**EFFETTO FOTOELETTRICO --- APPLICAZIONI**

Gli esperimenti mostrano il seguente comportamento:

1. Per espellere elettroni, il fascio di luce incidente deve avere una frequenza maggiore di un determinato valore minimo, chiamato frequenza di soglia f0 . Se la frequenza della luce è minore di f0, vengono espulsi elettroni, indipendentemente dall’ intensità della luce.
2. Se la frequenza della luce è maggiore della frequenza di soglia f0, aumentando l’ intensità aumenta il numero di elettroni emessi nell’ unità di tempo. La massima energia cinetica degli elettroni non cresce con l’ intensità della luce non dipende solo dalla frequenza della luce. Queste osservazioni sono spiegate in modo semplice con il modello dei fotoni. Nel modello di Einstein ogni fotone ha un’ energia determinata solo unicamente dalla sua frequenza, pertanto rendere più intenso un fascio di una data frequenza significa semplicemente aumentare il numero di fotoni che colpiscono il metallo in un’ unità di tempo e non incrementare l’ energia trasportata da un fotone.
3. Un elettrone può essere espulso solo se un fotone incidente ha un’ energia almeno uguale al lavoro di estrazione: E = h∙f0 = W0. Possiamo perciò definire la frequenza di soglia nel seguente modo: f0 = (W0/h). Se la frequenza della luce è maggiore di f0, l’ elettrone può lasciare il metallo con una energia cinetica finita. Se la frequenza è maggiore di f0, l’ elettrone può lasciare il metallo con una energia cinetica finita. Se la frequenza è minore di f0, non viene emesso alcun elettrone non importa quale sia l’ intensità del fascio.
4. Il fatto che un fascio di luce monocromatica più intenso ceda al metallo più fotoni nella unità di tempo ha come conseguenza che più elettroni sono emessi nell’ unità di tempo. Poiché ciascun elettrone a parità di frequenza f di radiazione ha la stessa energia, il bilancio dell’ energia è questo:

 En = W0 + KMAX dove En = h∙f ; W0 = h∙f0.

 Quindi: h∙f = h∙f0 + KMAX .

Quindi : KMAX = h∙f- h∙f0 = h∙(f-f0).

Il grafico di KMAX in funzione di f è una semiretta che ha come punto di origine la frequenza di soglia e come pendenze la costante di Planck h.

**Applicazione 1**

Trova la frequenza di soglia f0 di una superficie d’ oro sapendo che il suo lavoro di estrazione è 4,58 eV.

**Soluzione**

Utilizzando l’ equazione (1) otteniamo : f0  = (W0/h) = (4,58)∙(1,6∙ 10-19)/(6,63∙10-34) = 1,1∙1015 Hz.

**Applicazione 2**

Un fascio di luce bianca, con frequenze tra 4,00∙ 1014 Hz e 7,9∙ 1014 Hz incide su una superficie di sodio, il cui lavoro di estrazione è di 2,28 eV. Trova:

1. L’ intervallo di frequenza in questo fascio di luce per le quali vengono emessi elettroni dalla superficie del sodio.
2. L’ energia cinetica massima dei fotoelettroni emessi da questa superficie.

**Dati**  **Quesiti**

FMIN = 4,00 ∙ 1014  Hz ΔfEMISS = ?

fMAX = 7,90 ∙ 1014 Hz KMAX = ?

W0 = 2,28 eV

**Soluzione**

1. Utilizziamo la formula f0 = W0/H per calcolare le frequenze di soglia del sodio:

h∙f0 = W0. Da cui otteniamo: f0 = W0/h = (2,28)∙ (1,6∙10-19)/(6,63∙10-34) = 5,5∙ 1014 Hz

Le frequenze che permettono di espellere elettroni sono comprese tra quelle di soglia e quella massima del fascio: 5,5∙ 1014 Hz a 7,9∙ 1014 Hz.

Le frequenze per cui non vengono espulsi elettroni sono quelle tra la minima della radiazione e la frequenza di soglia: 4,00∙ 1014 Hz e 5,5∙ 1014 Hz.

1. Utilizzando KMAX  =h∙f – W0 , calcoliamo KMAX  per la massima frequenza del fascio, 7,9∙ 1014 Hz. Secondo la formula: KMAX = (6,63∙ 10-34)∙ 7,9∙ 1014 Hz – (2,28∙ 1,6∙ 10-19) = 5,24∙10-19- 3,64∙10-19)=

= 1,6∙ 10-19 J. La maggior parte delle frequenze della luce bianca permette di espellere elettroni dal sodio, e la massima energia cinetica di tali elettroni è 1 eV.

**Applicazione 3**

Onde elettromagnetiche con frequenze variabili comprese tra 4,00∙ 1014 Hz e 9,00∙ 1016 Hz incidono su una superficie di Alluminio. Dato che il lavoro di estrazione dall’ alluminio è di 4,08 eV, trova:

a)La massima energia cinetica degli elettroni emessi da questa superficie.

b) l’ intervallo di frequenze in cui nessun elettrone viene emesso.

**Dati** **Quesiti**

FMIN = 4,00∙ 1014 Hz KMAX = ?

fMAX = 9,00∙ 1016 Hz ; W0 = 4,08 Ev ΔfEMISS = ?

**Soluzione**

1. L’ energia cinetica massima degli elettroni è data da: KMAX = h∙fMAX- W0. Il lavoro di estrazione W0 in Joule è dato da: W0 = 4,08∙ 1,6∙10-19 = 6,5 ∙ 10-19 J. Allora KMAX = (6,62∙10-34 J∙s)∙(9,00∙1016 s-1)-6,5∙

10-19 J = 369 eV.

1. Vedono la frequenza di estrazione f0 =(W0/h) = (6,5∙10-19 J)/(6,62∙10-34J∙s) = 9,8∙ 1014 Hz.

L’ intervallo in cui nessun elettrone viene emesso è dato da: (4,00∙1014- 9,8∙ 1014) Hz.

**Applicazione 4**

Utilizzi due raggi di luce con differenti lunghezze d’ onda(λA≥λB) per produrre fotoelettroni da una data superficie di metallo.

1. Quale raggio produce fotoelettroni con una maggiore energia cinetica massima? Giustifica la tua risposta.
2. Trova KMAX per il cesio (W0 = 1,9 eV) se λA = 620 nm e λB = 420 nm.

**Dati** **Quesiti**

W0 = 1,9 eV; rA,rB = ?

ΛA= 620 nm; ,λB= 410 nm; KMAXES =?

**Soluzione**

1. L’ energia cinetica massima KMAXA = h∙fA – W0; abbiamo KMAXB =h ∙fB – W0. Quindi fA = c/λA;fB=c/λB.

Se λA›λB, allora fB› fA. Quindi KMAXB› KMAXA, il raggio B produce fotoelettroni con una maggior energia cinetica massima.

1. Troviamo KMAX per il cesio. Il lavoro di estrazione è dato da W0 = 1,9(eV)∙1,6∙10-19(J/eV)= 3,04∙10-19J.

La KMAXA = (3,198-3,04)∙10-19 J = 0,158∙ 10-19 J = 0,1 eV. La KMAXB è data con lo stesso calcolo da 1,1 eV.

**Applicazione 5**

Il platino ha un lavoro di estrazione di 6,35 eV ed il ferro ha un lavoro di estrazione di 4,50 eV. Una luce con una frequenza di 1,88∙ 1015 Hz espelle elettroni da entrambe queste superfici:

1. Da quale superficie gli elettroni emessi avranno una maggiore energia cinetica massima?
2. Calcola la massima energia cinetica degli elettroni emessi per ogni superficie.

**Soluzione**

Gli elettroni avranno energia cinetica massima maggiore per quella sostanza che ha il lavoro di estrazione minore in questo caso, il Ferro. Il valore di h = 4,13∙ 10-15 eV∙s.

L’ energia cinetica massima del platino è data da KMAXPT = h∙f-WPT  =7,76-6,35 = 1,41 eV.

L’ energia cinetica massima del ferro è data da KMAXFE = h∙f- WFE = 7,76 – 4,5 = 3,26 eV.