maggior tempo a disposizione per le singole esperienze e, in generale, più tempo per il laboratorio.