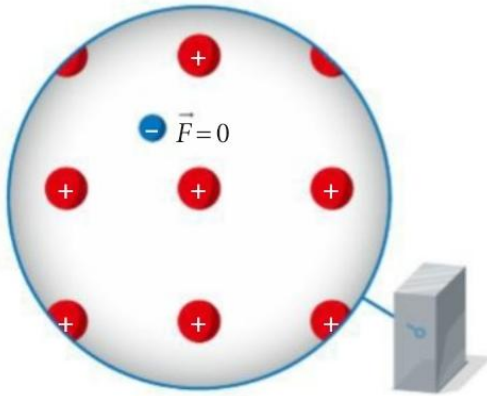


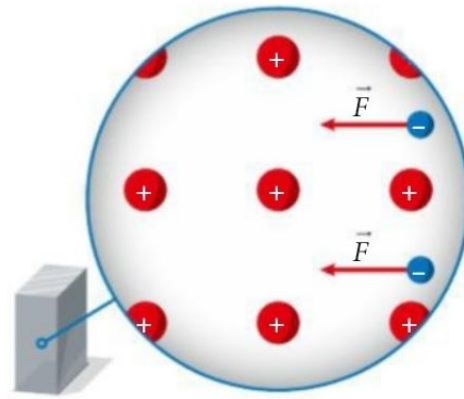
ESTRAZIONE DI ELETTRONI DA UN METALLO

In condizioni normali gli elettroni di conduzione non escono dai metalli.

■ Dentro un metallo un elettrone è del tutto circondato da ioni positivi e la risultante delle forze attrattive esercitate su di esso dagli ioni è nulla.



■ Vicino alla superficie, invece, le forze degli ioni sugli elettroni non si equilibrano, perché gli ioni sono tutti da una parte e nessuno dall'altra.



Su un elettrone posto vicino alla superficie agisce una forza elettrica rivolta verso l'interno, che lo trattiene nel metallo. Per estrarre l'elettrone è necessario spendere energia, cioè compiere dall'esterno un lavoro positivo.

Il lavoro W_e che bisogna compiere per far uscire un elettrone dalla superficie di un metallo senza far variare la sua energia cinetica è detto **lavoro di estrazione** ed è caratteristico del particolare metallo.

<u>METALLO</u>	<u>LAVORO DI ESTRAZIONE (eV)</u>
Argento (Ag)	4,70
Calcio (Ca)	3,20
Ferro (Fe)	4,63
Nichel (Ni)	4,91
Potassio (K)	2,25
Rame (Cu)	4,48
Sodio (Na)	2,28
Torio (Th)	3,47
Zinco (Zn)	4,27

Ricordiamo che

$$1\text{ eV} = e(1\text{ V}) = (1,6022 \times 10^{-19}\text{ C})(1\text{ V}) = 1,6022 \times 10^{-19}\text{ J}$$

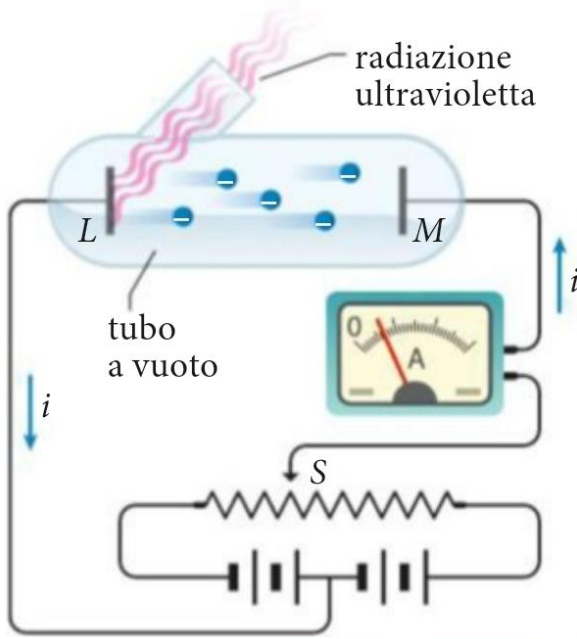
[10]

Quando un elettrone si sposta tra due punti che hanno una differenza di potenziale di 1 V, la forza elettrica compie su di esso un lavoro del valore assoluto di 1 eV.

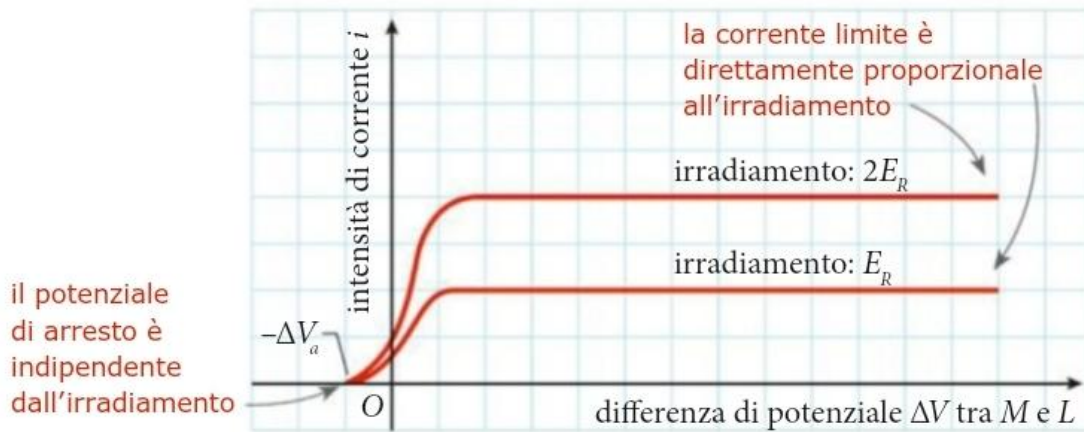
EFFETTO FOTOELETTRICO

HERTZ (1887) - Nel corso dei suoi esperimenti sulle scariche dei conduttori, si accorse che illuminando con una radiazione ultravioletta uno dei 2 elettrodi, la scarica è più luminosa

LENARD (1902) - Scopre le leggi sperimentali dell'effetto fotoelettrico



Illuminando con una radiazione ultravioletta l'elettrodo L, vengono emessi elettroni che sono raccolti dall'elettrodo M. Nel circuito si genera una corrente elettrica i .



CARATTERISTICHE Sperimentali dell'Effetto Fotoelettrico

- esistenza di una CORRENTE LIMITE, direttamente proporzionale all'irradiazione, oltre la quale la corrente non può più salire, anche aumentando ΔV .
- esistenza di un POTENZIALE DI ARRESTO ΔV_a che blocca la corrente.

Gli elettroni emessi hanno energia cinetica: il pot. di arresto è quello che frena gli elettroni più veloci: $K_{max} = e\Delta V_a$, che NON dipende dall'irradiazione, ma solo dalla frequenza f della luce incidente

- esistenza di una FREQUENZA DI SOGLIA f_{min} al di sotto della quale l'effetto non si verifica

EFFETTO FOTOELETTRICO

(PROBLEMI DELLA FISICA CLASSICA E SOLUZIONI DI EINSTEIN)

$$K_{MAX} = e \Delta V_a$$

PROBLEMA 1 Il potenziale di arresto ΔV_a NON DIPENDE dall'irradiazione: sembra esista quindi una velocità massima v_{MAX} (e dunque un'energia massima K_{MAX}) per gli elettroni estratti e il potenziale di arresto è il valore necessario per decelerare questi elettroni più veloci.

CLASSICAMENTE \rightarrow ci si aspetta che l'energia cinetica massima K_{MAX} aumenti con l'irradiazione (cioè con l'energia della luce incidente)

PROBLEMA 2 Il potenziale di arresto ΔV_a (e dunque K_{MAX}) DIPENDE dalla frequenza della radiazione incidente. In particolare ESISTE UNA FREQUENZA MINIMA f_{MIN} (caratteristica del metallo) detta SOGLIA FOTOELETTRICA al di sotto della quale non si verifica l'emissione di elettroni. Il potenziale di arresto (dunque K_{MAX}) dipende linearmente dalla frequenza della luce incidente.

CLASSICAMENTE \rightarrow ci si aspetta che un'onda di frequenza bassa, ma sufficientemente intensa, sia in grado di estrarre elettroni.

Invece una radiazione poco intensa, ma di alta frequenza, è in grado di estrarre elettroni

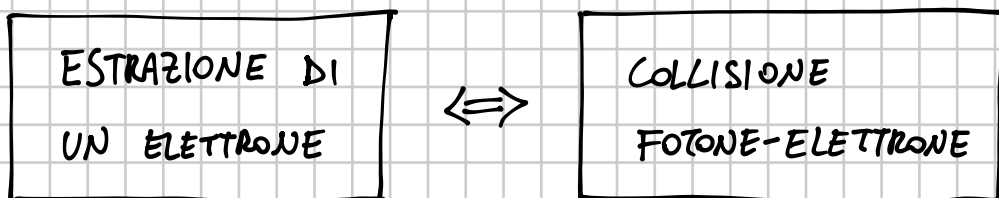
EINSTEIN (1905) → non solo lo scambio di energia fra radiazione e materia è quantizzato, ma LA RADIAZIONE STESSA È QUANTIZZATA, essendo costituita da QUANTI DI LUCE, i FOTONI

Ciascun fotone ha energia $E = h \cdot f$ $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
CONSTANTE DI PLANCK

La radiazione incidente è una PIOGGIA DI FOTONI, ciascuno con energia E .

RADIAZIONE PIÙ INTENSA \Rightarrow PIOGGIA PIÙ FITTA

(l'intensità è proporzionale al numero di fotoni per u. di tempo e superficie)



PIÙ INTENSITÀ \Rightarrow PIOGGIA PIÙ FITTA \Rightarrow PIÙ ELETTRONI ESTRATTI

\Downarrow
CORRENTE PIÙ INTENSA

f troppo bassa \Rightarrow fotoni troppo deboli, non riescono a estrarre elettroni anche se piacciono copiosi (intensità alta).

Ecco spiegato la FREQUENZA DI SOGLIA

INTERAZIONE 1:1

FOTONE
ELETTRONE

$$hf \geq W_e$$

Se l'energia del fotone $\bar{e} \geq$
del lavoro di estrazione, si ha
effetto fotoelettrico

1) CASO (LIMITE) $hf = W_e \Rightarrow hf_{\text{min}} = W_e$ l'energia del fotone
 $\underbrace{\hspace{1cm}}$
frequenza
di soglia \bar{e} appena sufficiente
per far uscire
l'elettrone

2) CASO $hf > W_e \Rightarrow$ la restante parte di energia comunicata
all'elettrone sarà energia cinetica



$$hf = W_e + K$$

Quando l'elettrone interagisce con la
materia perde parte della sua en. cinetica.

A noi interessano gli elettroni che escono
con le minime interazioni con la
materia, dunque con en. cinetica massima

$$hf = W_e + K_{\text{MAX}}$$



$$K_{\text{MAX}} = hf - W_e$$

EN. CINETICA
MASSIMA DEGLI
ELETTRONI

EN. DEL
FOTONE

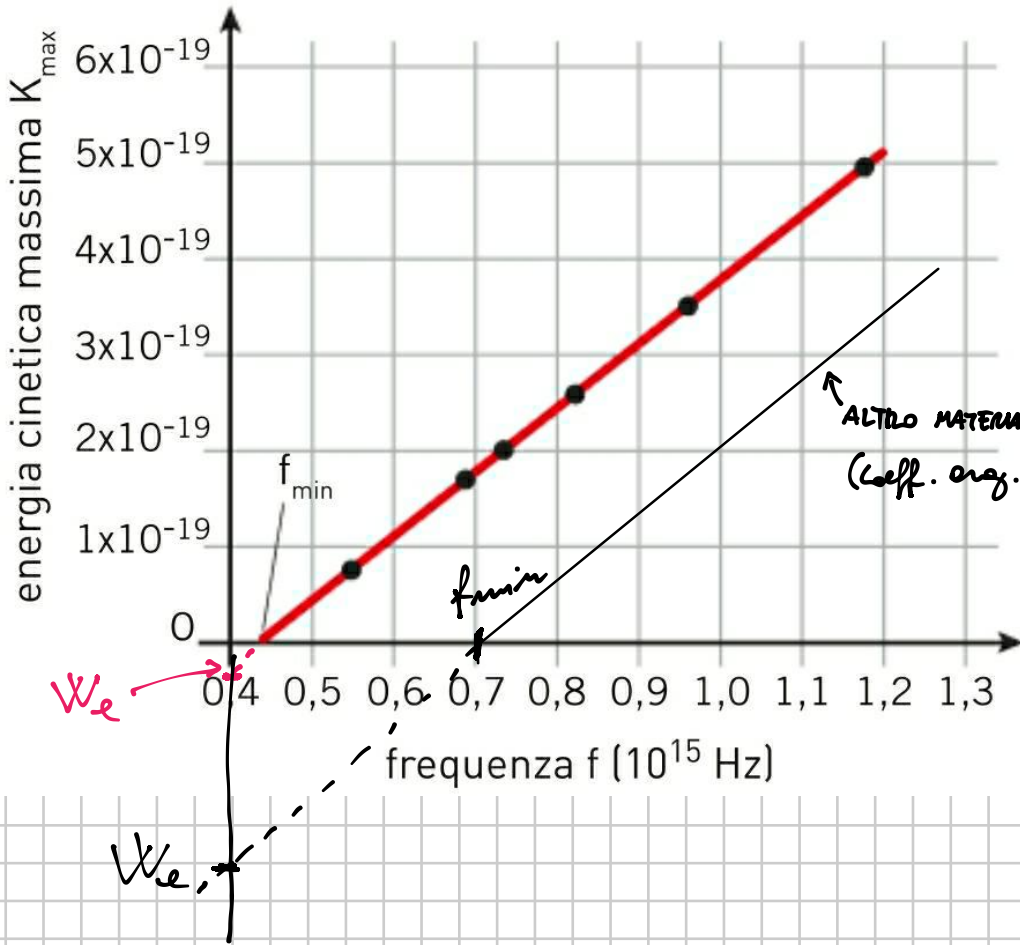
ENERGIA
SERVITA PER
FAR USCIRE
L'ELETTRONE

$K_{MAX} = e \Delta V_a$ è la stessa sia nel caso di una radiazione poco intensa, che nel caso di una radiazione più intensa



$$K_{MAX} = hf - W_e$$

Se la radiazione è più intensa, usciranno più elettroni, ma nell'interazione 1:1 fra il fotone e l'elettrone il legame è sempre



$$K_{MAX} = hf - W_e$$

coeff. angolare della retta

ALTRO MATERIALE (coeff. prop. h)

diverso da materiale a materiale

RAGGI γ \rightarrow FOTONI ENERGETICI (PERICOLOSI)
(FREQ. ALTA)

LUCE VISIBILE \rightarrow FOTONI POCO ENERGETICI (NON PERICOLOSI)
(FREQ. PIÙ BASSA)

IL PROBLEMA DELL'ISTANTANEITÀ

L'emissione di elettroni avviene in modo istantaneo.

Secondo la teoria classica, invece, dovrebbe esserci un ritardo, perché la radiazione metterebbe in oscillazione gli elettroni liberi del metallo e solo dopo un certo intervallo di tempo sarebbe in grado di trasferire ad essi l'energia necessaria per strapparli dal metallo.

Con l'interpretazione di Einstein, l'estrazione è dovuta a un "urto" fotone-elettrone: il fotone urta l'elettrone e gli trasferisce la sua energia. Ecco spiegata l'emissione istantanea.