

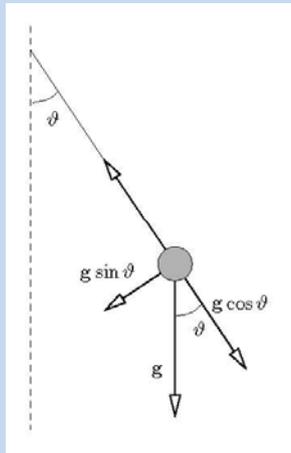
Facoltà di Medicina e Chirurgia  
Università degli Studi di Firenze  
Precorsi 2011

## Problemi di Fisica (II)

Giovanni Romano

**Facciamo compiere piccole oscillazioni a un pendolo, costituito da un peso sostenuto da un filo di massa trascurabile. Quando il pendolo si trova alla massima ampiezza di oscillazione tagliamo il filo. Cosa succede al peso?**

- A) Cade in verticale, partendo con velocità iniziale nulla
- B) Cade lungo una traiettoria che per i primi istanti coincide con quella che seguirebbe se il filo fosse integro
- C) Sale in verticale per un breve tratto sino a fermarsi, per poi iniziare a cadere
- D) Descrive una parabola, partendo con una velocità iniziale verso l'alto, tangente alla traiettoria del pendolo quando il filo viene tagliato
- E) Descrive una parabola, partendo con una velocità iniziale in direzione orizzontale



Nel punto di massima ampiezza la velocità del corpo è nulla!

Questo lo si può dedurre dall'equazione di moto oppure anche dalla conoscenza "qualitativa" del moto del pendolo:

*"arrivato nel punto di massima ampiezza, il corpo si ferma e poi torna indietro"*

**Facciamo compiere piccole oscillazioni a un pendolo, costituito da un peso sostenuto da un filo di massa trascurabile. Quando il pendolo si trova alla massima ampiezza di oscillazione tagliamo il filo. Cosa succede al peso?**

- A) Cade in verticale, partendo con velocità iniziale nulla
- B) Cade lungo una traiettoria che per i primi istanti coincide con quella che seguirebbe se il filo fosse integro
- C) Sale in verticale per un breve tratto sino a fermarsi, per poi iniziare a cadere
- D) Descrive una parabola, partendo con una velocità iniziale verso l'alto, tangente alla traiettoria del pendolo quando il filo viene tagliato
- E) Descrive una parabola, partendo con una velocità iniziale in direzione orizzontale

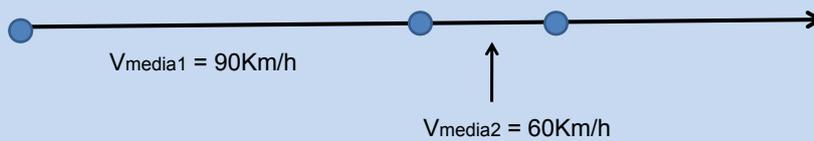
**Un'automobile ha percorso 15 km in 10 minuti e successivamente 5 km in 5 minuti. La sua velocità media sull'intero tratto è:**

- A) 75 km/h
- B) 80 km/h**
- C) 90 km/h
- D) 60 km/h
- E) quesito senza soluzione univoca e corretta

Ricordarsi la definizione di velocità media.  
Attenzione: c'e' scritto "sull'intero tratto"...

Spazio totale percorso = 15 Km + 5 Km = 20 Km  
Tempo totale trascorso = 10 minuti + 5 minuti = 15 minuti = 1/4 h

Velocità media =  $20\text{Km} / (1/4)\text{h} = 80 \text{ Km/h}$



$$V_{media} = (V_{media1} + V_{media2}) / 2 = 75 \text{ Km/h}$$

**NO**

Semmai devo fare una media *pesata*:

$$V_{media} = (V_{media1} * 10 + V_{media2} * 5) / 15 = 80\text{Km/h}$$

**SI'**

## Problemi di Elettromagnetismo

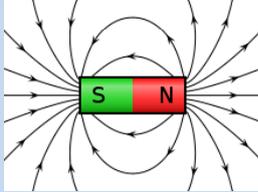
Carica elettrica, forza di Coulomb  
Campo elettrico, potenziale elettrico  
Correnti  
Resistenze, fem, circuiti

Campo magnetico  
Moto di una carica in un campo magnetico / elettrico (statici)  
Induzione elettromagnetica

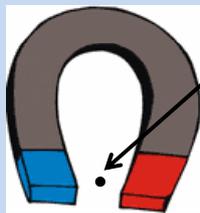
### Un protone fermo rispetto ad un magnete permanente:

- a) Non risente di alcuna forza da parte del magnete
- b) È attratto dal polo sud
- c) È attratto dal polo nord
- d) Subisce una forza perpendicolare alla direzione del campo magnetico esistente tra le due espansioni del magnete
- e) Subisce una forza parallela alla direzione del campo magnetico esistente tra le due espansioni del magnete

Il magnete permanente ("calamita") è un corpo che genera un campo magnetico



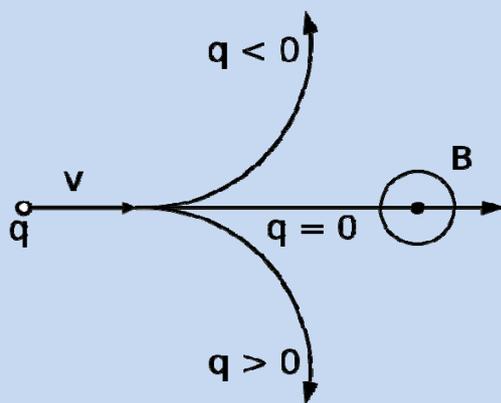
Linee di forza del campo magnetico generato da una barra cilindrica; si può notare come esse escano dal polo nord ed entrino nel polo sud.



protone

<http://www.thefreedictionary.com/permanent+magnet>

Forza di Lorentz:  $\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B}$  oppure:  $\vec{F} = q \vec{v} \wedge \vec{B}$



...però il protone è FERMO....

**Un protone fermo rispetto ad un magnete permanente:**

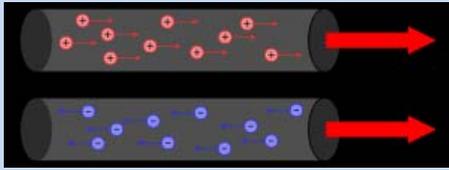
- a) Non risente di alcuna forza da parte del magnete
- b) È attratto dal polo sud
- c) È attratto dal polo nord
- d) Subisce una forza perpendicolare alla direzione del campo magnetico esistente tra le due espansioni del magnete
- e) Subisce una forza parallela alla direzione del campo magnetico esistente tra le due espansioni del magnete

**L'unità di misura della corrente elettrica è l'Ampere che equivale a :**

- a) Coulomb / sec
- b) Volt / sec
- c) Joule / sec
- d) Watt / sec
- e) Volt / metro

Basta ricordare la definizione di intensità di corrente elettrica....

In alternativa puo' bastare ricordarsi una formula in cui sia presente la corrente elettrica.



Rappresentazione del moto di cariche elettriche positive (+) o negative (-) (tipicamente [elettroni](#)) in un conduttore.

La **corrente elettrica** è un qualsiasi moto ordinato di [cariche elettriche](#), definito operativamente come la quantità di carica elettrica che attraversa una determinata superficie nell'unità di tempo.

Corrado Mencuccini; Vittorio Silvestrini, *Fisica II*, Napoli, Liguori Editore, 2010.

L'intensità di corrente elettrica, indicata usualmente col simbolo  $I$ , è assunta come [grandezza fondamentale](#) nel [sistema internazionale SI](#).

La sua [unità di misura](#) è l'[ampere](#) (A), e da essa si ricava l'unità di misura di carica elettrica, il [coulomb](#), che corrisponde alla carica elettrica trasportata da una corrente di un Ampere nell'unità di tempo.

Si consideri un conduttore di sezione  $S$  attraverso il quale vi sia un moto ordinato di cariche. Si definisce corrente elettrica la quantità di carica elettrica  $\Delta Q$  che nell'intervallo di tempo  $\Delta t$  attraversa la superficie  $S$ :

$$I = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{dQ}{dt}$$

$$\rightarrow 1A = 1C / 1s$$

**L'unità di misura della corrente elettrica è l'Ampere che equivale a :**

a) Coulomb / sec

b) Volt / sec

c) Joule / sec

d) Watt / sec

e) Volt / metro

**L'effetto termico della corrente elettrica o effetto Joule si ha:**

a) Solo in presenza di intensità di corrente positiva

b) Solo in presenza di correnti alternate

c) Solo in presenza di correnti continue

d) Con qualunque tipo di corrente

e) Solo per intensità di corrente elevate

In [fisica](#), l'**effetto Joule**, anche detto **effetto termico** o **legge di Joule**, è un fenomeno per cui un [conduttore](#) attraversato da una [corrente elettrica](#) dissipa energia sotto forma di [calore](#) in funzione dell'[intensità della corrente elettrica](#) che lo attraversa (...).

In termini matematici si può scrivere come segue:  $P = VI$

Dove:

$P$  è la [potenza](#) dissipata

$V$  è la [tensione](#) ai capi del circuito

$I$  è la [corrente](#) (intensità di corrente) che vi circola

Nel caso di un [resistore](#), si può riscrivere utilizzando la [Legge di Ohm](#) come:  
dove  $R$  è la [resistenza](#) del [circuito](#).

$$P = I^2 R = \frac{V^2}{R}$$

**L'effetto termico della corrente elettrica o effetto Joule si ha:**

- a) Solo in presenza di intensità di corrente positiva
- b) Solo in presenza di correnti alternate
- c) Solo in presenza di correnti continue
- d) Con qualunque tipo di corrente
- e) Solo per intensità di corrente elevate

**Due resistori di 5 e 20 Ohm rispettivamente vengono posti in parallelo; la resistenza equivalente vale:**

- A) 0.25 ohm
- B) 4 ohm
- C) 12.5 ohm
- D) 25 ohm
- E) quesito senza soluzione univoca e corretta

La **resistenza elettrica** è una [grandezza fisica scalare](#) che misura la tendenza di un [conduttore](#) ad opporsi al passaggio di una [corrente elettrica](#) quando è sottoposto ad una [tensione](#).

La resistenza è data da: 
$$R = \frac{V}{I};$$

dove:

$R$  è la resistenza tra gli estremi del componente

$V$  la [tensione](#) a cui è sottoposto il componente

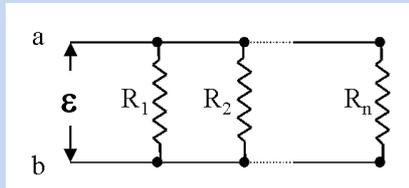
$I$  è l'[intensità di corrente](#) che attraversa il componente

Nel [sistema internazionale](#) l'[unità di misura](#) della resistenza elettrica è l'[ohm](#) ( $\Omega$ ).

NOTE: l'equazione sopra riportata non esprime la [legge di Ohm](#): questa equazione è semplicemente la definizione di resistenza. La legge di Ohm, invece, si riferisce a una relazione lineare fra corrente e tensione per alcune classi di conduttori, per i quali il rapporto tra tensione e corrente è costante, indipendentemente dalla tensione applicata.

(...)

## Resistenze in parallelo



$$\rightarrow 1 / (1/5 + 1/20) = 1 / (5/20) = 20/5$$

$$I_{tot} = I_1 + I_2 + \dots + I_n = \frac{\epsilon}{R_1} + \frac{\epsilon}{R_2} + \dots + \frac{\epsilon}{R_n} = \epsilon \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \right) = \epsilon \left( \sum \frac{1}{R} \right)$$

Considerando un circuito nel quale vi sia una singola resistenza tale che la resistenza prodotta in questo circuito sia uguale a quella di partenza, si definisce come *resistenza equivalente* il reciproco della somma dei reciproci delle singole resistenze.

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} = \sum \frac{1}{R}$$

Due resistori di 5 e 20 Ohm rispettivamente vengono posti in parallelo; la resistenza equivalente vale:

- A) 0.25 ohm
- B) 4 ohm
- C) 12.5 ohm
- D) 25 ohm
- E) quesito senza soluzione univoca e corretta

**L'unità di misura della potenza nel S.I. è:**

- A) il cavallo
- B) il watt
- C) il joule
- D) la caloria/ora
- E) quesito senza soluzione univoca e corretta

Attenzione a non confondere la Potenza con l'Energia

Attenzione: il quesito parla di unità del Sistema Internazionale!!!

In [physics](#), **power** is the rate at which [work](#) is performed or [energy](#) is converted.

As a simple example, burning a kilogram of [coal](#) releases much more energy than does detonating a kilogram of [TNT](#), but because the TNT reaction releases energy much more quickly, it delivers far more power than the coal.

If  $\Delta W$  is the amount of [work](#) performed during a period of [time](#) of duration  $\Delta t$ , the **average power**  $P_{\text{avg}}$  over that period is given by the formula  $P_{\text{avg}} = \frac{\Delta W}{\Delta t}$ .

It is the average amount of work done or energy converted per unit of time. (...)

The **instantaneous power** is then the limiting value of the average power as the time interval  $\Delta t$  approaches zero:

$$P = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} P_{\text{avg}} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{dW}{dt}.$$

In the case of constant power  $P$ , the amount of work performed during a period of duration  $T$  is given by:

$$W = PT.$$

Nel [sistema internazionale di unità di misura](#) la potenza si misura in [watt](#) (W), come rapporto tra unità di energia in [joule](#) (J) e unità di tempo in secondi (s):

$$1 \text{ watt} = 1 \text{ W} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ s}} \quad [\text{watt}] = [\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3}]$$

Per motivi storici, si possono incontrare ancora unità di misura diverse, nate dall'uso di misurare l'energia e il tempo con unità diverse, a seconda del campo di applicazione.

Ad esempio:

[Cavallo vapore](#) (CV, in italiano, simile ad HP, in inglese): 1 CV = 735 W = 0,735 kW; 1 CV = 0,9863 HP

**L'unità di misura della potenza nel S.I. è:**

- A) il cavallo
- B) il watt
- C) il joule
- D) la caloria/ora
- E) quesito senza soluzione univoca e corretta

## Problemi di

- **termodinamica**
- **statica e dinamica dei fluidi**

Gas perfetti  
Trasformazioni termodinamiche  
Cambiamenti di stato  
Calore

Fluidi in quiete  
Pressione idrostatica  
Portata

**Una data quantità di gas perfetto, contenuto in un recipiente a pareti rigide, viene riscaldata dalla temperatura di 27°C a quella di 127°C.**

**La sua pressione è aumentata di un fattore:**

- A) 2
- B) 4/3
- C) 3/2
- D) 10
- E) quesito senza soluzione univoca e corretta

In questo tipo di problemi: scrivere l'equazione di stato dei gas perfetti.  
Occhio all'unità di misura per la temperatura!!

Equazione di stato dei gas perfetti

$$PV = nRT$$

“pareti rigide”: V è costante!!!!

costante dei gas

“una **data** quantità di gas”:  
n è costante!!!!

tutto si riduce a:  $P = k \cdot T$

$$27 \text{ }^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$$

$$127 \text{ }^\circ\text{C} = 400 \text{ K}$$

→ la temperatura, e quindi la pressione, aumenta di un fattore 4/3

$$P = k \cdot T$$

**Una data quantità di gas perfetto, contenuto in un recipiente a pareti rigide, viene riscaldata dalla temperatura di 27°C a quella di 127°C.**

**La sua pressione è aumentata di un fattore:**

- A) 2
- B)  $4/3$
- C)  $3/2$
- D) 10
- E) quesito senza soluzione univoca e corretta

**A causa del metabolismo umano, un adulto di media statura che entri in una stanza adiabatica, cioè isolata come un calorimetro, equivale mediamente ad una stufetta da 80 watt (se resta a riposo, come ipotizziamo). Dopo una permanenza di 4186 secondi:**

- A) la temperatura dell'adulto sarà scesa di  $80/4,18$  gradi centigradi
- B) la temperatura dell'aria sarà salita di 8 gradi centigradi
- C) saranno state prodotte  $80/4186$  kcal
- D) saranno state prodotte 80 kjoule di calore
- E) saranno state prodotte 80 kcal

Il sistema uomo è una scusa per parlare di potenza e di conversione Joule - caloria

$$80\text{W} = 80\text{J/s}$$

$$1\text{cal} = 4.186\text{ J}$$

→ l'energia "prodotta" è pari a  $80\text{W} \cdot 4186\text{s} = 80 \cdot 4186\text{ J}$

...ovvero  $80 \cdot 4186 / 4.186\text{ cal}$ , quindi.....

**A causa del metabolismo umano, un adulto di media statura che entri in una stanza adiabatica, cioè isolata come un calorimetro, equivale mediamente ad una stufetta da 80 watt (se resta a riposo, come ipotizziamo). Dopo una permanenza di 4186 secondi:**

- A) la temperatura dell'adulto sarà scesa di  $80/4,18$  gradi centigradi
- B) la temperatura dell'aria sarà salita di 8 gradi centigradi
- C) saranno state prodotte  $80/4186$  kcal
- D) saranno state prodotte 80 kjoule di calore
- E) saranno state prodotte 80 kcal

**Quando l'acqua pura bolle a pressione costante, con il passare del tempo, la sua temperatura:**

- A) va sempre aumentando
- B) va sempre diminuendo
- C) rimane costante
- D) dipende dal volume del liquido
- E) quesito senza soluzione univoca e corretta

...alla fine della cottura, l'acqua della pasta è arrivata a 150 gradi ???



L'ebollizione rappresenta un **cambiamento di stato**

L'**ebollizione** è il fenomeno fisico in cui si ha [vaporizzazione](#) all'interno di un corpo [liquido](#). Sotto la [temperatura di ebollizione](#), la vaporizzazione si ha solo sulla superficie del liquido, e viene detta [evaporazione](#) .

(wikipedia e opere citate)

La transizione fra uno stato di aggregazione ed un altro avviene a temperatura costante

**Quando l'acqua pura bolle a pressione costante, con il passare del tempo, la sua temperatura:**

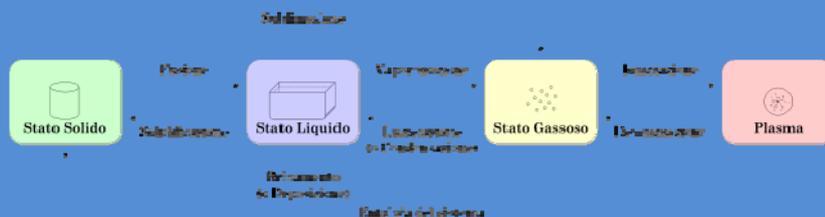
- A) va sempre aumentando
- B) va sempre diminuendo
- C) rimane costante
- D) dipende dal volume del liquido
- E) quesito senza soluzione univoca e corretta

**Tra i fenomeni seguenti segnare quello che non indica un cambiamento di stato:**

- A) Fusione
- B) Conduzione
- C) Solidificazione
- D) Condensazione
- E) quesito senza soluzione univoca e corretta

Altro quesito sui cambiamenti di stato. Ma cos'è un cambiamento di stato ?

In [fisica](#) e in [chimica](#), una **transizione di fase** (o **passaggio di stato** o **cambiamento di stato**) è la trasformazione di un sistema [termodinamico](#) da uno [stato di aggregazione](#) ad un altro.



**Tra i fenomeni seguenti segnare quello che non indica un cambiamento di stato:**

- A) Fusione
- B) Conduzione
- C) Solidificazione
- D) Condensazione
- E) quesito senza soluzione univoca e corretta

**Un bambino, dopo una corsa, presenta 120 battiti cardiaci al minuto e ad ognuno di essi l'arteria aortica riceve 40 millilitri di sangue, per cui:**

- A) il cuore batte  $120 \times 3600$  volte all'ora
- B) la portata media dell'aorta è  $80 \text{ cm}^3/\text{s}$**
- C) il cuore batte 20 volte al secondo
- D) la portata media dell'aorta è  $40 \text{ cm}^3/\text{s}$
- E) l'aorta riceve 800 millilitri di sangue al secondo

**Portata:** volume di sangue che fluisce attraverso una sezione dell'aorta, nell'unità di tempo

$$1 \text{ ml} = 1 \text{ litro} / 1000 = 1 \text{ dm}^3 / 1000 = 1 \text{ cm}^3$$

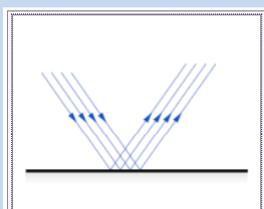
$$120 \text{ battiti} / 60 \text{ s} = 2 \text{ battiti} / \text{s} \rightarrow \text{l'arteria aortica riceve } 80 \text{ ml} / \text{s}$$

## Problemi di Ottica

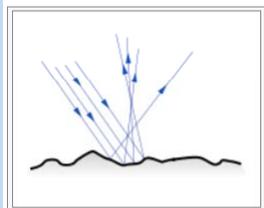
Se un raggio luminoso monocromatico passa da un mezzo ad un altro, separati da superficie liscia, si ha, in generale:

- A) riflessione e diffusione
- B) riflessione e rifrazione
- C) diffrazione e rifrazione
- D) interferenza e risonanza
- E) quesito senza soluzione univoca e corretta

## Riflessione



Riflessione speculare della luce su una superficie levigata



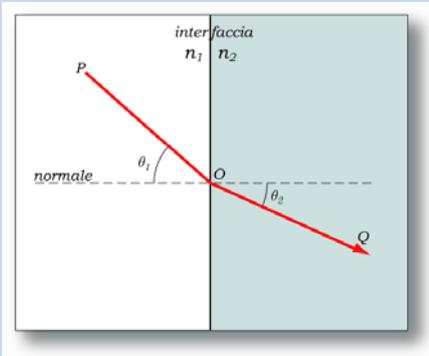
Riflessione diffusa della luce su una superficie scabra

La riflessione può avvenire:

*specularmente* ([riflessione speculare](#) o *regolare*) cioè in una unica (o quasi) direzione

*diffusamente* ([riflessione diffusa](#)) cioè in varie direzioni.

## Rifrazione



La **rifrazione** è la deviazione subita da un'onda che ha luogo quando questa passa da un mezzo ad un altro nel quale la sua velocità di propagazione cambia.

La **legge di Snell** descrive quanto i raggi sono deviati quando passano da un mezzo ad un altro. Se il raggio proviene da una regione con indice di rifrazione  $n_1$  ed entra in un mezzo ad indice  $n_2$  gli angoli di incidenza  $\theta_1$  e di rifrazione  $\theta_2$  sono legati dall'espressione:

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

dove  $v_1$  e  $v_2$  sono le velocità nei mezzi.

## Lo scattering e la diffusione

“In **ottica** lo scattering rientra nei fenomeni di interazione radiazione-materia ed è di solito riferito alla dispersione della luce da parte di oggetti più o meno microscopici come le **particelle colloidali** in liquidi o i solidi polverizzati o il **pulviscolo** o le **molecole** dell'**atmosfera** “

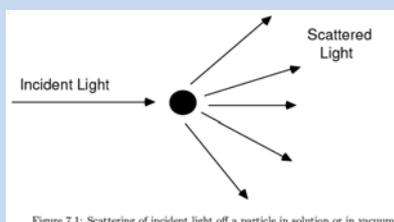
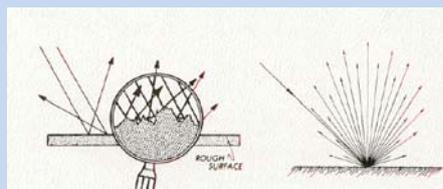


Figure 7.1: Scattering of incident light off a particle in solution or in vacuum.

Scattering da parte di una singola particella (es.: particella colloidale)

La diffusione probabilmente più familiare è la **riflessione diffusa** che viene dalla superficie dei solidi.



## La diffrazione

Il modello della propagazione rettilinea dei raggi di luce non è valida vicino ad ostacoli le cui dimensioni siano paragonabili con la lunghezza d'onda. Ciò accade per tutti i tipi di onde. L'esistenza della diffrazione della luce è quindi una prova che la luce si propaga per onde.

*"Any small feature acts like a point object from which light emerge = point source"*

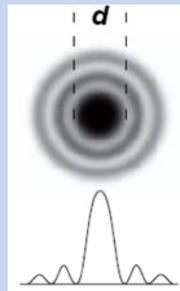
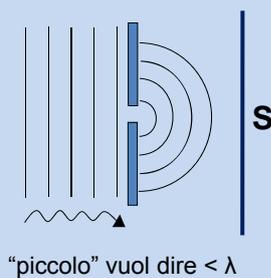
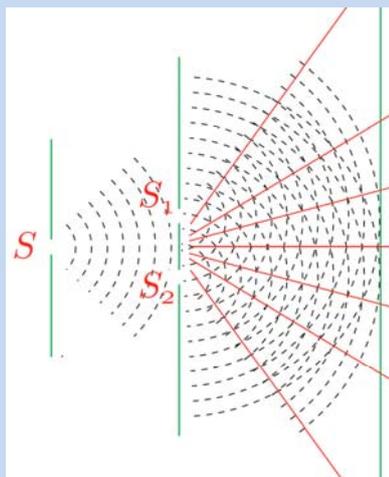


Immagine dei "dischi di diffrazione", visibili sullo schermo S

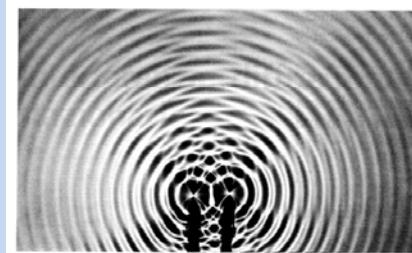
La diffrazione esiste non solo per onde luminose!!

## L'interferenza



<http://g5.ambra.unibo.it>

ESPERIMENTO DI INTERFERENZA



"l'interferenza spiega come le onde interagiscono l'una con l'altra a formare un'altra onda"

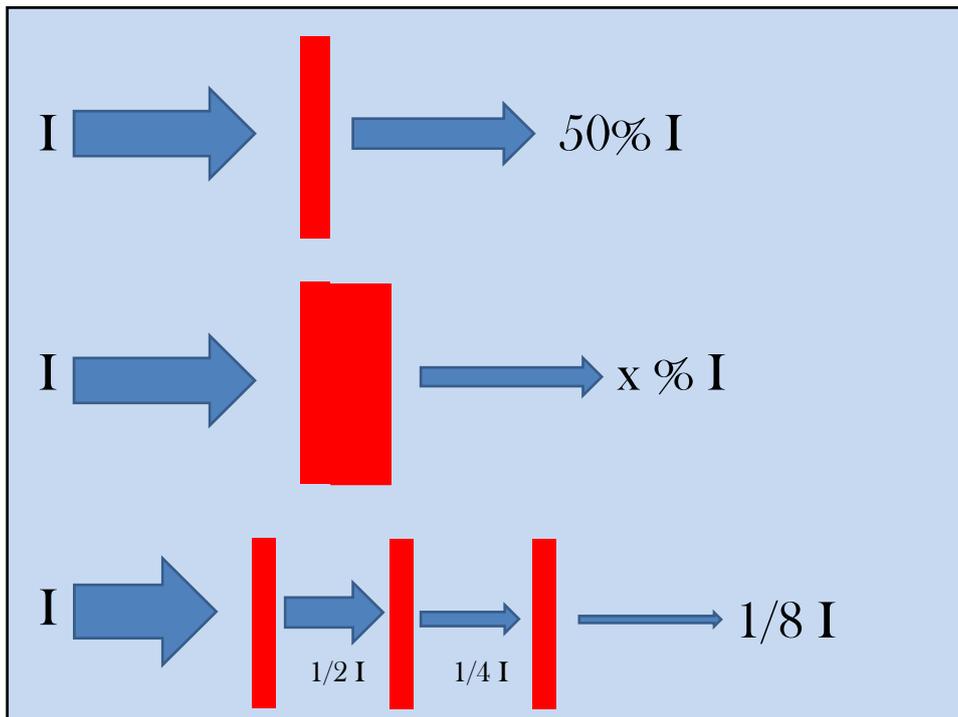
Onde che interagiscono: "anche prodotte a partire dalla stessa onda iniziale" ....

**Se un raggio luminoso monocromatico passa da un mezzo ad un altro, separati da superficie liscia, si ha, in generale:**

- A) riflessione e diffusione
- B) riflessione e rifrazione
- C) diffrazione e rifrazione
- D) interferenza e risonanza
- E) quesito senza soluzione univoca e corretta

Un fascio di raggi X paralleli che arriva su uno strato di 5 mm di spessore di un certo materiale viene assorbito nella misura del 50%. Se inviassimo lo stesso fascio su uno strato di 1,5 cm di spessore dello stesso materiale, quale percentuale del fascio incidente riuscirebbe ad emergere?

- A) circa 5%
- B) circa 17%
- C) circa 12,5%
- D) circa 33%
- E) inferiore al 1%

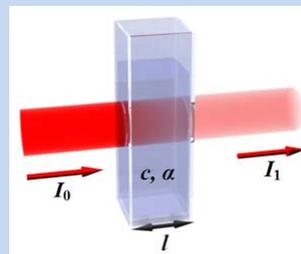


In [ottica](#) la **Legge di Beer-Lambert** (...) è una relazione empirica che correla la quantità di [luce](#) assorbita da un mezzo alla natura chimica, alla concentrazione ed allo spessore del mezzo attraversato.

Quando un fascio di luce (monocromatica) di intensità  $I_0$  attraversa uno strato di spessore  $l$  di un mezzo, una parte di esso viene assorbita dal mezzo stesso e una parte ne viene trasmessa con intensità residua  $I_1$ .

Il rapporto tra le intensità della luce trasmessa e incidente sul mezzo attraversato è espresso dalla seguente relazione

$$\frac{I_1}{I_0} = 10^{-k_\lambda l} = T = 10^{-A}$$



dove  $k_\lambda$  è detto *coefficiente di estinzione* ed è una costante tipica del mezzo attraversato per la lunghezza d'onda  $\lambda$  e  $l$  è il cammino ottico (vale a dire lo spessore di soluzione attraversata).

Un fascio di raggi X paralleli che arriva su uno strato di 5 mm di spessore di un certo materiale viene assorbito nella misura del 50%. Se inviassimo lo stesso fascio su uno strato di 1,5 cm di spessore dello stesso materiale, quale percentuale del fascio incidente riuscirebbe ad emergere?

- A) circa 5%
- B) circa 17%
- C) circa 12,5%
- D) circa 33%
- E) inferiore al 1%

**Qual è la probabilità che lanciando 6 volte una moneta escano esattamente 4 teste?**

- A)  $15/64$
- B)  $1/64$
- C)  $15/16$
- D)  $1/16$
- E)  $5/32$

Numero di casi possibili: 2 casi per lancio di moneta = 64 casi totali =  $2^6$

Numero di casi favorevoli = numero di modi diversi in cui posso ottenere le 4 teste in 6 lanci

Esempi di casi favorevoli: TTTTcc, TTTcTc, TTTccT, ...

Il numero di casi favorevoli coincide con "numero di modi diversi con cui ottenere 2 croci in 6 lanci di moneta"

Conto questi casi: se al primo lancio ho croce, la seconda croce puo' capitare in uno dei 5 lanci successivi: 5 casi

Se invece ho la prima croce al primo lancio, la seconda puo' capitare in uno dei 4 lanci seguenti: altri 4 casi; e cosi' via

**In totale ho:  $5+4+3+2+1 = 15$  casi favorevoli**

## Combinazioni

Nel [calcolo combinatorio](#), se  $n$  e  $k$  sono due [interi](#) positivi, si definisce **combinazione** di  $n$  elementi presi  $k$  alla volta (oppure di  $n$  elementi di classe  $k$ ) ogni sottoinsieme di  $k$  oggetti estratti da un insieme di  $n$  oggetti. Se si impone la condizione che una combinazione non puo' avere un elemento ripetuto si parla di combinazioni semplici, (...) con  $k \leq n$ .

(...) i sottoinsiemi si considerano indipendenti dall'ordine degli elementi. Ad esempio, se siamo in presenza dell'insieme  $\{p,q,r,s,t\}$  e prendiamo in esame le combinazioni di classe 3, non fa alcuna differenza considerare i gruppi  $prs$ ,  $psr$ ,  $rps$ ,  $spr$ ,  $rsp$  ed  $srp$  in quanto essi sono formati dagli stessi elementi, mentre  $prs$  ed  $srq$  sono considerate due combinazioni distinte in quanto differiscono in alcuni degli elementi.

$$C_{n,k} = \frac{D_{n,k}}{P_k} = \frac{n!}{(n-k)!k!} = \binom{n}{k}$$

Qual è la probabilità che lanciando 6 volte una moneta escano esattamente 4 teste?

- A)  $15/64$
- B)  $1/64$
- C)  $15/16$
- D)  $1/16$
- E)  $5/32$