

In questo caso

$$Z = \frac{R}{N^2}; \quad v = \frac{V_0}{N} \quad e$$

$$V(r) = \frac{r}{\frac{R}{N} + Nr} V_0$$

per cui

$$P(r) = \frac{V(r)^2}{r} = \frac{r}{\left(\frac{R}{N} + Nr\right)^2} V_0^2.$$

Si osservi che

$$\frac{P(r)}{P_0} = \frac{r}{\frac{R}{N^2} + r} \quad (2)$$

Se si tiene conto che i rapporti di trasformazione sono dell'ordine di qualche migliaio, ci si rende conto che il rapporto (2) può essere reso molto più prossimo all'unità del corrispondente (1). E' questo il motivo che rende la corrente alternata molto più conveniente della continua.

Utilizzando il trasformatore si vede che, adottando due (o più) lampadine in parallelo come utilizzatore, la loro luminosità non diminuisce sensibilmente cioè è quasi indipendente dal numero delle lampade inserite.

Inserendo nel circuito alcuni strumenti di misura (Fig. 57.7)

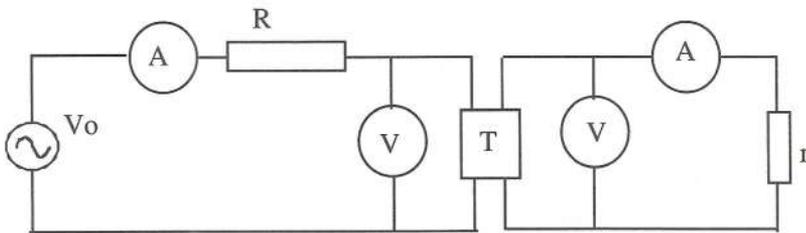


Fig. 57.7. Sia nel primario che nel secondario sono stati inseriti un amperometro e un voltmetro.

è possibile mostrare che:

1. la tensione $V(r)$ dipende meno fortemente dal valore di r ;
2. la potenza perduta in R diminuisce al crescere del rapporto di trasformazione N .

58. VALORI EFFICACI

Finalità della dimostrazione: Proporre una riflessione sul significato di "valore efficace".

Fascia di età in cui si può proporre: Ultimo anno di liceo

Grado di difficoltà concettuale: Abbastanza difficile.

Grado di difficoltà di realizzazione: Facile.

Materiali richiesti: Alimentatore in alternata a bassa tensione (0 -20 V)

Diodo 1N4148

Resistore da $1k\Omega$, 1/4 W.

Lampadine da torcia.

Generatore di frequenze, eventualmente.

Oscilloscopio a raggi catodici, doppia traccia.

Interesse suscitato: Discreto.

Efficacia didattica: Ottima.

Consideriamo due lampadine da torcia elettrica identiche collegate, rispettivamente, ad una batteria di pile e ad un alimentatore in alternata a tensione variabile (Fig. 58.1).

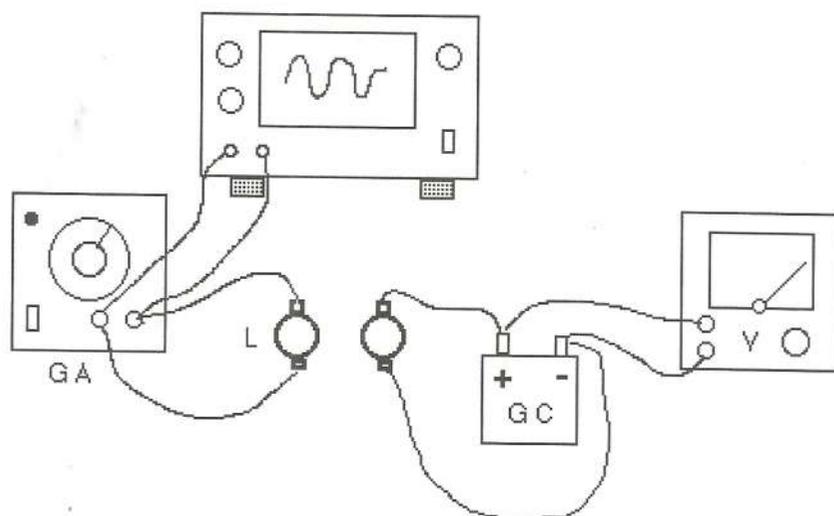


Fig. 58.1. Due lampadine identiche (L) alimentate in alternata (GA) e in continua (GC). L'oscilloscopio consente di misurare il massimo della tensione sinusoidale, il voltmetro (V) la tensione applicata in continua.

Si aggiusta la tensione di alimentazione fino a che si stimano egualmente luminose le due lampadine. A questo punto si legge sull'oscilloscopio il valore di picco della tensione. Se V_0 è questo valore, e se V è la f.e.m. della batteria, dovrebbe essere

$$V_0 = V\sqrt{2}.$$

Infatti il valor medio di V^2 rispetto al tempo (Fig. 58.2) è $\frac{1}{2}V_0^2$.

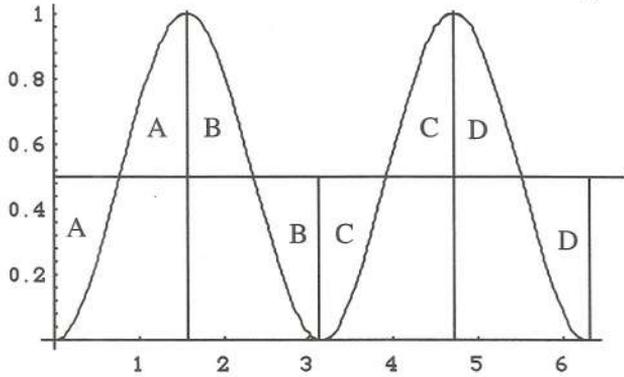


Fig. 58.2. Il valor medio di V^2 è determinato dalla condizione che l'area del rettangolo sia uguale a quella delimitata dalla curva e dall'asse dei tempi.

Ripetiamo il confronto inserendo un diodo nel circuito in alternata. L'introduzione del diodo cancella la parte negativa del segnale, per cui sull'oscilloscopio si osserva una traccia come quella di Fig. 58.3.

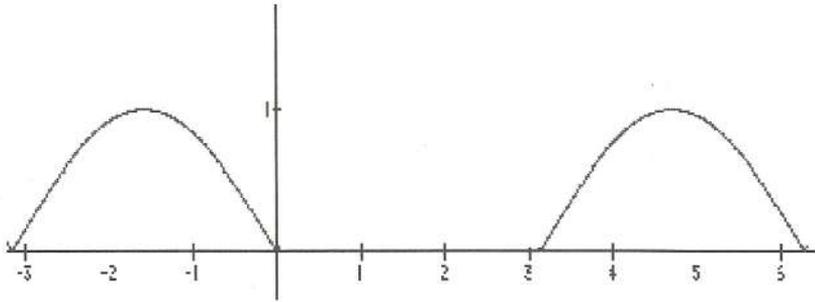


Fig. 58.3. Traccia che si osserva all'oscilloscopio se nel circuito in alternata è presente un diodo.

Si ha cioè una tensione ad impulsi.

In questo caso il valor medio di V^2 su un periodo è $\frac{1}{4}V_0^2$ (Fig.58.4), per cui

$$V_{eff} = \frac{1}{2}V_0$$

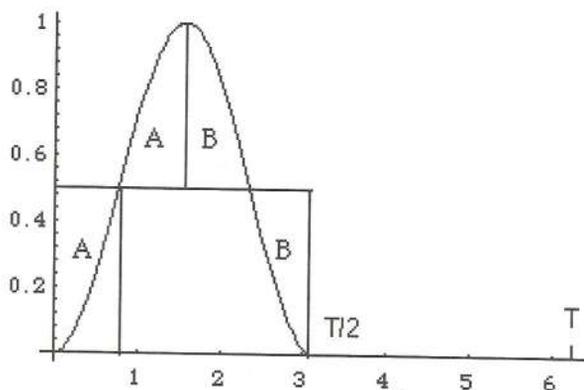


Fig. 58.4. Calcolo del valor medio di V^2 su un periodo.

Se si dispone di un generatore di frequenze, capace di generare segnali di forma diversa e con frequenza variabile, si può proporre la misura del valore efficace di una tensione a dente di sega qual è quella che comanda la scansione orizzontale in un oscilloscopio (Fig. 58.5).

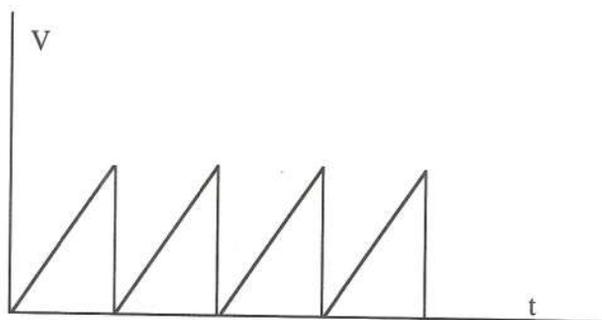


Fig. 58.5. Tensione a dente di sega.

Per misurare la tensione utilizziamo un voltmetro meccanico (un tester) e lo stesso oscilloscopio (o un altro) (Fig. 58.6).

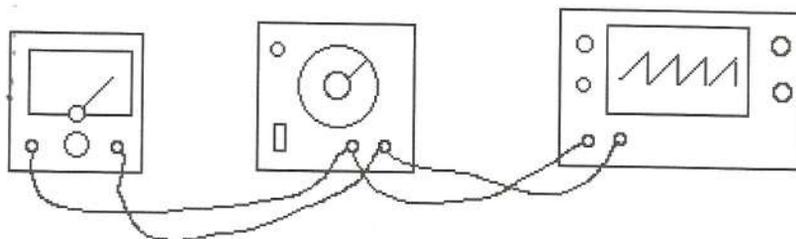


Fig. 58.6. Misura del valore massimo e del valore efficace della tensione prodotta dal comando di scansione dell'oscilloscopio al centro.

Il tester misura il valore efficace della tensione; l'oscilloscopio il valore massimo V_M . Si trova che

$$V_{eff} \cong \frac{V_M}{1,7}$$

e non, come nel caso della corrente alternata sinusoidale,

$$V_{eff} \cong \frac{V_M}{1,4}$$

Ciò si spiega nel seguente modo:

Se la tensione cresce nel tempo linearmente, cioè come

$$V = \frac{V_M}{T} t$$

il suo quadrato (Fig. 58. 7) cresce come

$$\left(\frac{V_M}{T}\right)^2 t^2$$

L'integrale di V^2 è dato da

$$\frac{1}{3} \left(\frac{V_M}{T}\right)^2 T^3$$

da cui viene il valore efficace:

$$V_{eff} = \frac{V_M}{\sqrt{3}}$$

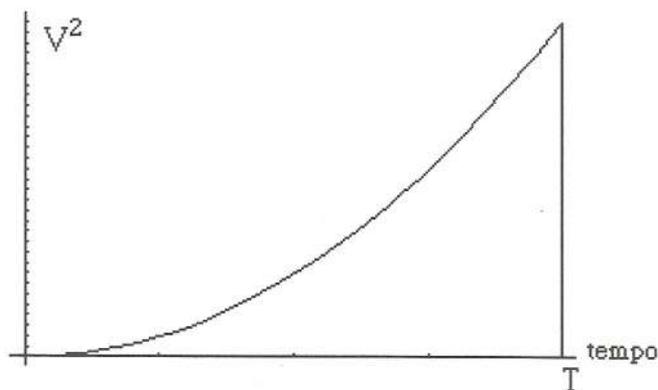


Fig. 58.7. Andamento di V^2 in funzione del tempo.

59.LA SCIMMIA E IL CACCIATORE

Finalità della dimostrazione: L'accelerazione di caduta è la stessa per tutti i corpi.

Fascia di età in cui si può proporre: liceo

Grado di difficoltà concettuale: richiede la conoscenza della meccanica dei gravi in caduta libera.

Grado di difficoltà di realizzazione: abbastanza difficile

Materiali richiesti: Tubo per cerbottana

Elettromagnete

Alimentatore a bassa tensione

Una lattina da birra

Interesse suscitato: alto

Efficacia didattica: Ottima.

E' noto che un proiettile descrive un arco di parabola. Per questo motivo del congegno di mira di un fucile fa parte anche l'ALZO che ha lo scopo di regolare l'inclinazione dell'arma.

La nostra arma non è dotata di alzo e consiste in una cerbottana, realizzata con un tubo di vetro di spessore interno 5 mm, lungo circa un metro. La mira viene presa inquadrando il bersaglio direttamente attraverso la canna (Fig. 59.1).

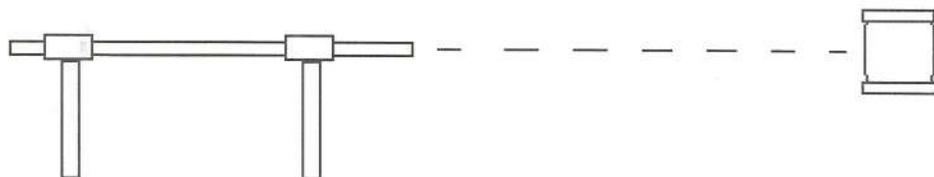


Fig. 59.1. Il bersaglio si deve trovare sull'asse della cerbottana.

Il proiettile è una pallina d'acciaio da cuscinetto a sfere, di diametro opportuno.

Come bersaglio useremo una lattina da bibita vuota. Questa viene sostenuta da un elettromagnete attraverso un circuito la cui interruzione viene comandata dal proiettile stesso. La Fig. 59.2 illustra il congegno:



Fig. 59.2. La bocca del fucile con l'interruttore di stagnola.

Alla bocca della cerbottana si colloca, mediante nastro adesivo, una striscia di carta stagnola indebolita al centro mediante due taglietti prodotti con le forbici. Quando la pallina esce dalla bocca rompe la carta ed apre l'interruttore. Il circuito completo è illustrato in Fig. 59.3.

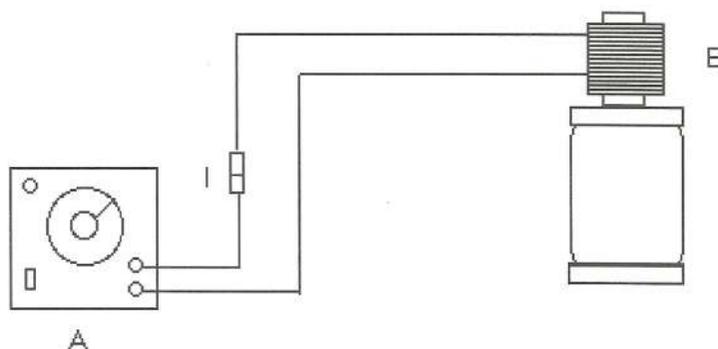


Fig. 59.3. Il circuito di comando del magnete: E = elettromagnete che sostiene la lattina; A = alimentatore da 5-6 Vcc; I = interruttore di carta stagnola.

Si procede come segue:

- 1) Mediante due morsetti si fissa la cerbottana ad un robusto sostegno.
- 2) Si determina, mirando attraverso la canna, la posizione a cui collocare il bersaglio. L'elettromagnete viene sospeso mediante un morsetto. E' importante che dietro il bersaglio non vi siano oggetti fragili, ad esempio lastre di vetro.
- 3) Si applica la carta stagnola alla bocca della cerbottana e, mediante due "coccodrilli" si collega ai due fili che vanno al magnete e all'alimentatore.
- 4) Agendo sull'interruttore si chiude il circuito e si appende la lattina al magnete.
- 5) Si illustra l'apparato agli allievi. Si fa notare che la direzione iniziale della palla punta direttamente verso il bersaglio (la scimmia); ma che nel momento in cui la palla esce dalla bocca della cerbottana, la scimmia si lascia cadere. Quando la situazione fisica è ben chiara, si invitano gli studenti a fare

previsioni: la palla colpirà la scimmia? Solo dopo che gli studenti avranno riflettuto ed espresso le loro previsioni, si passerà al successivo punto

6) Si introduce la pallina nel tubo di vetro e si soffia vigorosamente: si ode chiaramente il rumore della palla che colpisce la lattina.

ATTENZIONE! AL MOMENTO DELLO SPARO TUTTI DEVONO TROVARSI LONTANI DAL BERSAGLIO.

Trattazione quantitativa.

Indichiamo con α l'inclinazione, rispetto all'orizzontale, della canna e quindi della velocità iniziale v_0 del proiettile.

L'unica forza agente è la gravità, diretta verso il basso: quindi l'accelerazione sarà diretta solo verso il basso e vale g . La componente orizzontale della velocità

$$v_x = v_0 \cos \alpha$$

rimane invariata. Perciò, se indichiamo con X l'ascissa del bersaglio, il tempo impiegato a raggiungerlo è

$$T = \frac{X}{v_0 \cos \alpha}.$$

In questo tempo il bersaglio cade per un tratto

$$\Delta y = \frac{1}{2} g T^2$$

pertanto, se all'inizio si trovava all'altezza H , nel momento in cui il proiettile raggiunge l'ascissa X , si trova alla quota

$$y = H - \frac{1}{2} g T^2 \quad (1).$$

L'equazione che descrive il moto verticale del proiettile è

$$y = v_0 \sin \alpha t - \frac{1}{2} g t^2$$

Questa, per $t=T$, produce

$$y = X \tan \alpha - \frac{1}{2} g T^2$$

che è identica alla (1) quando si tenga conto che $H = X \tan \alpha$.

La conclusione è che la palla colpisce sempre il bersaglio, indipendentemente dal valore della velocità iniziale (Fig. 59.4).

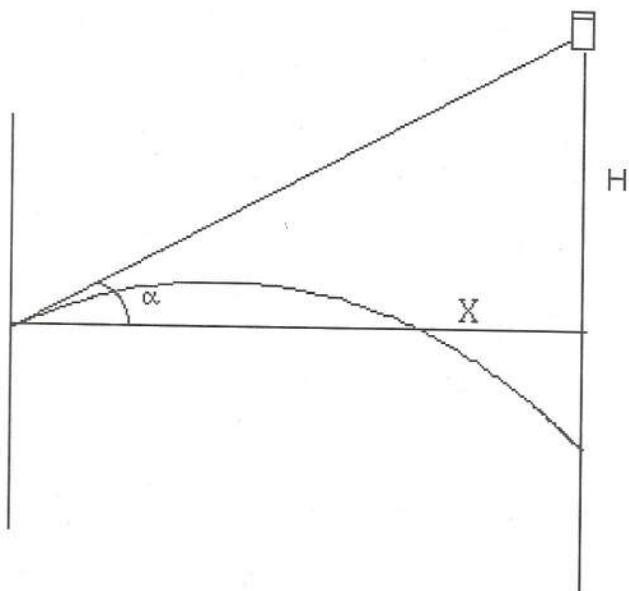


Fig. 59.4 Traiettoria della lattina e del proiettile. Un modo conveniente di guardare il fenomeno è mettersi nel sistema di riferimento (inerziale) ancorato alla scimmia. In questo sistema di riferimento la forza peso non esiste, per cui il proiettile si muove di moto uniforme nella direzione iniziale. È ovvio, pertanto, che finisca con l'urtare la scimmia, qualunque sia la velocità di lancio.

60. UNA REAZIONE ESPLOSIVA

Finalità della dimostrazione: Mostrare gli effetti della reazione tra ossigeno ed idrogeno.

Fascia di età in cui si può proporre: Scuola Media-Liceo.

Grado di difficoltà concettuale: Modesto

Grado di difficoltà di realizzazione: Abbastanza difficile

Materiali richiesti: Alimentatore in continua (12 V)

Vaschetta

Accendigas

Una bottiglia di plastica da acqua minerale da un litro

Interesse suscitato: Buono

Efficacia didattica: Ottima.

Produrre idrogeno è facile: si può fare con l'elettrolisi dell'acqua. Si realizza la disposizione di Fig. 60.1 con una bottiglia di plastica da 1 litro piena d'acqua (del rubinetto) resa acida con qualche goccia di acido cloridrico

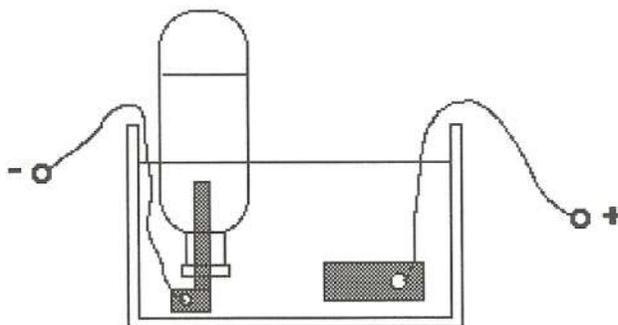


Fig. 60-1. Apparato per l'elettrolisi dell'acqua acidula.

Si riempie parzialmente la vaschetta con la stessa soluzione e vi si immerge il collo della bottiglia. Si introducono poi i due elettrodi, possibilmente di grafite, e li si collega ad un alimentatore in continua (12 V, il catodo nella bottiglia). Dando corrente si osserva ad ambedue gli elettrodi lo sviluppo di bollicine: la bottiglia grande raccoglie idrogeno. La cosa può richiedere qualche ora; quindi conviene iniziarla in una lezione e portarla a termine senza la presenza degli studenti.

Nel frattempo si prepara il detonatore. Il nostro è costituito da due sottili elettrodi di rame, ricavati da normale cavo elettrico, lunghi qualche centimetro che vanno fatti passare per il tappo della bottiglia. A questo scopo basta riscaldarli, ad es. con un saldatore elettrico. Si dispongono in modo tale che non siano a contatto e che la loro distanza non superi qualche millimetro. Si chiudono con cura i forellini con due gocce di colla, da una parte e dall'altra

del tappo.

Si interrompe il processo quando il volume della bottiglia è ancora occupato per 1/3 dalla soluzione. Si spegne l'alimentatore e si tolgono gli elettrodi. A questo punto bisogna aggiungere l'ossigeno. La cosa migliore è farsi prestare da una farmacia una bombola e, mediante un tubo di plastica infilato sotto il collo della bottiglia, provvedere al riempimento.

Terminata l'operazione, si estrae la bottiglia e rapidamente la si tappa prestando attenzione che i due elettrodi non si tocchino. Infine, rinforzato il tappo con qualche giro di nastro adesivo, si può procedere all'esplosione del "gas tonante". Si collegano i due elettrodi, mediante qualche metro di cavo, ad un accendino piezoelettrico per il gas (Fig. 60.2)

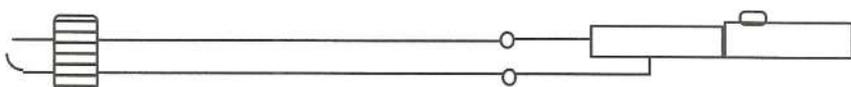
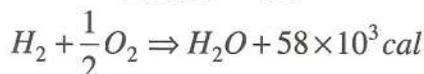


Fig.60.2. Il detonatore per la miscela di idrogeno e ossigeno.

Si dispone la bottiglia in modo che sia ben visibile, ma lontana dagli studenti. Anche l'insegnante deve mantenersi a qualche metro di distanza. Prima della detonazione è anche opportuno fare insieme qualche calcolo.

Nella bottiglia abbiamo 2/3 di litro di idrogeno e 1/3 di litro di ossigeno.

0,7 litri di H_2 corrispondono a $\frac{0,7 \text{ litri}}{22 \text{ litri}} = \frac{1}{32} \text{ mole}$. La reazione è



Nel nostro caso si libera un'energia pari a $\frac{58}{32} \times 10^3 \text{ cal} \cong 2 \text{ kcal}$ che è una considerevole quantità di energia. A reazione avvenuta nella bottiglia si ha $\frac{1}{32} \text{ mole}$ di acqua.

Prendendo per l'acqua un calore molare pari a $\frac{7}{2} R \cong 7 \frac{\text{cal}}{\text{K mole}}$, si può

prevedere un aumento di temperatura di

$$\frac{2 \text{ kcal}}{7 \frac{\text{cal}}{\text{K mole}} \times \frac{1}{32} \text{ mole}} \approx 8000 \text{ K}$$

Questo sarebbe l'aumento di temperatura se l'energia venisse tutta conferita solamente all'acqua prodotta nella reazione. La pressione all'interno della bottiglia diventa

$$p = nR \frac{T}{V} = \frac{1}{32} 8 \times 10^{-2} \times \frac{8 \times 10^3}{1} \text{ Atm} \approx 20 \text{ Atm}$$

Le pareti resisteranno oppure no a questa pressione? Gli studenti sono invitati ad esprimere previsioni.

Il risultato della detonazione può essere una fragorosa esplosione con la rottura della bottiglia o, più spesso, un colpo forte e secco: quest'ultima eventualità è il segno che la plastica ha resistito. Tutto ciò dipende dalla resistenza delle pareti. Se la bottiglia non si rompe, risulta caldissima al tatto; in breve, tuttavia, si raffredda e si accartoccia in conseguenza del calo di pressione. **Ovviamente sarebbe molto pericoloso ripetere la dimostrazione con recipienti di vetro o con maggiori quantità di gas.**

61.MOTO BROWNIANO

Finalità della dimostrazione: Mostrare direttamente il moto caotico di corpuscoli in sospensione.

Fascia di età in cui si può proporre: liceo

Grado di difficoltà concettuale: Modesto.

Grado di difficoltà di realizzazione: Difficile.

Materiali richiesti:
Proiettore
Microscopio
Vetrino portaoggetti
Telecamera e televisore
Lattice di polistirene

Interesse suscitato: Buono.

Efficacia didattica: Ottima.

Il lattice di polistirene è costituito da sferule di polistirene, utilizzate come campioni di misura in microscopia elettronica, di diametro di circa $1 \mu\text{m}$, in sospensione liquida. Per poterle osservare al microscopio è necessario diluire molto fortemente la sospensione: si consiglia di disperderne una goccia in una provetta di acqua distillata. Una goccia di questa andrà posta nel cratere di un vetrino porta-oggetti, di uso comune in microscopia. Questo si coprirà con un secondo vetrino, piano, per impedirne l'evaporazione (Fig.61.1).

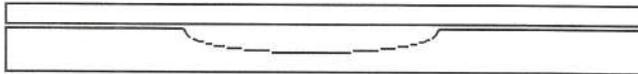


Fig. 61.1. Vetrino da microscopio dotato di cratere.

La disposizione dei componenti è illustrata nella Fig. 61.2. La soluzione di solfato di rame (60 mg/litro) ha la funzione di filtro termico. Per il microscopio, si consiglia un obiettivo 40 X ed un oculare 10 X.

In queste condizioni è facile osservare direttamente al microscopio le sferule, le cui immagini sono caratterizzate da belle figure di diffrazione.

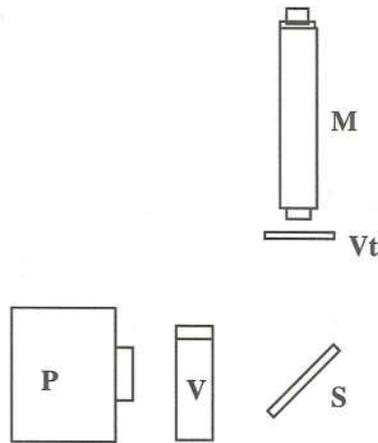


Fig. 61.2. Componenti del dispositivo per l'osservazione del moto browniano. P è il proiettore, V una vaschetta contenente una soluzione di solfato di rame, S uno specchietto disposto a 45°, Vt il vetrino che porta la soluzione da osservare ed M il microscopio.

Volendo rendere l'immagine osservabile da un'intera classe si consiglia di usare la televisione e circuito chiuso. A tale scopo si toglie l'obiettivo dalla telecamera e la si colloca al di sopra dell'oculare del microscopio in maniera che l'immagine si formi direttamente sul fotocatodo (Fig. 61.3).

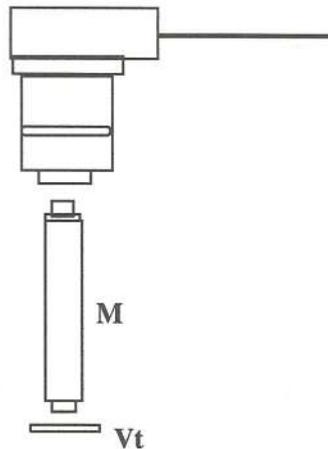


Fig. 61.3. Disposizione della telecamera per l'osservazione al microscopio.

62. MISURA DI TEMPI BREVI

62.1. VELOCITA' DI ROTAZIONE DI UN VENTILATORE

Finalità della dimostrazione: Utilizzare l'oscilloscopio come misuratore di tempi.

Fascia di età in cui si può proporre: Liceo

Grado di difficoltà concettuale: Semplice

Grado di difficoltà della realizzazione: Abbastanza difficile. Richiede una certa dimestichezza con l'oscilloscopio.

Materiali richiesti: Ventilatore

Lampada stroboscopica

Circuito foto-sensibile

Oscilloscopio a raggi catodici

Interesse suscitato: Discreto

Efficacia didattica: Buona.

Qual è la frequenza con cui gira un ventilatore? Si invitano i ragazzi, come sempre, a fare delle ipotesi. Una buona stima della frequenza si può fare se si dispone di una lampada stroboscopica. Nell'aula oscurata si mette in moto un ventilatore e lo si illumina con la lampada stroboscopica. Conviene partire con un'alta frequenza e scendere progressivamente. Si raggiunge una frequenza tale che, scostandosi leggermente da questa, sia in crescere che in calare, le pale del ventilatore sembrano girare lentamente rispettivamente in senso inverso o diretto. Significa che la frequenza dello stroboscopio è uguale a quella del ventilatore, ovvero che nel tempo che intercorre tra un lampo e il successivo, una pala viene sostituita da quella adiacente. Sullo strumento è indicata la frequenza dei lampi che emette.

Una misura più accurata si ottiene con l'oscilloscopio. Si consideri il circuito di Fig. 62.1.

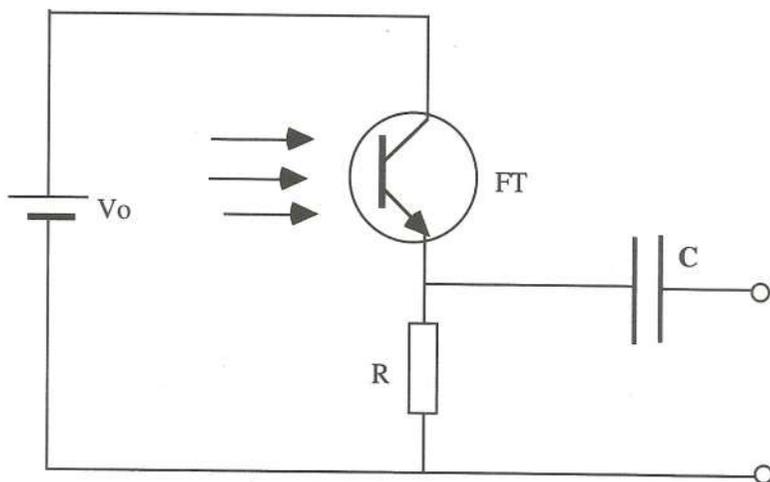


Fig. 62.1. Circuito foto-sensibile. FT= foto-transistor TIL 78; R= 1 k Ω ; C= 1 μ F; V₀= 9 V.

Il fototransistor si comporta come una resistenza il cui valore cala repentinamente quando viene illuminata. La tensione ai capi del resistore R è quindi alta quando Ft è illuminato; bassa quando è oscurato. Basta allora portare la tensione ai capi di R all'ingresso dell'oscilloscopio. Si fissa il fototransistor ad un sostegno orizzontale in modo tale che riceva la luce emessa da un proiettorino. Tra il proiettore e il fototransistor si colloca il ventilatore (Fig. 62.2)

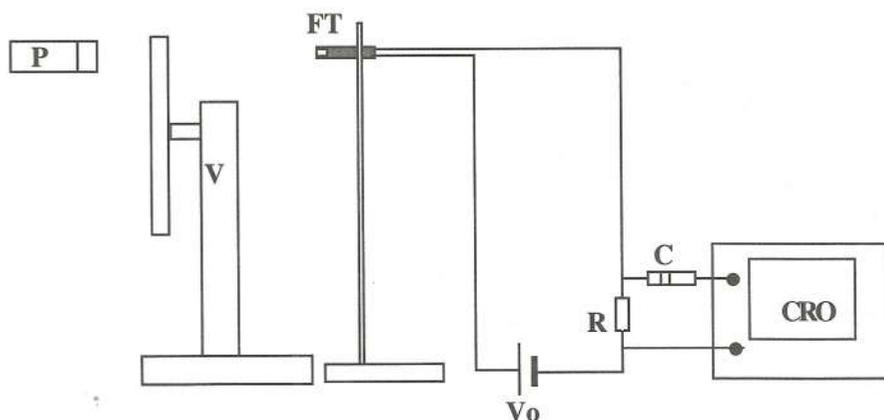


Fig. 62.2. Schema dell'apparato. P= proiettore, V= ventilatore, FT= fototransistor, Vo= batteria da 9 V, R= resistore 1 k Ω , C= condensatore da 1 μ F; CRO= oscilloscopio.

Fatto buio nell'aula, ed acceso il proiettore, si fanno girare le pale del ventilatore con la mano e si osserva che si hanno segnali, di segno diverso, quando il fototransistor passa dall'ombra alla luce o dalla luce all'ombra. Messo in moto il ventilatore, il segnale che si osserva è simile a quello di Fig. 62.3.

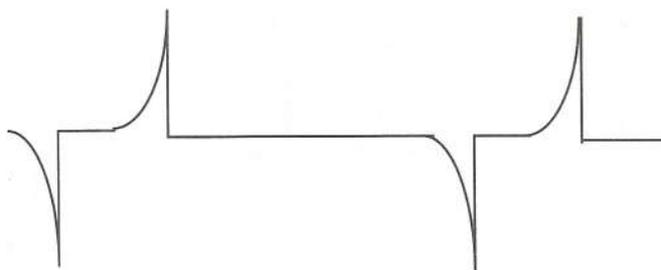


Fig. 62.3. Forma del segnale che si osserva all'oscilloscopio.

Sullo schermo si legge la distanza tra due picchi omologhi che, in base alla taratura dell'asse dei tempi (in ms/div), consente di passare all'intervallo di tempo e da questo alla frequenza.

62.2. VELOCITA' DEL SUONO

Finalità della dimostrazione: Misurare direttamente la velocità del suono

Fascia di età in cui si può proporre: Liceo

Grado di difficoltà concettuale: Modesto

Grado di difficoltà di realizzazione: Abbastanza facile. Richiede una certa dimestichezza con l'oscilloscopio.

Materiali richiesti: Una vecchia pentola metallica

Un martello

Microfono

Amplificatore

30 m di cavetto schermato

Oscilloscopio a raggi catodici

Due batterie da 4,5 V

Condensatore da 1 μF

Resistore da 1 $\text{k}\Omega$

Interesse suscitato: Discreto

Efficacia didattica: Buona.

La misura dev'essere effettuata in un'aula spaziosa (palestra, lungo corridoio) o all'esterno. Si fissa una pentola di alluminio o di rame ad un sostegno robusto in modo che sia mantenuta in posizione orizzontale (Fig. 62. 4). Una campana risponde meglio allo scopo; ma è più difficile da trovare.

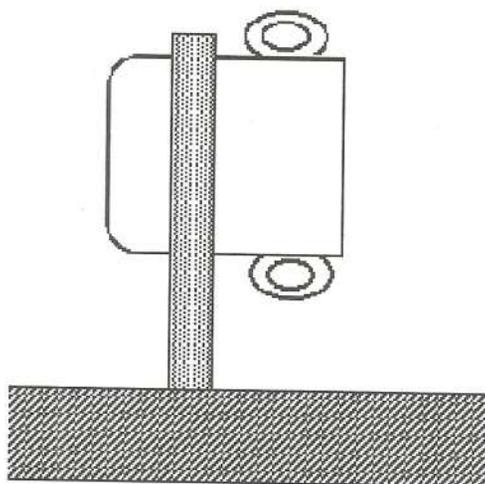


Fig. 62.4. Posizionamento della pentola.

Alla parete della pentola si fissa, con una vite, un filo di rame, in modo da realizzare il circuito di Fig. 62.5.

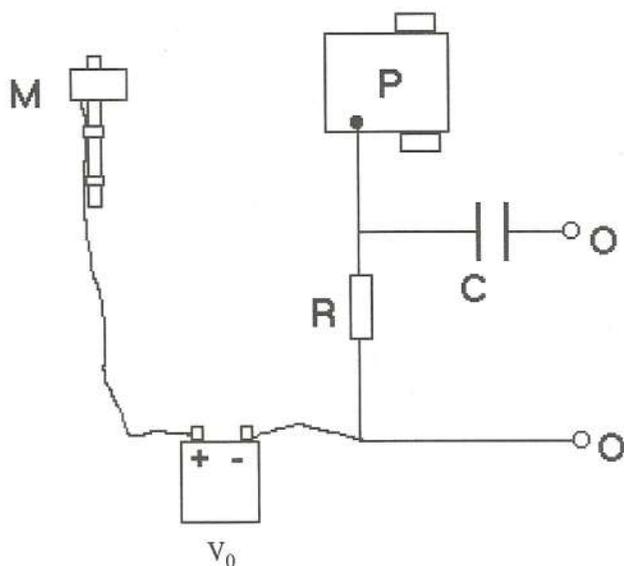


Fig. 62.5. Circuito generatore d'impulsi. La batteria $V_0=9\text{ V}$ è collegata al martello M e, tramite la resistenza R da $1\text{ k}\Omega$, alla pentola. C è un condensatore da $1\mu\text{F}$. Gli elettrodi O vanno all'oscilloscopio.

Quando il martello batte sul fondo della pentola il circuito si chiude e ai capi di R si ha un impulso di tensione che, attraverso il condensatore C, viene portato all'oscilloscopio, distante una trentina di metri, tramite un cavo schermato. Ad ogni colpo di martello, sullo schermo si osserva un picco di tensione che precede il rumore del colpo. In prossimità dell'oscilloscopio si piazza anche un microfono il cui segnale viene portato al secondo canale dell'oscilloscopio, attraverso un amplificatore (Fig. 62.6).

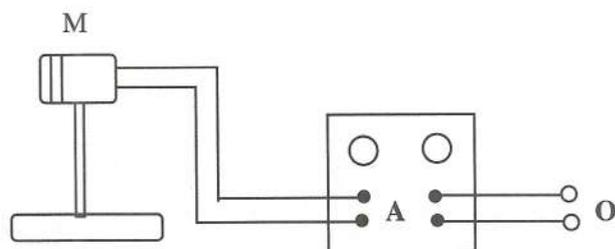


Fig. 62.6. Apparato per raccogliere il segnale dal microfono. M= microfono; A amplificatore, O indica l'oscilloscopio.

Ad ogni colpo di martello sullo schermo dell'oscilloscopio si osservano due segnali: uno proveniente dal circuito di partenza e uno dal microfono. Il secondo è in ritardo rispetto al primo di un tempo che è difficile valutare per un colpo solo. Tuttavia, se l'addetto al martello colpisce con un certo ritmo regolare è possibile stimare con una certa precisione il ritardo del segnale sonoro rispetto a quello elettrico. La scala dei tempi (in ms/div) consente di trasformare la distanza dei segnali (il numero di divisioni) in millisecondi. Misurata la distanza tra la pentola e il microfono, si ottiene la velocità del suono.

63. LUMINOSI FEED-BACK

Finalità della dimostrazione: Introdurre il concetto di feed-back

Fascia di età in cui si può proporre: Scuola media-liceo.

Grado di difficoltà concettuale: Modesto

Grado di difficoltà di realizzazione: Molto facile

Materiali richiesti: Comando foto-elettrico

Interesse suscitato: Alto

Efficacia didattica: Ottima.

La cosa migliore è procurarsi un comando-fotoelettrico (magari usato) presso un elettricista. Si tratta di quei congegni che comandano l'accensione delle lampade all'imbrunire. Hanno un difetto: funzionano con la tensione di rete e quindi richiedono una certa attenzione nel maneggiarli.

Potrebbe essere necessario apportare una piccola modifica.

Del circuito fa parte un grosso condensatore, che ha lo scopo di aumentarne l'inerzia alla risposta, cioè di fare in modo che il relé cambi stato solo dopo un certo intervallo di tempo. Se questo risultasse troppo lungo per i nostri scopi, basterà corto-circuitarlo.

Possiamo schematizzarne il funzionamento nel modo indicato in Fig. 63.1.

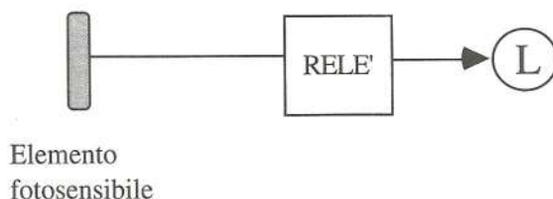


Fig.63.1. L'elemento fotosensibile invia un impulso elettrico al relé che comanda l'accensione o lo spegnimento di una lampada.

Fino a quando la foto-resistenza è illuminata, la lampada rimane spenta; quando è al buio comanda al relé la chiusura di un interruttore che fa accendere la lampada.

Il relé ha anche un secondo interruttore, generalmente non utilizzato, che ha una funzione opposta al primo: comanda lo spegnimento della lampada quando l'elemento sensibile è al buio.

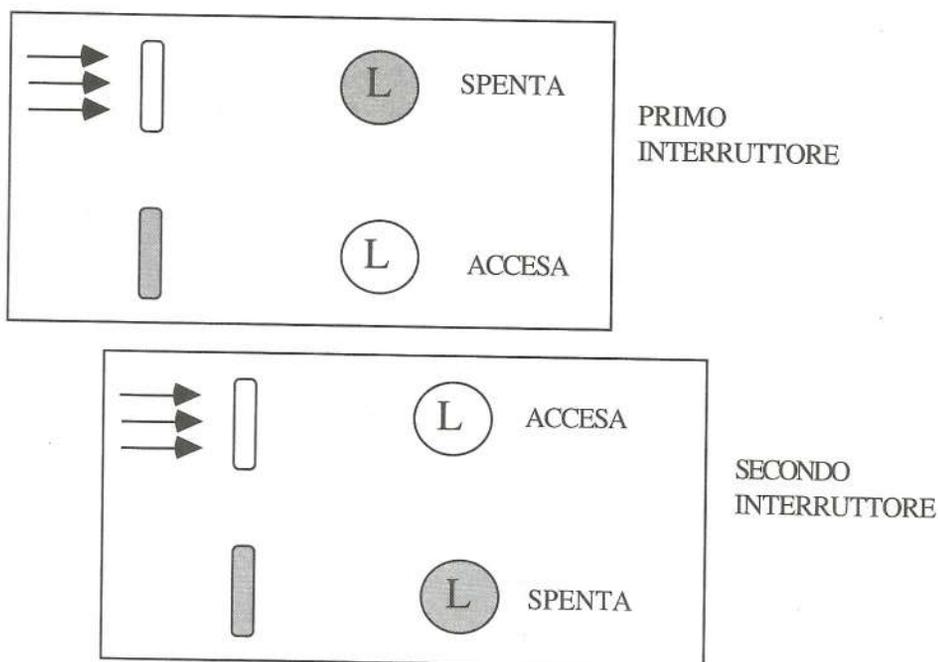


Fig. 63.2. Schema di funzionamento del dispositivo fotoelettrico.

Convien mostrare il funzionamento utilizzando, in luogo della lampada, un campanello elettrico, che si può comandare con la lampada dell'aula. Se si utilizza il primo interruttore, quando si spegne la luce, il campanello suona e smette quando la si riaccende; mentre se si utilizza il secondo, succede il contrario.

Si riprova poi sostituendo una lampada al campanello, avendo l'accortezza di orientare l'elemento fotosensibile in una direzione diversa da quella della lampada.

Se si utilizza quello che abbiamo chiamato il secondo interruttore del relé, quando si accende la luce, il congegno comanda l'accensione della lampada.

Si colloca poi la lampada di fronte all'elemento fotosensibile: illuminando per un momento la fotoresistenza con una torcia elettrica la lampada si accende e rimane accesa. Di grande effetto è mostrare che si può accendere la lampada con un cerino: Fig. 63.3.

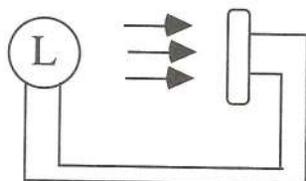


Fig. 63.3. La lampada è posta davanti all'elemento fotosensibile. Anche un breve lampo di luce provoca l'accensione della lampada, che rimane accesa per effetto della contro-reazione positiva.

E' un chiaro esempio di feed-back positivo.

Si cambia l'interruttore del relé, cioè si passa a quello che comanda l'accensione quando la fotoresistenza è al buio e viceversa. Si chiede alla scolaresca di prevedere che cosa accadrà, collocando la lampada davanti all'elemento fotosensibile. Vi è sempre qualcuno che fornisce la risposta esatta: la lampada comincia a lampeggiare, fornendo un luminoso esempio di feed-back negativo.

Chi abbia una certa confidenza con il saldatore e lo stagno può facilmente realizzare il comando fotoelettrico secondo lo schema di Fig. 63.4.

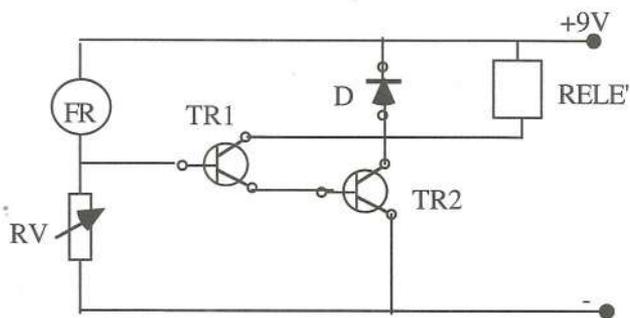


Fig. 63.4. Schema del comando fotoelettrico. FR = FOTORESISTENZA ORP 12; TR1 = TR2 = TRANSISTOR BC107; RV = RESISTENZA VARIABILE DA 10 K Ω ; D = DIODO 1N4148; RELE' da 9 V.

64. VELOCITA' DI UN IMPULSO ELETTRICO IN UN CAVO

Finalità della dimostrazione: Misurare la velocità di propagazione di un impulso in un cavo.

Fascia di età in cui si può proporre: ultimo anno di liceo

Grado di difficoltà concettuale: richiede confidenza con la propagazione dei segnali in una molla.

Grado di difficoltà di realizzazione: piuttosto elevato.

Materiali richiesti: Generatore d'impulsi
Oscilloscopio a raggi catodici.
Cavo coassiale (100 m)
Circuito derivatore (vedi testo)

Interesse suscitato: buono

Efficacia didattica: Ottima.

Il cavo coassiale è il comune cavo che viene utilizzato per collegare l'antenna della televisione con l'apparecchio domestico. Si trova in vendita nei normali negozi di apparecchiature elettriche. E' costituito da un grosso filo centrale di rame disposto sull'asse di una cavo di materiale plastico isolante. Questo è rivestito da una calza costituita da una treccia di sottili fili di rame protetta da un mantello isolante esterno (Fig. 64.1).

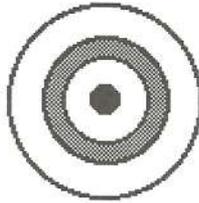


Fig. 64.1. Sezione di un comune cavo per antenna TV.

Vogliamo misurare la velocità con cui si propaga lungo il cavo un segnale di tensione tra il filo centrale e la calza .

Per cominciare consideriamo il circuito RC di Fig. 64.2.

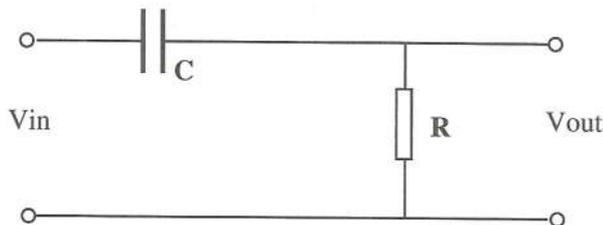


Fig. 64.2. Se i segnali inviati all'ingresso hanno periodo molto lungo rispetto alla costante di tempo del circuito RC, il circuito funziona come differenziatore.

Poniamo di applicare all'ingresso una tensione a gradino. La risposta in uscita è una tensione che cala esponenzialmente, con una costante di tempo RC (Fig. 64.3).

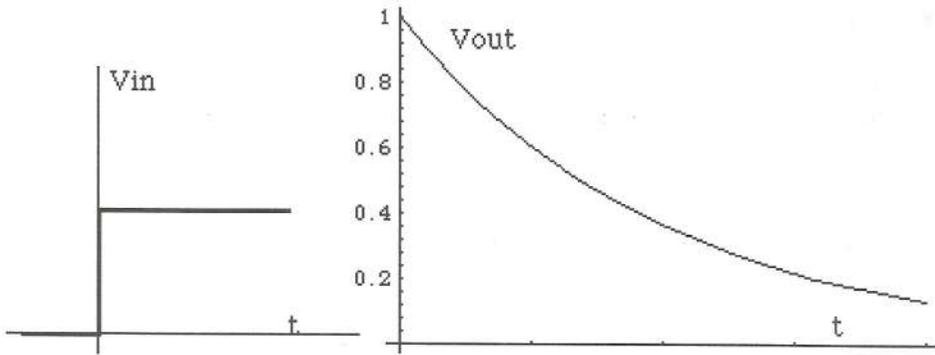


Fig. 64.3 La risposta ad un segnale a gradino è un segnale esponenziale.

Se la costante di tempo del circuito è molto breve, rispetto alla durata del segnale, in uscita si ha semplicemente un impulso molto breve di tensione. Se all'ingresso mandiamo un'onda quadra, in uscita si hanno impulsi molto brevi, alternativamente positivi e negativi (Fig.64.4).

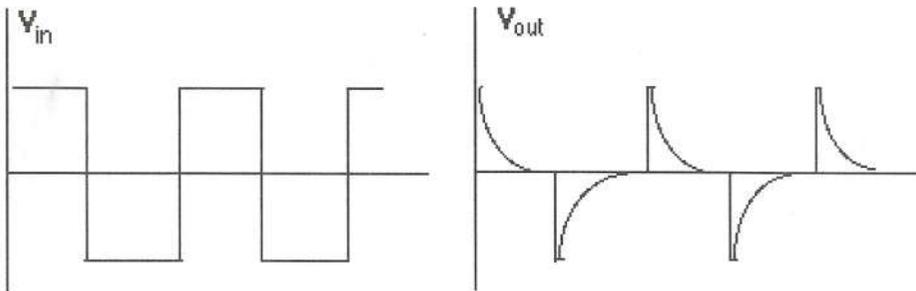


Fig. 64.4. Forma dei segnali elettromagnetici in uscita dal circuito derivatore.

I valori che consigliamo sono $R=10\text{ kW}$, e $C= 1\text{ nF}$.

Il segnale è meglio interpretabile se, all'uscita, inseriamo un diodo (Fig. 64.5).

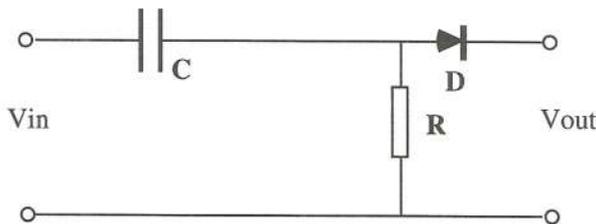


Fig. 64.5. Il diodo posto in uscita consente di avere solo segnali di segno positivo.

L'apparato è illustrato nella Fig. 64.6

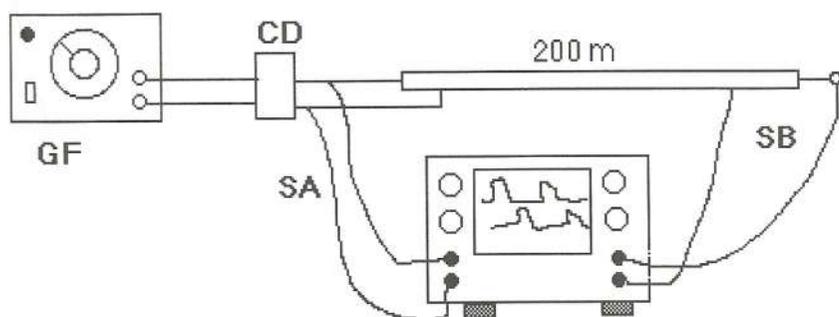


Fig. 64.6. Il generatore di frequenze GF produce segnali ad onda quadra; il circuito differenziatore CD li trasforma in impulsi molto brevi che vengono osservati e confrontati all'oscilloscopio, all'inizio e alla fine del cavo.

Il generatore di frequenze produce un segnale ad onda quadra di frequenza variabile. Questo, passando attraverso il circuito derivatore CD viene trasformato in impulsi molto brevi che si possono osservare sul canale A dell'oscilloscopio mediante la sonda SA. A questo punto si connette il cavo: un'estremità all'uscita del circuito derivatore (ed al canale A dell'oscilloscopio), l'altra estremità al canale B, tramite la sonda SB.

Sullo schermo dell'oscilloscopio, si osserva che i segnali del canale B sono simili a quelli del canale A, ma in ritardo rispetto a questi. Dalla taratura della scala dei tempi dello strumento si risale alla misura del ritardo temporale. Quando sia nota la lunghezza del cavo, si ottiene il valore della velocità di propagazione del segnale. Il risultato che si ottiene è di circa 2×10^8 m/s; cioè circa $2/3$ della velocità della luce nel vuoto. Questo trova una spiegazione nel fatto che il segnale elettromagnetico non si propaga nel vuoto, ma nel polietilene (questo è il materiale che separa i due conduttori). Il valore della costante dielettrica relativa di questo materiale è $\epsilon_r=2,25$; per cui la velocità delle onde elettromagnetiche è

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}} \cong 2 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

65. CIRCUITI DERIVATORE E INTEGRATORE

Finalità della dimostrazione: Studio di circuiti RC

Fascia di età in cui si può proporre: Ultimo anno di liceo

Grado di difficoltà concettuale: Abbastanza alto.

Grado di difficoltà di realizzazione: Facile.

Materiali richiesti:

Generatore di funzioni a frequenza variabile

Un resistore da 10 k Ω , 1/4 W

Un condensatore da 10³ pF, 16 V

Oscilloscopio

Interesse suscitato: Discreto

Efficacia didattica: Buona.

CIRCUITO DERIVATORE

Si consideri il circuito di Fig. 65.1.

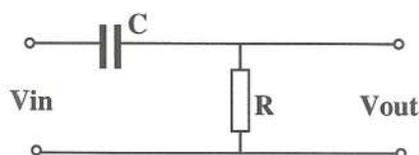


Fig. 65.1. C indica un condensatore ed R un resistore.

Il suo comportamento è descritto dall'equazione

$$V_{in} = \frac{1}{C}q + V_{out}$$

da cui

$$\frac{dV_{in}}{dt} = \frac{1}{C}i + \frac{dV_{out}}{dt}$$

o anche

$$\frac{dV_{in}}{dt} = \frac{1}{RC}V_{out} + \frac{dV_{out}}{dt}$$

Se la costante di tempo del circuito RC è molto piccola, l'ultimo termine è trascurabile rispetto al secondo, nella somma che compare a destra, e l'equazione si riduce a

$$V_{out} = RC \frac{dV_{in}}{dt}$$

Cioè il segnale di tensione in uscita è la derivata del segnale in ingresso.

Una efficace dimostrazione didattica si ottiene mediante il circuito di Fig. 65.2.

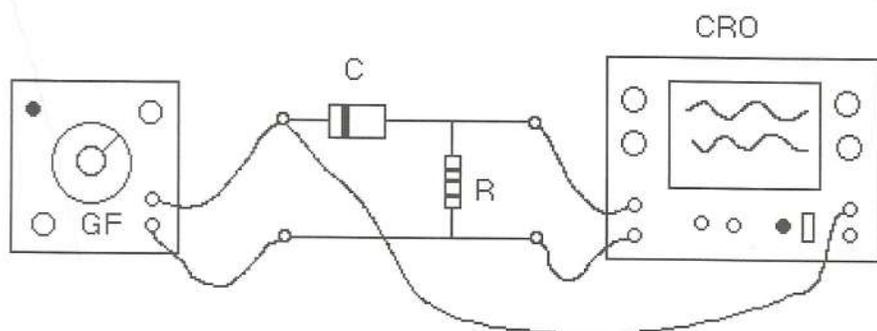


Fig. 65.2. GF è un generatore di funzioni; CRO è un'oscilloscopio a doppia traccia; $R=10\text{k}\Omega$ e $C=10^3\text{ pF}$.

Sul generatore di funzioni si seleziona un segnale sinusoidale da inviare all'ingresso del nostro circuito. Questo si può osservare sul canale A dell'oscilloscopio, mentre sul B si osserva il segnale in uscita. I due segnali risultano sfasati di $1/4$ di periodo (Fig. 65.3).

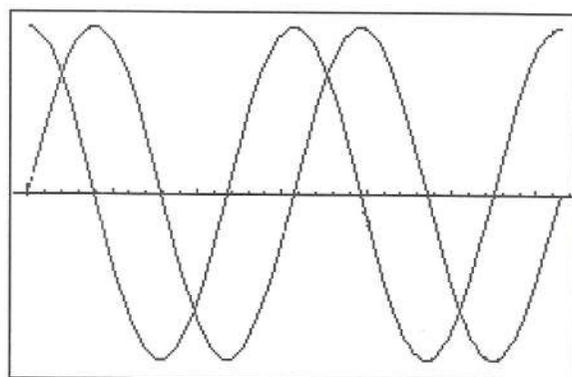


Fig. 65.3. Se all'ingresso vi è un segnale sinusoidale, all'uscita si ha un segnale dello stesso tipo, ma con una sfasatura di $1/4$ di periodo.

Se, sul generatore di funzioni, si seleziona un segnale a onda quadra, la risposta è del tipo indicata in Fig. 65.4.

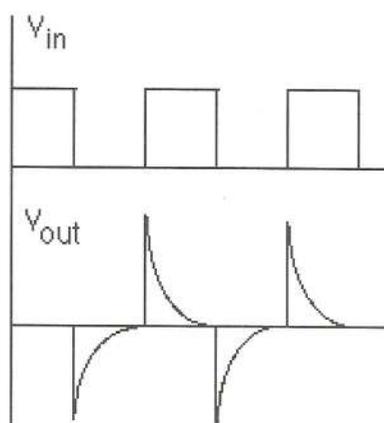


Fig. 65.4. La risposta ad un'onda quadra è un segnale ad impulsi. Infine, con un'onda triangolare, all'uscita si ha il segnale indicato in Fig. 65.5.

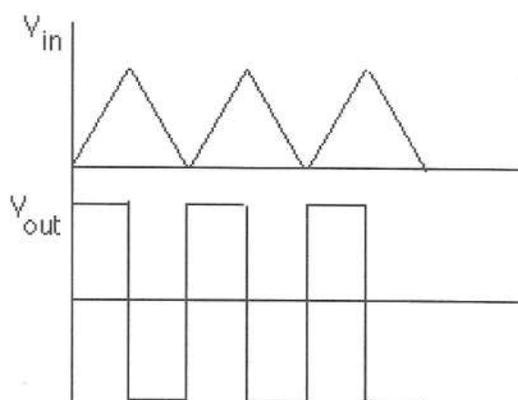


Fig. 65.5. La risposta ad un'onda triangolare è un segnale ad onda quadra.

CIRCUITO INTEGRATORE

Si consideri il circuito di Fig. 65.6.

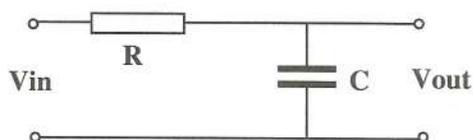


Fig. 65.6. Circuito integratore per segnali di periodo $\gg RC$.

L'equazione è ancora

$$V_{in} = Ri + V_{out}$$

dove

$$V_{out} = \frac{1}{C} \int i dt$$

Poniamo che la frequenza del segnale sia molto alta rispetto all'inverso della costante di tempo del circuito, cioè che

$$T \ll RC$$

In queste condizioni il segnale è molto attenuato, cioè

$$V_{out} \ll V_{in}$$

per cui

$$i \cong \frac{V_{in}}{R}$$

Sarà allora

$$V_{out} = \frac{1}{RC} \int V_{in} dt.$$

Una dimostrazione didattica si ottiene mediante l'apparato di Fig. 65.7.

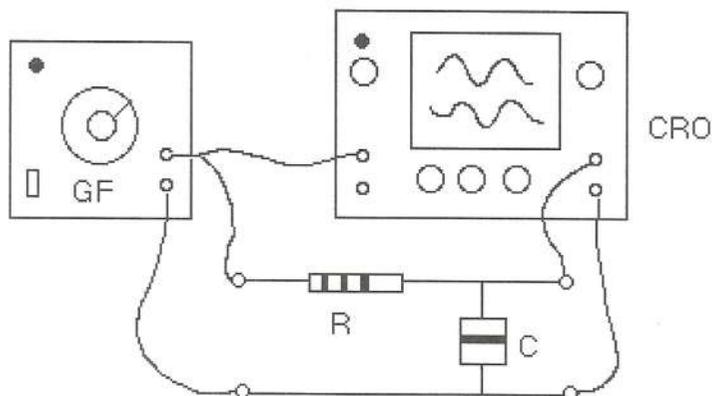


Fig. 65.7. Circuito integratore. GF= generatore di frequenze; CRO= oscilloscopio a doppia traccia; R= 100 k Ω e C= 10 nF.

La Fig.65.8 illustra le risposte alle varie forme d'onda in ingresso.

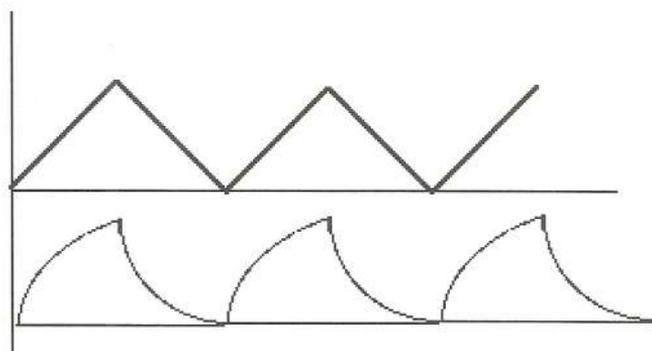
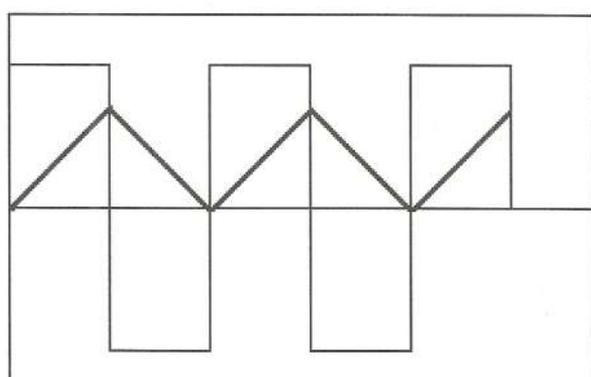
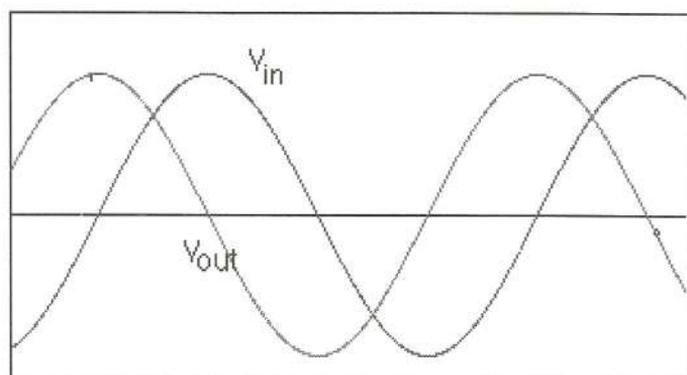


Fig. 65.8. Risposte a varie forme d'onda in ingresso: sinusoidale, quadrata, triangolare.

66. GLI ANELLI DI DOPPLER

Finalità della dimostrazione: Applicazione dell'effetto Doppler ottico.

Fascia di età in cui si può proporre: Liceo

Grado di difficoltà concettuale: Abbastanza difficile: si deve conoscere la gravitazione universale e l'effetto Doppler.

Grado di difficoltà di realizzazione: Facile, ma richiede notevole accuratezza.

Materiali richiesti: Una copia su acetato della fotografia allegata a questa scheda

Interesse suscitato: Abbastanza buono.

Efficacia didattica: Ottima.

Il primo ad osservare la struttura composta di Saturno fu Galileo nel 1610. Il suo strumento non gli consentì di riconoscere gli anelli, che interpretò come due protuberanze che emergevano dal corpo centrale. Fu nel 1656 che Huygens riconobbe l'esistenza degli anelli che caratterizzano il pianeta e vent'anni dopo l'astronomo italiano Cassini, direttore dell'Osservatorio di Parigi, osservò la presenza di una grande interruzione: la divisione di Cassini.

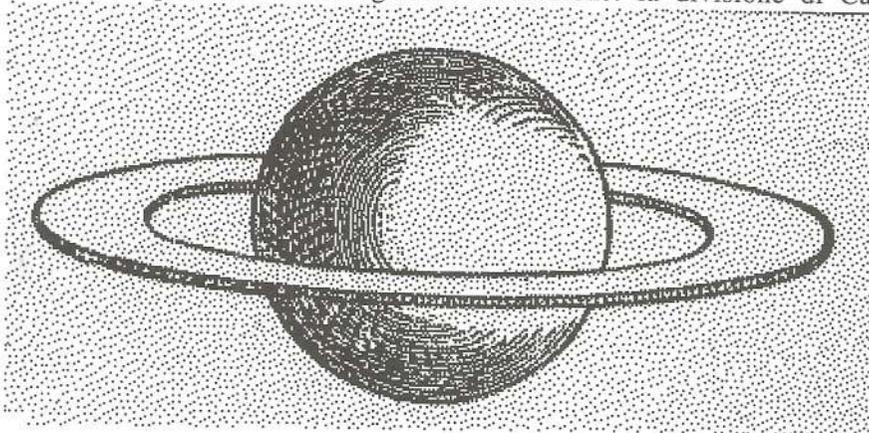


Fig. 66.1. Saturno come lo vide Huygens nel 1655: "Annulo cingitur tenui, plano, nunquam cohaerente ad eclipticam inclinato".

Nel 1856 Maxwell avanzò l'ipotesi che gli anelli non fossero solidi e compatti; ma costituiti da corpuscoli più o meno massicci, orbitanti intorno al corpo principale. L'ipotesi fu confermata nel 1895 dall'astronomo James Keeler attraverso l'analisi spettroscopica della luce proveniente dal pianeta. Nel suo articolo pubblicato sull'*Astrophysical Journal* nel 1895 scriveva:

" L'ipotesi che gli anelli di Saturno siano costituiti da un'immensa moltitudine di piccoli corpi che girano intorno a Saturno su orbite circolari è stata chiaramente stabilita fin dalla pubblicazione del classico lavoro di Maxwell del 1859. Tutti i fenomeni osservati negli anelli trovano la loro naturale e completa spiegazione in essa, e l'investigazione matematica mostra che un anello solido o fluido non potrebbe esistere nelle condizioni in cui si trova l'anello reale.

Recentemente ho ottenuto una prova spettroscopica della costituzione meteorica dell'anello che è interessante perché è la prima prova diretta e perché illustra in maniera bellissima l'utilità del principio di Doppler. Poiché le velocità relative di parti diverse dell'anello sarebbero decisamente diverse nelle due ipotesi di struttura rigida e costituzione meteorica, è possibile distinguere fra queste due ipotesi misurando il moto di parti differenti dell'anello sulla linea di vista".

In questa esercitazione ci proponiamo di ripetere le osservazioni di Keeler e seguire le argomentazioni di Maxwell.

Se l'anello avesse struttura compatta la velocità delle sue parti sarebbe direttamente proporzionale alla distanza dal centro

$$V = \omega R$$

dove ω è la velocità angolare. La componente della velocità diretta verso la Terra sarebbe data da

$$v = V \frac{x}{R}$$

dove x è la distanza dal centro normale alla linea di vista .

Se, invece, l'anello è costituito da meteoriti orbitanti intorno al corpo centrale, per questi vale la terza legge di Keplero:

$$V \propto \frac{1}{\sqrt{R}}$$

dove R è il raggio dell'orbita. Per la componente della velocità in direzione dell'osservatore sussiste la relazione

$$v = V \frac{x}{R} \propto \frac{1}{\sqrt{R^3}} x$$

Tuttavia la fenditura dell'oscilloscopio seleziona, dell'anello, le parti estreme, quelle per cui $R=x$. Per queste la precedente si riduce a

$$v \propto \frac{1}{\sqrt{x}} \quad (2)$$

Se il corpo centrale è compatto e l'anello è meteorico, per il primo vale la (1); per il secondo la (2), rappresentate nella Fig. 66.1, ricavata dall'articolo originale di Keeler.

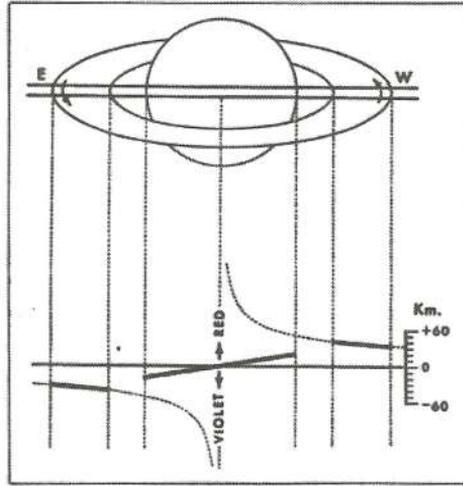


Fig. 66.1. Andamento della componente della velocità nella direzione della linea di vista nell'ipotesi di una struttura compatta per il corpo centrale e meteorica per l'anello (Da *Astrophysical Journal*, 1895)

Il principio di Doppler a cui si riferisce Keeler è quello secondo il quale ad una velocità relativa v tra emettitore e ricevitore di onde elettromagnetiche corrisponde uno spostamento di lunghezza d'onda $\Delta\lambda$ di tale che :

$$\Delta\lambda = \frac{v}{c} \lambda \quad (3)$$

dove λ è la lunghezza d'onda e c la velocità della luce.

Nel caso di un pianeta - che riflette la luce ricevuta dal Sole - lo spostamento delle righe spettrali è la somma degli effetti di rotazione rispetto al Sole e rispetto all'osservatore. Quando il pianeta è all'opposizione, come nel nostro caso, lo spostamento Doppler dovuto alla riflessione è raddoppiato (Fig. 66.2).

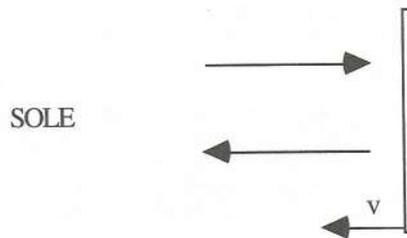


Fig. 66.2. Uno specchio si avvicina al Sole con velocità v . La variazione di lunghezza d'onda è $2v/c$.

Inoltre, lo spostamento di una estremità del disco equatoriale rispetto all'altra è proporzionale alla differenza delle loro velocità rispetto all'osservatore (Fig. 66.3)

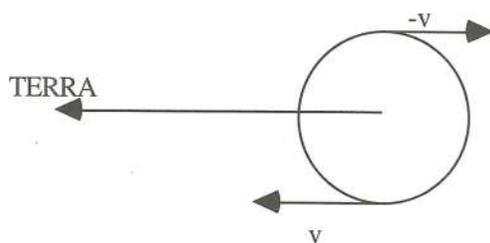
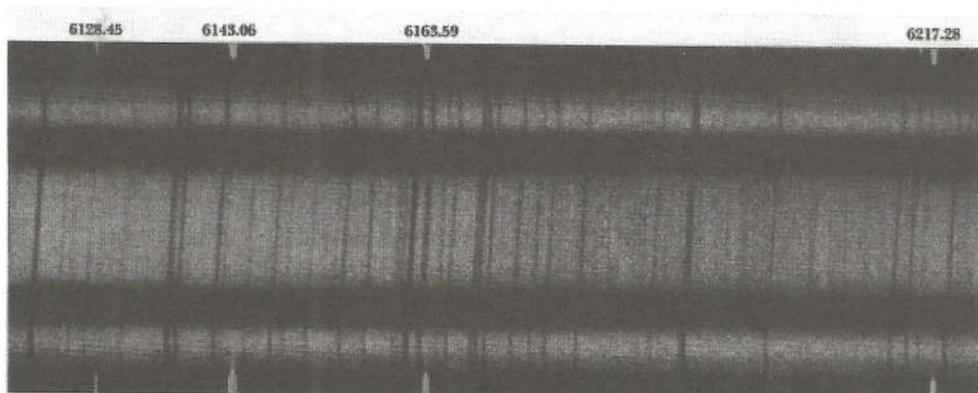


Fig. 66.3. Lo spostamento Doppler di un'estremità del disco equatoriale rispetto all'altra è $2v/c$.

Pertanto, nel nostro caso, la legge dello spostamento Doppler, assume la forma

$$\frac{v}{c} = \frac{\Delta\lambda / 4}{\lambda} \quad (4)$$

dove $\Delta\lambda$ indica lo spostamento Doppler misurato sullo spettrogramma. La fotografia che accompagna la presente guida all'esercitazione (Fig. 66.4) è una spettrogramma di Saturno e dei suoi anelli ripreso mediante il potente strumento di un famoso osservatorio astronomico.



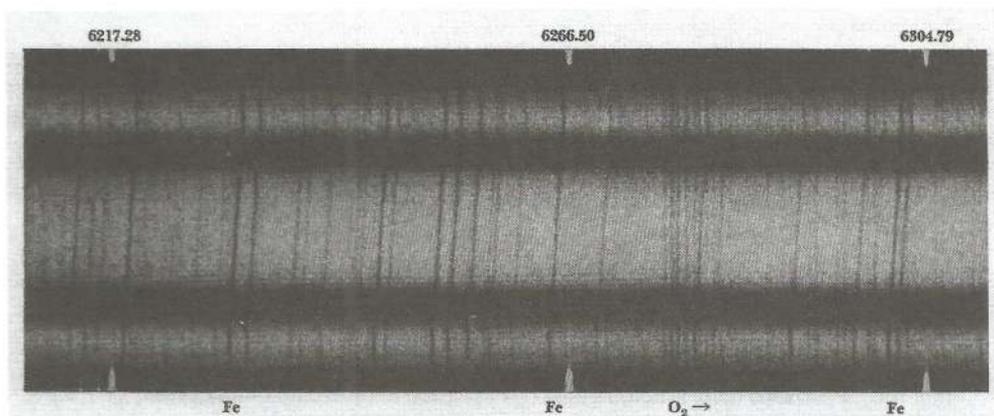


Fig. 66.4. Spettrogramma di Saturno e dei suoi anelli ripreso con il riflettore da 120 pollici del Lick Observatory il 19 Agosto 1964. Le righe bianche al di sopra e al di sotto dello spettrogramma sono le righe di confronto del Neon. Accanto ad ognuna è indicata la lunghezza d'onda in Ångstrom.

A quella data il pianeta si trovava in opposizione - cioè Sole, Terra e pianeta erano allineati, ovvero Saturno culminava a mezzanotte - ed il piano degli anelli era inclinato di $9^{\circ},4$ sulla linea della visuale (Fig. 66.5).

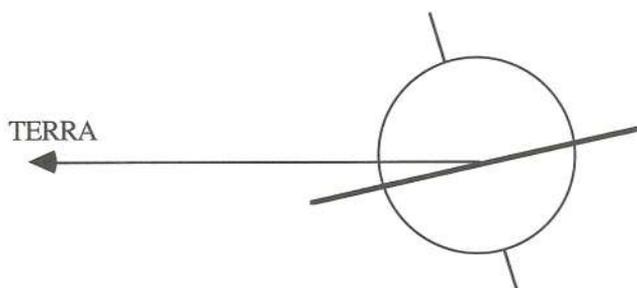


Fig. 66.5 Inclinazione del piano degli anelli di Saturno al momento della ripresa dello spettrogramma il 19 Agosto '64.

La fenditura dello spettroscopio è stata posizionata lungo l'asse maggiore dell'immagine dell'anello (Fig. 66.6).

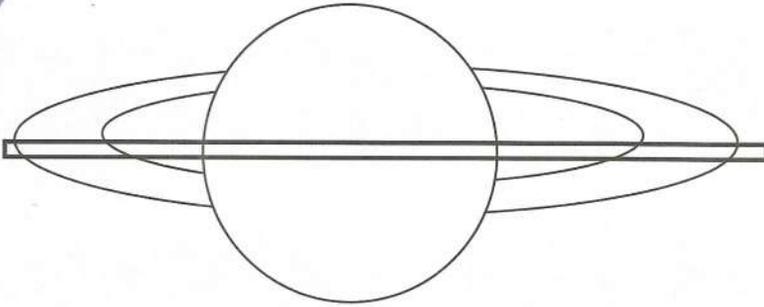


Fig. 66.6. Posizione della fenditura dello spettrografo al momento della ripresa.

Osservando lo spettrogramma con il foglio radente all'occhio si può vedere la divisione di Cassini nelle parti esterne dell'anello. A causa della rotazione di Saturno e degli anelli, le linee spettrali risultano inclinate a causa dell'effetto Doppler; ma non tutte. Quelle verso i 6280 \AA non presentano inclinazioni Doppler: si tratta di *righe telluriche*, cioè dovute all'assorbimento della luce da parte dell'atmosfera terrestre. In particolare, quelle indicate sono caratteristiche dell'ossigeno.

Prima di tutto vogliamo misurare la velocità di rotazione del pianeta.

A questo scopo si proietta la fotocopia dello spettrogramma su uno schermo costituito da un grande foglio di carta. Su questo tracciamo alcune rette tra le righe di taratura superiore e inferiore, in modo da ottenere un reticolo di riferimento. Prese alcune righe del disco di Saturno, osserviamo che sono rettilinee ed inclinate, come prevede l'ipotesi del globo rigido. Misuriamo la distanza dell'estremo superiore e dell'inferiore da una delle righe di riferimento. Meglio ripetere le misure rispetto ad altre righe. Facendo la differenza si ottiene lo spostamento che sarà in centimetri. Per passare agli Ångstrom basta fare una proporzione. Infine si inserisce il valore trovato per $\Delta\lambda$, insieme a quello della lunghezza d'onda della riga, nella (4) e se ne ricava la velocità.

Poiché il raggio del pianeta è $6,4 \times 10^4 \text{ Km}$, se ne può ricavare il periodo di rotazione.

Il valore che si trova in letteratura è 10,23 ore.

Infine, si può tener conto del fatto che il piano di rotazione è inclinato di $9^\circ,4$ rispetto alla linea visuale ed apportare una leggera correzione ai risultati.

A questo punto ci occupiamo degli anelli. Si misura lo spostamento Doppler per i bordi interni e per gli esterni. Da questi si ricava la velocità tangenziale - e quindi il periodo - per il bordo interno e per quello esterno dell'anello. I valori del raggio per il bordo interno e per quello esterno si ricavano dal confronto con il raggio di Saturno.

Il periodo T di rivoluzione di un satellite è legato alla distanza R dal pianeta e alla sua massa M dalla relazione

$$\frac{4\pi^2 R}{T^2} = G \frac{M}{R^2}$$

dove G è la costante di gravitazione universale:

$$G = 6,67 \times 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$$

Da questa si ricava la massa del pianeta:

$$M = \frac{4\pi^2}{G} \frac{R^3}{T^2} \quad (5)$$

(che è la terza legge di Keplero).

Il valore tabulato per la massa di Saturno è $M = 5,7 \times 10^{26} \text{ kg}$.

67. SENSATE ESPERIENZE SULL'ARIA

Finalità della dimostrazione: Una lettura attiva di un passo di Galileo .

Fascia di età in cui si può proporre: Liceo

Grado di difficoltà concettuale: Abbastanza facile. Impegnativa (e bella) è la prosa.

Nella lettura che deve precedere (e accompagnare) l'esperienza - tratta da *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno ad una nuova scienza* (1638)- Galileo affronta il problema della pesantezza dell'aria e descrive il procedimento sperimentale attraverso il quale giunge a provare che l'aria ha un proprio peso. In realtà il procedimento è stato ideato da Aristotele, il quale però se ne serve per arrivare a conclusioni del tutto errate: cioè che l'aria possiede la proprietà di tendere verso l'alto; una sorta di peso negativo. L'argomentazione di Galileo inizia con quello che Einstein avrebbe chiamato *gedanken experiment*:

<<Che nell'aria risegga gravità positiva, e non altrimenti, come alcuni hanno creduto, leggerezza, la quale forse in veruna materia non si ritrova, assai concludente argomento ce ne porge l'esperienza del pallone gonfiato, posta da Aristotele; perchè se qualità di assoluta e positiva leggerezza fusse nell'aria, moltiplicata e compressa l'aria, crescerebbe la leggerezza, e 'n conseguenza la propensione di andare in su: ma l'esperienza mostra l'opposito...>>

67.1. L'ARIA E' PESANTE

<< ... Quanto all'altra domanda, che è del modo d' investigare la sua gravità, io l'ho praticato in cotal maniera. Ho preso un fiasco di vetro assai capace e con collo strozzato, al quale ho applicato un ditale [cappuccio] di cuoio, legato bene stretto nella strozzatura del fiasco, avendo in capo al detto ditale inserta e saldamente fermata una animella da pallone [valvola], per la quale con uno schizzatoio [pompetta] ho per forza fatto passar nel fiasco molta quantità d'aria; della quale, perchè patisce d'esser assaissimo condensata, se ne può cacciare due e tre altri fiaschi oltre a quella che naturalmente vi capisce. In una esattissima bilancia ho poi pesato molto precisamente tal fiasco coll'aria dentrovi compressa, aggiustando il peso con minuta arena. Aperta poi l'animella e dato l'esito all'aria, violentemente nel vaso contenuta, e rimessolo in bilancia, trovandolo notabilmente alleggerito, sono andato detraendo dal contrappeso tant' arena, sdalvandola da parte, che la bilancia resti in equilibrio col residuo contrappeso, cioè col fiasco: e qui non è dubbio che 'l peso della rena salvata è quello dell'aria che forzosamente fu messa nel fiasco e che ultimamente n'è uscita. Ma tale esperienza sin qui non mi assicura d'altro, se non che l'aria contenuta violentemente nel vaso pesò quanto la salvata arena; ma quanto resolutamente e determinatamente pesi l'aria rispetto all'acqua [quale sia la densità dell'aria relativa all'acqua] o ad altra

materia grave, non per ancora so io, né posso sapere, se io non misuro la quantità di quell'aria compressa: ed a questa investigazione bisogna trovar regola, nella quale ho trovato di potere in due maniere procedere...>>

Grado di difficoltà di realizzazione: L'unica difficoltà è realizzare la bottiglia a tenuta.

Interesse suscitato: Buono.

Efficacia didattica: Ottima.

Materiali richiesti: Una bilancia a piatto al milligrammo; una bottiglia di plastica, una valvola da bicicletta.

Per realizzare la prima esperienza descritta da Galileo possiamo fare uso di una bottiglia di plastica (da acqua minerale) chiusa con un tappo forato al cui interno è inserita una valvola da pneumatico da bicicletta. Il tappo dev'essere fermamente inserito nel collo della bottiglia e saldamente fissato. Con una pompa da bicicletta si comprime aria nel recipiente: senza esagerare, per non provocare lo scoppio della bottiglia. Si colloca la bottiglia sul piatto di una bilancia elettronica (comuni nei laboratori scolastici di chimica) e la si pesa. Con un ferro appuntito si preme sulla valvola in modo da provocare l'uscita dell'aria compressa e si procede ad una nuova pesata. La differenza tra i due valori è il peso dell'aria uscita dalla bottiglia.

Ma questa esperienza prova solo che l'aria è pesante; non consente la determinazione della sua densità, che richiede una misura di volume.

67.2. DENSITA' DELL'ARIA 1

<< ... L'una delle quali è di pigliar un altro simil fiasco, pur, come 'l primo strozzato, alla strozzatura del quale sia strettamente legato un altro ditale, che dall'altra sua testa abbracci l'animella dell'altro, e intorno a quella con saldissimo nodo sia legato. Questo secondo fiasco convien che nel fondo sia forato, in modo che per tal foro si possa mettere uno stile [asticella] di ferro, con il quale si possa, quando vorremo, aprir la detta animella per dar l'esito alla soverchia aria dell'altro vaso, pesata ch'ella sia: ma deve questo secondo fiasco esser pieno d'acqua. Apparecchiato il tutto nella maniera detta ed aprendo con lo stile l'animella, l'aria uscendo con impeto e passando nel vaso dell'acqua, la caccerà fuori per il foro del fondo; ed è manifesto, la quantità dell'acqua che in tal guisa verrà cacciata, essere eguale alla mole e quantità d'aria che dall'altro vaso sarà uscita. Salvata dunque tale acqua, e tornato a pesare il vaso alleggerito dell'aria compressa (il quale suppongo che fusse pesato anche prima, con detta aria sforzata), e detratto, al modo già dichiarato, l'arena superflua, è manifesto, questa essere il giusto peso di tanta aria in mole, quanta è la mole dell'acqua scacciata e salvata; la quale peseremo, e vedremo quante volte il peso suo conterrà il peso della serbata arena, e senza errore potremo affermar, tante volte esser più grave l'acqua dell'aria: la quale non sarà dieci volte altrimenti, come par che stimasse Aristotele, ma ben circa quattrocento, come tale esperienza ne mostra [in realtà è quasi 800]>>.

Grado di difficoltà di realizzazione: Come il precedente.

Interesse suscitato: Buono.

Efficacia didattica: Buona.

Materiali richiesti: La bottiglia dell'esperienza precedente, una seconda bottiglia di plastica, un imbuto di plastica, un ago da calza, una capace bacinella, bilancia al milligrammo.

Per misurarne il volume possiamo procedere come indicato in Fig. 67.1

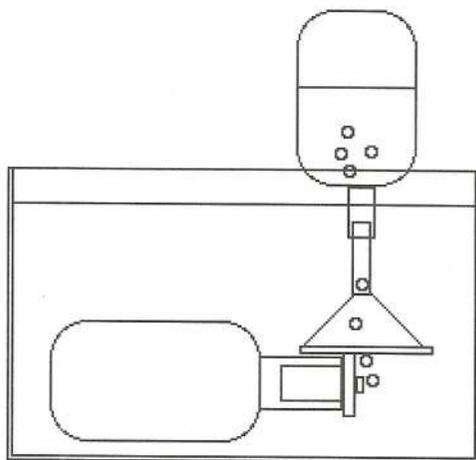


Fig. 67.1 Disposizione sperimentale per la misura del volume dell'aria compressa.

Dopo aver gonfiato la bottiglia ed averla pesata, la si immerge nell'acqua contenuta nella bacinella. Con un ferro da calza piegato ad L si preme sulla valvola, operando la decompressione della bottiglia e si raccoglie l'aria, tramite l'imbuto di plastica, nella seconda bottiglia riempita d'acqua e mantenuta verticale, con la bocca verso il basso, da un apposito sostegno. Man mano che le bolle d'aria entrano nella bottiglia, il livello dell'acqua in essa contenuta si abbassa. Esaurita l'uscita dell'aria compressa, si toglie l'imbuto e si tappa la bottiglia. Si estrarrebbero entrambe le bottiglie dall'acqua: pesando la prima (dopo averla asciugata accuratamente) si ottiene la massa dell'aria che ne è uscita; travasando l'acqua contenuta nella seconda in un cilindro graduato, per differenza rispetto alla sua capacità, si misura il volume dell'aria che è passata dalla prima alla seconda bottiglia.

Avendo misurato la massa e il volume dell'aria, si può ricavare una stima della sua densità.

67.3. DENSITA' DELL'ARIA 2

<<L'altro modo è più speditivo, e puossi fare con un vaso solo, cioè col primo, accomodato nel modo detto; nel quale non voglio che mettiamo altra aria oltre a quella che naturalmente vi si ritrova, ma voglio che vi cacciamo dell'acqua senza lasciar uscir punto di aria, la quale, dovendo cedere alla sopravvenente acqua, è forza che si comprima. Spintavi dunque più acqua che sia possibile, che pure senza molta violenza vi se ne potrà mettere i tre quarti della tenuta del fiaco, mettasi su la bilancia, e diligentissimamente si pesi; il che fatto, tenendo il vaso col collo in su, si apra l'animella, dando l'uscita all'aria, della quale ne scapperà fuori giustamente quanta è l'acqua contenuta nel fiasco. Uscita che sia l'aria, si torni a mettere il vaso in bilancia, il quale per la partita dell'aria si troverà alleggerito; e detratto dal contrappeso il peso superfluo, da esso aremo la gravità di tant'aria quanta è l'acqua del fiasco>>.

Grado di difficoltà di realizzazione: Più facile del precedente.

Interesse suscitato: Buono.

Efficacia didattica: Buona.

Materiali richiesti: Una bottiglia di plastica munita di tappo a tenuta, una capace bacinella, bilancia al milligrammo, un cilindro graduato.

Preso la bottiglia vuota o, meglio, piena d'aria, tenendone l'imboccatura rivolta verso il basso, la si immerge nell'acqua della bacinella. Si osserva allora che una certa quantità d'acqua invade la bottiglia, per cui la pressione dell'aria contenuta è aumentata. Si avvita strettamente il tappo e si estrae la bottiglia dall'acqua. Si osserva che contiene aria e acqua. Dopo averla accuratamente asciugata, la mette diritta sul piatto della bilancia e si fa la prima pesata. Quindi, svitato il tappo in modo da lasciar sfuggire l'eccesso d'aria, si ripete la pesata. La differenza delle masse corrisponde alla massa dell'aria uscita dalla bottiglia; il volume dell'acqua contenuta al volume dell'aria. Questo si misura travasando l'acqua in un cilindro graduato.

INDICE

Premessa		
Una <i>madeleine</i> scolastica	Pag.	1
Ricerca didattica?	»	2
Professare la fisica	»	4
1. Similitudini geometriche	»	8
2. La bicicletta	»	13
2.1. La moltiplica	»	13
2.2. Il <i>passo</i> della bicicletta	»	14
2.3. Le forze	»	16
2.4. Un quesito	»	18
3. Sovrapposizione di colori	»	20
4. Meccanica dell'altalena	»	21
5. Forze di Archimede in sistemi non-inerziali	»	24
6. Linee del campo elettrostatico	»	28
7. Pendolino elettrostatico	»	30
8. Forze magnetiche	»	31
9. Composizione di oscillazioni	»	33
10. Rifrazione	»	34
10.1. Ingannevoli profondità	»	34
10.2. Illusioni di bevitori	»	36
11. La lunghezza di un chiodo	»	38
12. Pallini da caccia e medie	»	40
12.1. Misura del diametro con un proiettore	»	40
12.2. Misura del diametro con carta millimetrata	»	40
12.3. Misura del diametro con una bilancia	»	41
13. Viscosità di un liquido	»	43
14. Resistori in serie e in parallelo	»	45
15. Il volume dell'uovo	»	47
16. Il diavoletto di Cartesio	»	50
17. Diametro angolare del Sole	»	53
18. Centro di massa del corpo umano	»	56
19. Saltare a piè pari	»	57
20. Corsa per le scale	»	58
21. Il secondo principio	»	59
22. Esperimento di Hertz	»	64
23. Pedalando sulla <i>ciclette</i>	»	65
24. La macchina fotografica	»	67

25. Vibrazioni di una dinamo	Pag.	70
26. Composizione di forze	»	72
27. Immagini da un foro	»	75
28. Fotografare le stelle	»	78
29. Sistemi di riferimento	»	79
29.1. Relatività della traiettoria	»	79
29.2. Coriolis	»	81
30. Composizione di rotazioni	»	83
31. Spettro di una lampada a filamento	»	85
32. I monti della luna	»	87
33. Una personalità magnetica	»	91
34. Orologio solare	»	93
35. Costante solare	»	97
36. Immagini da uno specchio cilindrico	»	99
37. La macchina di Poisson	»	101
38. La voce della luce	»	104
39. La rigatura di un LP	»	107
40. Battimenti	»	109
40.1. Battimenti tra due pendoli	»	109
40.2. Lampada stroboscopica	»	110
40.3. Il nonio del calibro	»	112
40.4. Il passo di un reticolo	»	113
40.5. Battimenti sonori	»	116
40.6. Battimenti planetari	»	116
41. Centro di percussione	»	118
42. Onde stazionarie in un filo percorso da corrente	»	121
43. Conservazione dell'energia	»	123
44. Un rocchetto auto-avvolgente	»	126
45. Relé e feed-back	»	129
46. La forma dei cavi sospesi	»	135
47. Fermat	»	139
47.1. Fermat 1	»	139
47.2. Fermat 2	»	140
48. Un nucleo e due bobine	»	143
49. La forma della voce	»	146
50. Cinematica della macchina da proiezione	»	148
51. Rivisitazione di un'esperienza di Galileo	»	153
52. Una misura di velocità	»	157
53. Circuiti equivalenti	»	161
54. Il condensatore	»	165
54.1. Scarica del condensatore	»	165
54.2. Un capacimetro acustico	»	168
54.3. Scarica rapida di un condensatore	»	171

55. Un limite fisico	Pag.	173
56. La siringa di Joule	»	177
57. Trasporto dell'energia elettrica	»	180
58. Valori efficaci	»	184
59. La scimmia e il cacciatore	»	188
60. Una reazione esplosiva	»	192
61. Moto browniano	»	195
62. Misura di tempi brevi	»	197
62.1. Velocità di rotazione di un ventilatore	»	197
62.2. Velocità del suono	»	199
63. Luminosi feed-back	»	202
64. Velocità di un impulso elettrico in un cavo	»	205
65. Circuiti derivatore e integratore	»	208
66. Gli anelli di Doppler	»	213
67. Sensate esperienze	»	220
67.1. L'aria è pesante	»	220
67.2. Densità dell'aria 1	»	221
67.3. Densità dell'aria 2	»	223
Indice	»	224

ASSOCIAZIONE PER L'INSEGNAMENTO DELLA FISICA

Art. 1 - L'Associazione per l'insegnamento della Fisica (A.I.F.) è una associazione senza fini di lucro, che ha lo scopo di migliorare e rivalutare l'insegnamento della fisica e di contribuire ad elevare il livello della cultura scientifica in Italia. A tal fine stampa e diffonde pubblicazioni a carattere didattico e culturale, organizza attività di aggiornamento e di formazione insegnanti, convegni e congressi ed effettua tutte le iniziative atte a conseguire lo scopo suddetto.

Sede:

I.P.S.I.A. «Leonardo Da Vinci» - Mantova - Tel. 0376 262024 - Cellulare 0348 3935666 - Email: mc6099@mclink.it
Per problemi relativi a disfunzioni dell'arrivo della rivista e per cambi di indirizzo rivolgersi a: Fausta Guerra, Via L. Guerra, 1 - 46030 S. Nicolò Po (Mantova) E-mail: faustag@mclink.it

Presidente:	GOVONI RICCARDO	- I.P.S.I.A. "L. Da Vinci", Mantova
Vice Presidente:	PUGLIESE JONA SILVIA	- Via San Nazario, 22, 10015 Ivrea
Consiglieri:	OLIVA LUIGI	- I.P.S.I.A. "A. Meucci", Genova
	SERAFINI RITA	- Liceo Scientifico "Alessi", Perugia
	CAVAGGIONI GIULIANA	- Via Canove, 45, 30037 Scorzé (VE)
	STUMPO PALMIRO	- Liceo Scientifico "E. Fermi", Cosenza
	TORZO GIACOMO	- Dipartimento di Fisica dell'Università, Padova
	SGRIGNOLI SILVANO	- I.T.I.S. "Natta", Bergamo
	BRUNO MARCONI	- I.T.I.S. "Duca d'Aosta", L'Aquila



Sezioni e Segretari:

- ALCAMO - **Vito Russo** - Via Pietro Galati, 134 - 91011 Alcamo (TP) - Tel. (0924) 506817
ALTAMURA - **Antonia Rinaldi** - Via Pastrengo, 25 - 70022 Altamura (BA)
BARI - **Giovanni Salgarelli** - Via Salvatore Matarrese, 41 - 70124 Bari - Tel. (080) 5045433
BATTIPAGLIA - **Silvano Immediata** - Via Torre Lama, 82 Parco "La Fiorita" - 84092 Bellizzi (SA) - Tel. (0828) 52105
BERGAMO - **Silvano Sgrignoli** - Via. F. Coghetti, 242 - 24100 Bergamo - Tel. (035) 258615
BOLOGNA - **Maurizia Cavalli** - Via Bellacosta, 26 - 40127 Bologna - Tel. (051) 390587
BRESCIA - **Franco Bocci** - Via della Valle, 27 - 25128 Brescia - Tel. (030) 396706
CAGLIARI - **Ugo Galassi** - Via Fleming, 8 - 09126 Cagliari - Tel. (070) 306841
CALITRI - **Pietro Cerreta** - Contrada Gagliano - 83045 Calitri (AV) - Tel. (0827) 34406
CATANIA - **Lizzio Maria Luisa Arcuri** - Via P. Mascagni, 72 - Catania - Tel. e Fax (095) 530309
CATANZARO - **Isidoro Cesarò** - Via Madonna dei Cieli, 21 - 88100 Catanzaro - Tel. (0961) 747399
CAVA DEI TIRRENI - **Luigi Lamberti** - P. Vittorio Emanuele II, 10 - 84013 Cava dei Tirreni (SA) - Tel. (089) 343568
CESENA - **Luigi Gambetti** - Via delle Mimose, 159 - 47027 Ronta di Cesena - Tel. (0547) 353641
COSENZA - **Palmiro Stumpo** - Via Monte Cocuzzo, 3 - 87040 Castrolibero (CS) - Tel. (0984) 852802
FORMIA - **Giovanni Albano** - Via Emanuele Filiberto ang. Via Mattatoio - 04023 Formia (LT) - Tel. (0771) 22059
ISERNIA - **Ermanno Di Cerbo** - Via G. Berta, 110 - 86170 Isernia - Tel. 0865/415724
L'AQUILA - **Lino De Santis** - Viale A. De Gasperi, 45 - 67100 L'Aquila - Tel. (0862) 411716
LIGURIA - **Miranda Pilo** - Via Coronata, 26/a - 16152 Genova
LUCCA - **Massimo Coluccini** - Via Valdicastello, 175 - 55040 Valdicastello (LU) - Tel. (0584) 772054
LUGO - **Francesco Giacomoni** - Via S. Gervasio, 11 - 48012 Bagnacavallo (RA) - Tel. (0545) 63489
MANTOVA - **Quaini Giancarlo** - Via Montessori, 44 - 46047 Porto Mantovano (MN) - Tel. (0376) 397271
MESSINA - **Giovanni Magliarditi** - Via Bufalini, 17 - 98124 Messina - Tel. (090) 696775
MILANO - **Maria Fiumara** - Via Bazzini, 16 - 20133 Milano - Tel. (02) 2363720
MODENA - **Franco Villa** - Via Loira, 1 - Loc. Spezzano, comune di Fiorano Modenese (MO) - Tel. (0536) 844312
MONDOVI - **Monica Chiesa Bagnolatti** - Via Manzoni, 29 - 12084 Mondovi (CN) - Tel. (0174) 40078
NAPOLI 1 - **Salvatore Dragonetto** - Corso Italia, 107 - 80144 Napoli - Tel. (081) 7389523
NAPOLI 2 - **Luigi Capuozzo** - Via Col. Gabriele Pepe, 31 - 80141 Napoli - Tel. (081) 7514532
PADOVA - **Riccardo Mazzella** - Via Trilussa, 18 - 35010 Cadoneghe (PD) - Tel. (049) 8870112
PALERMO - **Claudio Fazio** - Via Pietro Randazzo, 6 - 90123 Palermo - Tel. (091) 6166031
PARMA - **Antonio Gandolfi** - Via Bixio, 67 - 43100 Parma - Tel. (0521) 232946
PAVIA - **Vittoria Cinquini** - Corso Cairoli, 96 - 27100 Pavia - Tel. (0382) 34191
PERUGIA - **Rita Serafini** - C.P. 935 A.P. - 06124 Perugia - Tel. (075) 5008996 - Fax (075) 5057967
PESCARA - **Ennio D'Ostilio** - Via Fortore - 65015 Montesilvano (PE)
PIACENZA - **Luisa Follini** - Via 4 Novembre, 146 - 29100 Piacenza - Tel. (0523) 452365
PISA - **Giulio Vissani** - Via Santa Bona, 13 - 56100 Pisa - Tel. (050) 20258
PORDENONE - **Isidoro Sciaratta** - Via Domenico Casella, 12 - 33080 S. Quirino (PN)
POTENZA - **Maria Auletta La Rocca** - Largo A. Saffi, 6 - 85100 Potenza - Tel. (0971) 22638
REGGIO CALABRIA - **Adriana Basile** - Vico Posta, 52 - 89100 Reggio Calabria - Tel. (0965) 51551
ROMA - **Giulia Potenza** - Via Fogliani, 10 - 00199 Roma - Tel. (06) 8546870
ROVERETO - TRENTO - **Gennaro Guercio** - Via Cavour, 25 - 38068 Rovereto (TN) - Tel. (0464) 439961
SALERNO - **Luigi Francione** - Via V. Laspro, 2 - 84100 Salerno - Tel. (089) 255014
SENIGALLIA - **Mario Capotondi** - Via Vittorio Veneto, 81 - 60010 Barbara (AN)
SETTIMO TORINESE - **Graziella Vecco Vardeu** - Viale XXV Aprile, 163 - 10133 Torino - Tel. (011) 6612483
SOVERATO - **Antonio Marciano** - Via Ammirante, 89 - 88068 Soverato (CZ) - Tel. (0967) 25118
TARANTO - **Francesco Carro** - Via De Gasperi, 47 - 74020 Lizzano (TA)
TORINO - **Lidia Nuvoli Di Grinzane** - Corso Re Umberto, 17 - 10121 Torino - Tel. (011) 543605
TREVISO - **Chiara Magoga** - Via Postumia Est, 113 - 31042 Fagaré (TV) - Tel. (0422) 890269
TRICARICO - **Vincenzo De Lillo** - Largo Assunta, 7 - 75019 Tricarico (MT) - Tel. (0835) 723362
UDINE - **Lorenzo Marcolini** - Via Cividale, 1 - 33050 Gonars (UD) - Tel. (0432) 923219
VENEZIA - **Giuliana Cavaggoni Rigbi** - Via Canove, 45 - 30037 Scorzé (VE) - Tel. (041) 5840462
VITERBO - **Fausta Rizzacasa Bestoso** - Via Col Di Lana, 5 - 01100 Viterbo - Tel. (0761) 342420



LA FISICA NELLA SCUOLA

QUADERNO N. 9

La cattedra e il bancone

Ledo Stefanini

Esperienze didattiche per insegnanti di Fisica

BOLLETTINO TRIMESTRALE DELL'ASSOCIAZIONE PER L'INSEGNAMENTO DELLA FISICA
ANNO XXXIII - N. 1 SUPPLEMENTO **GENNAIO-MARZO 2000**

Ledo Stefanini è attualmente incaricato del corso di Fisica presso il Diploma Universitario in Ingegneria dell'Ambiente e delle Risorse dell'Università di Mantova. Ha insegnato per più di vent'anni nel Liceo Scientifico di Mantova. Laureato in Fisica e in Astronomia all'Università di Bologna, ha dato apprezzati contributi di didattica che sono stati pubblicati dal *Giornale di Fisica*, dal *Giornale di Astronomia*, dall'*American Journal of Physics* e dallo *European Journal of Physics*, oltre che dal periodico dell'Associazione per l'insegnamento della Fisica (A.I.F.), *La Fisica nella Scuola*. Ha collaborato in molte occasioni a corsi di formazione e di aggiornamento per insegnanti. La Società Italiana di Fisica gli ha concesso un premio per il suo impegno nella ricerca didattica. Attualmente il suo maggiore interesse è rivolto alla collaborazione con gli insegnanti delle scuole secondarie per il miglioramento della didattica della fisica.

Direttore responsabile: RITA SERAFINI - Direzione e redazione: Dipartimento di Fisica dell'Università - 41100 Modena
Periodico trimestrale registrato dal Tribunale di Modena con atto n. 540 del 29-1-1973
Stampa: Monotipia Cremonese s.n.c. - Via Costone di Mezzo, 19 - 26100 Cremona