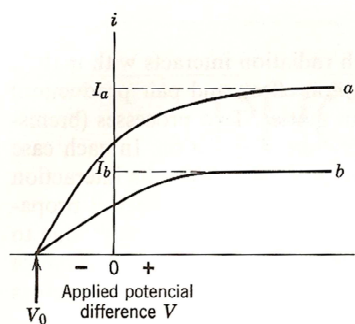
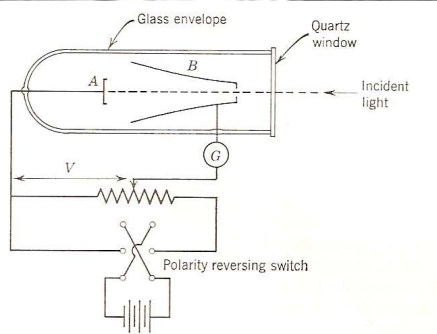


## Effetto fotoelettrico

Grafici della corrente in funzione del potenziale  $V$

Si irradia un metallo e si misura la corrente estratta in funzione del potenziale tra catodo ed anodo.

Curva a con intensità di radiazione maggiore.



La parte di teoria è quanto presentato dal Dr. Bisero

## Effetto fotoelettrico

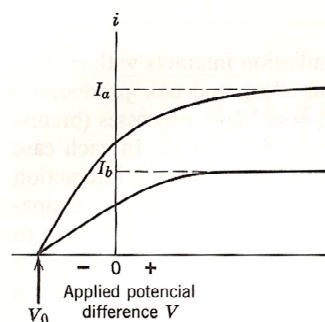
$i$ : **fotocorrente** prodotta dagli elettroni emessi da A e misurata dall'ampmetro del circuito

$V$ : **differenza di potenziale** applicata fra A e B

Curve a e b: in a **l'intensità di luce** incidente è doppia rispetto a b

$V_0$ : **potenziale di arresto**, corrispondente ad una corrente di fotoelettroni uguale a zero (indipendente dall'intensità di luce)

$I_a, I_b$ : **correnti di saturazione**, che sono proporzionali all'intensità di luce incidente (tutti gli elettroni fotoemessi da A raggiungono B)



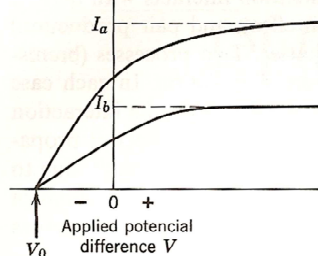
## Effetto fotoelettrico

Quando  $V$  diventa negativa, la **corrente fotoelettrica non scende immediatamente a zero**, il che indica che gli elettroni sono emessi da A con una determinata energia cinetica. Alcuni raggiungono B nonostante la presenza del campo elettrico che si oppone al loro movimento.

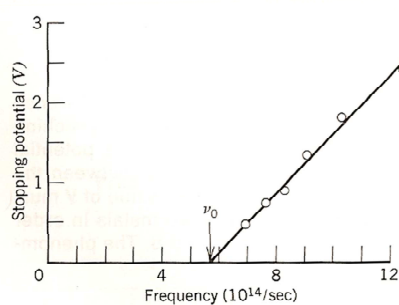
Incrementando il potenziale negativo si raggiunge  $V_0$ , **POTENZIALE DI ARRESTO**. L'energia cinetica dei fotoelettroni più veloci è data da:

$$K_{\text{MAX}} = eV_0 \quad \text{con } e \text{ carica dell'elettrone.}$$

$V_0$  risulta essere, sperimentalmente, indipendente dall'intensità della luce incidente.

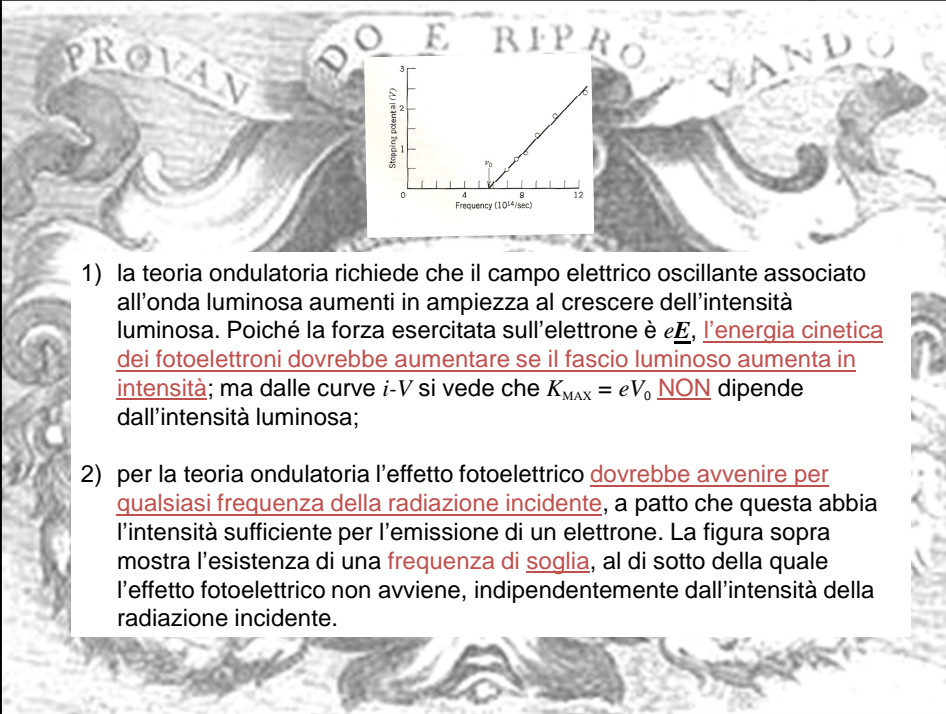


Se misuro il **potenziale di arresto** in funzione della **frequenza** della radiazione incidente ottengo:



Il primo esperimento di questo tipo fu condotto da Millikan nel 1914 (premio Nobel nel 1923).

Vediamo **due aspetti che NON possono essere spiegati con la teoria classica ondulatoria della luce**:



1) la teoria ondulatoria richiede che il campo elettrico oscillante associato all'onda luminosa aumenti in ampiezza al crescere dell'intensità luminosa. Poiché la forza esercitata sull'elettrone è  $eE$ , l'energia cinetica dei fotoelettroni dovrebbe aumentare se il fascio luminoso aumenta in intensità; ma dalle curve  $i-V$  si vede che  $K_{MAX} = eV_0$  **NON** dipende dall'intensità luminosa;

2) per la teoria ondulatoria l'effetto fotoelettrico dovrebbe avvenire per qualsiasi frequenza della radiazione incidente, a patto che questa abbia l'intensità sufficiente per l'emissione di un elettrone. La figura sopra mostra l'esistenza di una frequenza di soglia, al di sotto della quale l'effetto fotoelettrico non avviene, indipendentemente dall'intensità della radiazione incidente.

## spiegazione

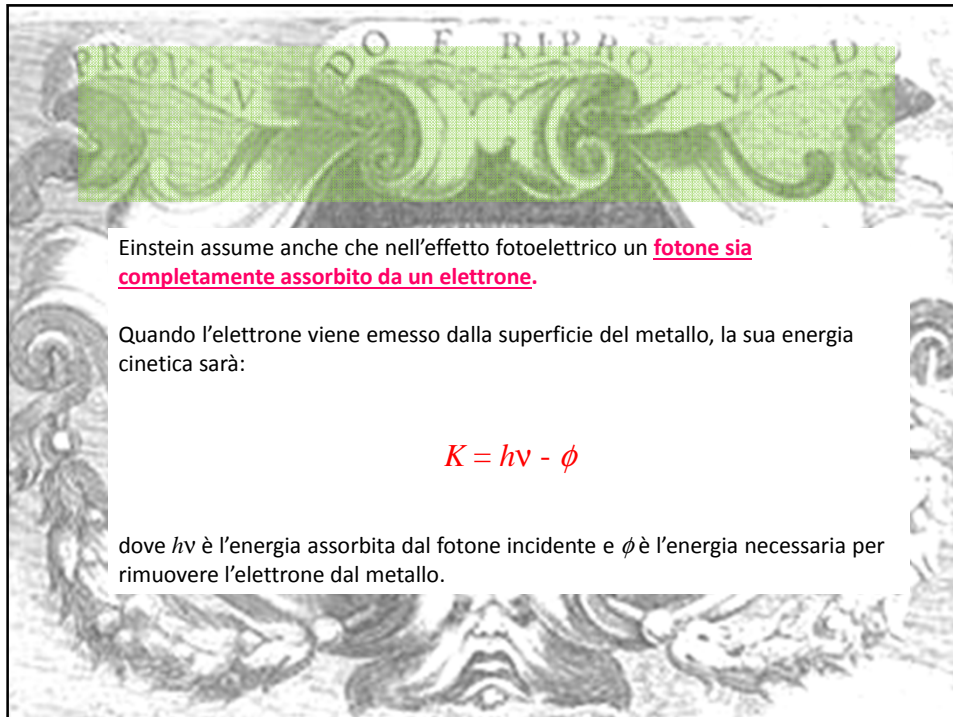
### TEORIA QUANTISTICA DI EINSTEIN DELL'EFFETTO FOTOELETTRICO

Nel 1905, ben prima dell'esperimento di Millikan, Einstein propone una nuova teoria e cita l'effetto fotoelettrico come un'applicazione in grado di determinarne la correttezza. Einstein assume che

l'energia elettromagnetica sia quantizzata in "pacchetti",  
localizzati in un volume piccolo di spazio.

L'energia resta localizzata in questi "pacchetti" (**FOTONI**) mentre viaggia con velocità  $c$ . Il contenuto energetico del fotone è connesso alla sua frequenza da:

$$E = h\nu$$

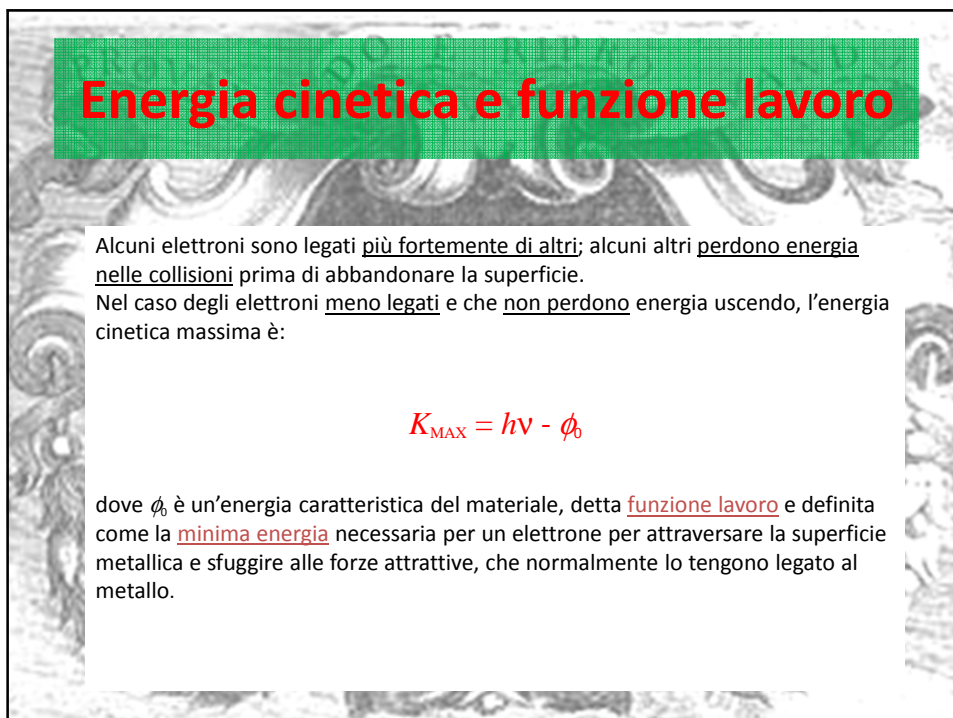


Einstein assume anche che nell'effetto fotoelettrico un **fotone sia completamente assorbito da un elettrone**.

Quando l'elettrone viene emesso dalla superficie del metallo, la sua energia cinetica sarà:

$$K = h\nu - \phi$$

dove  $h\nu$  è l'energia assorbita dal fotone incidente e  $\phi$  è l'energia necessaria per rimuovere l'elettrone dal metallo.



## Energia cinetica e funzione lavoro

Alcuni elettroni sono legati più fortemente di altri; alcuni altri perdono energia nelle collisioni prima di abbandonare la superficie.

Nel caso degli elettroni meno legati e che non perdono energia uscendo, l'energia cinetica massima è:

$$K_{MAX} = h\nu - \phi_0$$

dove  $\phi_0$  è un'energia caratteristica del materiale, detta **funzione lavoro** e definita come la **minima energia** necessaria per un elettrone per attraversare la superficie metallica e sfuggire alle forze attrattive, che normalmente lo tengono legato al metallo.

Consideriamo come l'ipotesi del fotone risponde alle obiezioni generate dall'interpretazione classica:

1) **INDIPENDENZA DI  $K_{MAX}$  DALL'INTENSITA' DI ILLUMINAZIONE**

La teoria dei fotoni spiega bene gli esperimenti: raddoppiando l'intensità della luce raddoppia il numero di fotoni e perciò la corrente fotoelettrica, ma non cambia l'energia dei singoli fotoni

2) **ESISTENZA DI UNA FREQUENZA DI SOGLIA**

Perché un elettrone sia fotoemesso e rivelato deve essere

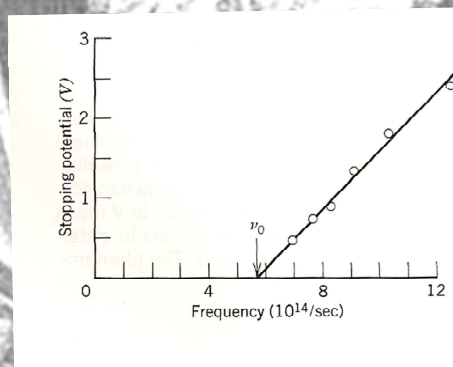
$$K_{MAX} > 0 \text{ ovvero } h\nu - \phi_0 > 0 \text{ e quindi } \nu > \phi_0/h \equiv \nu_0$$

Se la frequenza viene ridotta sotto  $\nu_0$  il singolo fotone non ha energia sufficiente per l'emissione di un elettrone, indipendentemente dall'intensità della radiazione (numero di fotoni).

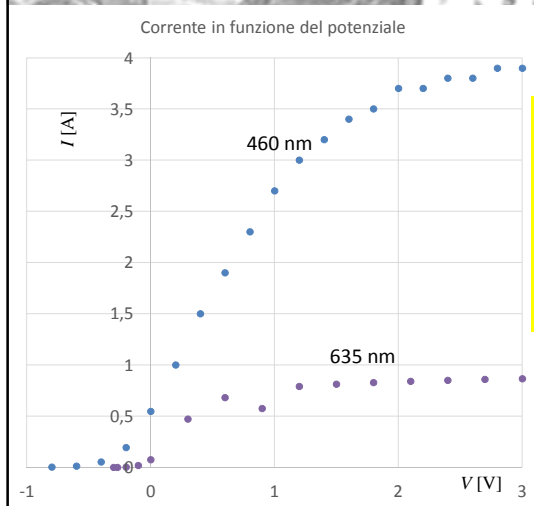
Riscriviamo ora  $K_{MAX} = h\nu - \phi_0$  sostituendo  $eV_0$  al posto di  $K_{MAX}$ :

$$eV_0 = h\nu - \phi_0$$

che prevede una dipendenza lineare del potenziale di arresto dalla frequenza, in perfetto accordo con l'esperimento di Millikan.

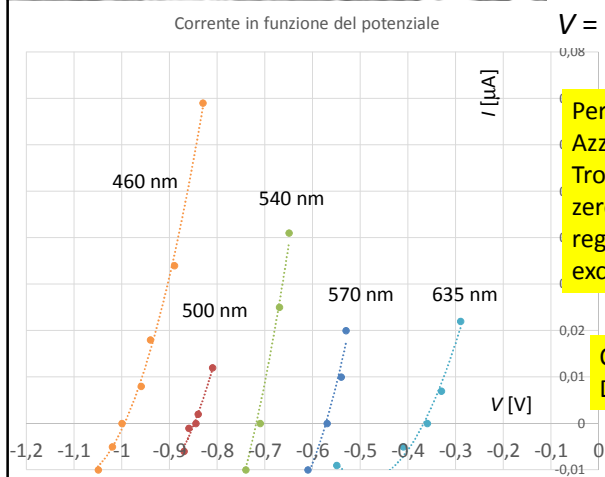


## Parte sperimentale: asserviamo $I$ vs $V$



Misure effettuate all'Ariosto, con filtri di lunghezza d'onda diversi: al diminuire della lunghezza d'onda (aumento dell'energia dei fotoni) si osserva che è necessario un potenziale di frenamento negativo in valore assoluto maggiore.

## Tensione di frenamento per vari filtri



$V = 1, 0.845, 0.71, 0.57, 0.36,$

Per trovare il potenziale, per il quale Azzera al corrente, è meglio Trovare graficamente o imponendo a zero la polinomiale di grado 2 della regressione effettuata anche con excell.

Qui riportiamo quanto osservato Direttamente come  $I=0$

$$E_k = h\nu - W$$

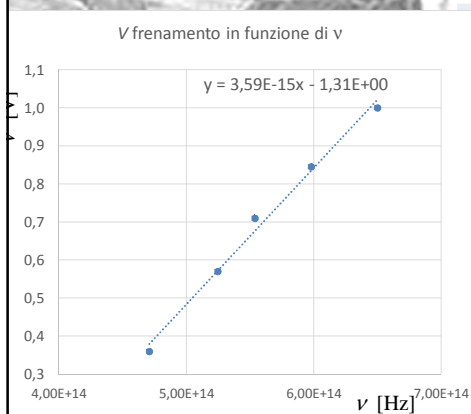
- Dato che  $E_k = eV$  e  $\lambda\nu = c$  ci aspettiamo una relazione del tipo ricaviamo  $\nu = c/\lambda$

$$eV = h\nu - W$$

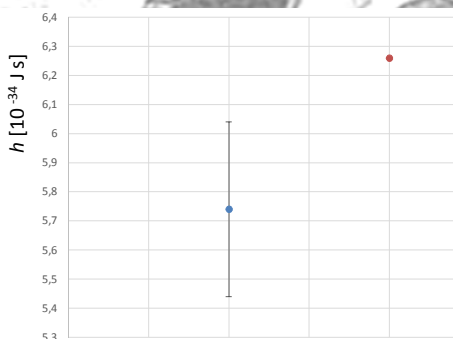
$$V = \frac{h}{e}\nu - \frac{W}{e}$$

$$y = Bx + A$$

## Regressione lineare

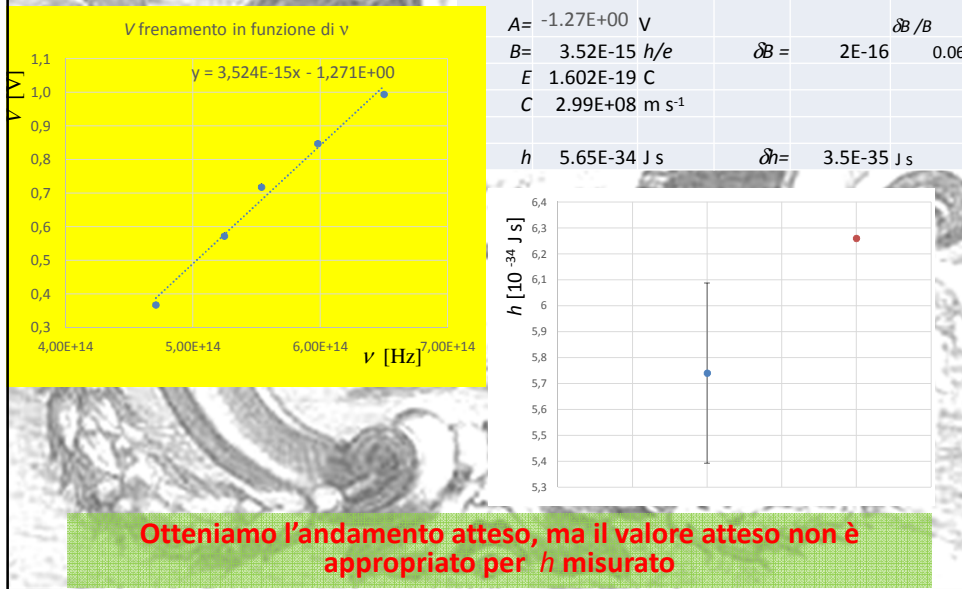


A=	-1.309 V			$\frac{\delta B}{B}$
B=	3.59E-15 h/e	$\delta B =$	2E-16	0.06
E	1.602E-19 C			
C	2.99E+08 m s <sup>-1</sup>			
h	5.74E-34 J s	$\delta h =$	3E-35 J s	

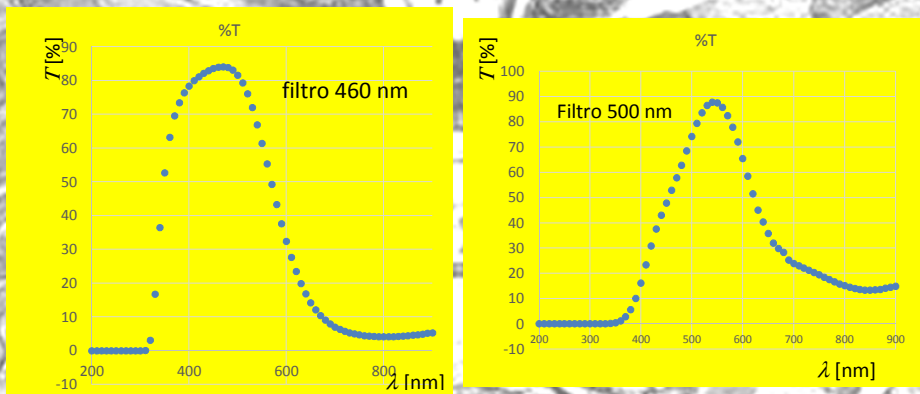


Otteniamo l'andamento atteso, ma il valore atteso non è appropriato per  $h$  misurato

## Tensioni di frenamento da polinomiale. 1.02, 8.36, 6.80, 5.78, 3.88 [V]



## Abbiamo ritenuto i filtri privi di incertezza



Non è chiaro quale è la lunghezza d'onda minore, ovvero la frequenza maggiore per definire in modo preciso che valore utilizzare.

Vediamo i filtri successivi



