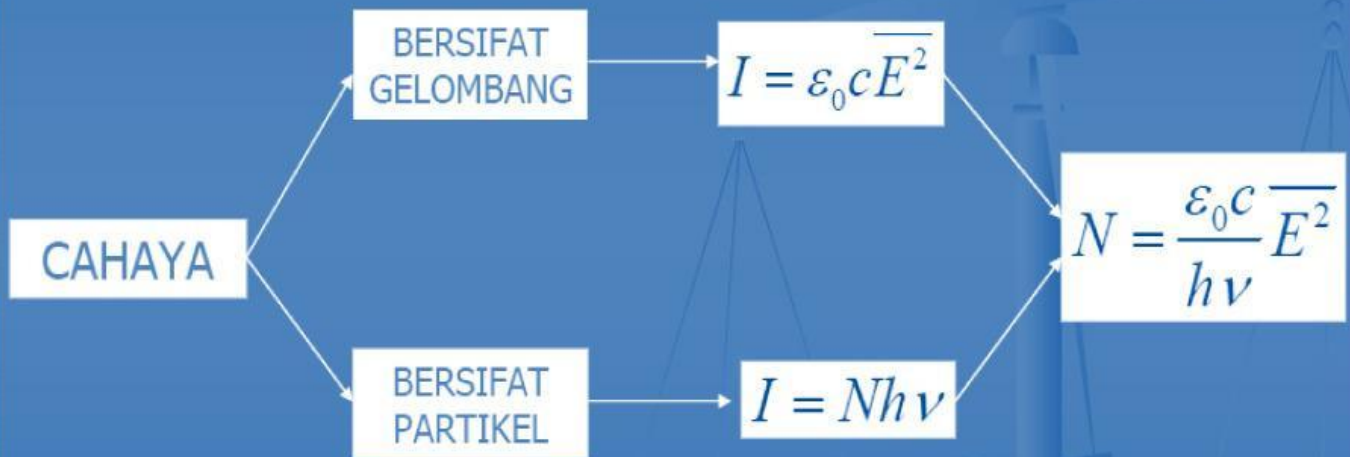




Sifat Partikel pada Gelombang (Efek Fotolistrik)

APAKAH CAHAYA ITU?



Konsep Kuantum Radiasi Elektromagnetik

- Teori Foton

- ❖ Foton atau kuantum merupakan paket-paket energi diskrit pada radiasi elektromagnetik. Tiap energi pada foton tergantung pada frekuensi f .

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

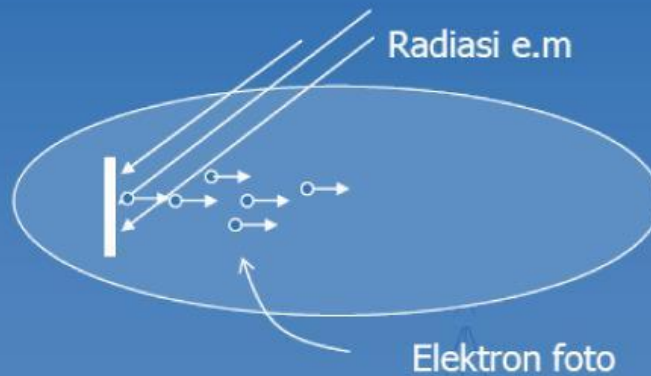
- ❖ Sebuah foton akan bergerak dengan kecepatan cahaya, jika foton bergerak dibawah kecepatan tersebut maka foton tidak ada. Foton hanya memiliki energi kinetik dan massa diamnya adalah nol. Sedangkan momentumnya:

$$p = \frac{E}{c} = \frac{hf}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

Observations Implying Wave-Particle Duality

- “Particle” behavior from “waves”
 - Photoelectric effect
 - Blackbody radiation
 - Compton scattering

EFEK FOTOLISTRIK

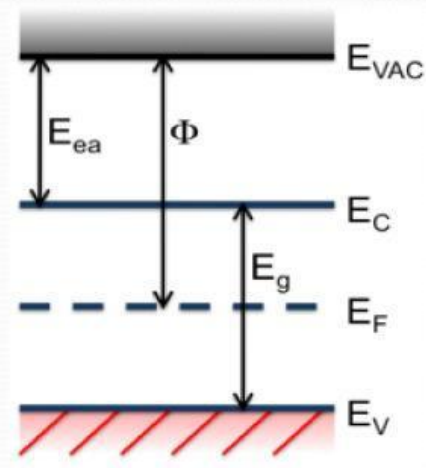
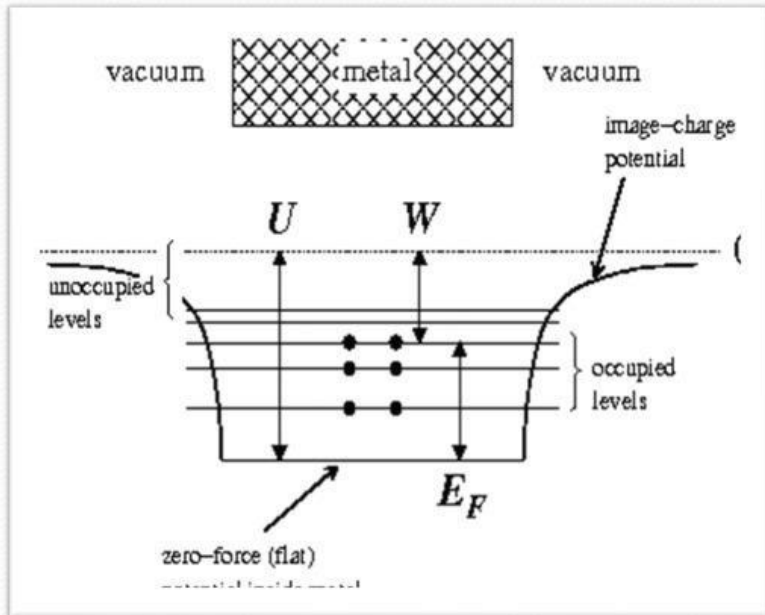


- Jika logam mengkilat di iradiasi, dia akan memancarkan elektron
- Ada frekuensi ambang yang bervariasi dari satu logam ke logam yang lain: hanya cahaya dengan frekuensi lebih besar dari frekuensi ambang yang akan menghasilkan arus elektron foto
- Einstein: Efek fotolistrik merupakan peristiwa tumbukan antara partikel radiasi e.m. (foton) dengan elektron.
- Energi Kinetik Maksimum elektron yang terlepas:

$$K = hf - W$$

Analisis kesimpulan efek fotolistrik

Apa itu energi ambang (work function)



Energi ambang (work function)

TABLE 3.1

Metal	Work Function ϕ (in eV)
Cesium	1.9
Potassium	2.2
Sodium	2.3
Magnesium	3.7
Zinc	4.3
Chromium	4.4
Tungsten	4.5

Energy of a photon

- From table 3.1 we see that zinc has a work function of 4.3 eV.
- The limit for ejecting electrons is when the incoming photon has only enough energy to free an electron from the material with none left for kinetic energy.

$$KE_{max} = hf - \phi$$

$$0 = hf - \phi$$

$$\phi = hf = h \frac{c}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{hc}{\phi} = \frac{(1.6 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s})(3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}})}{4.3 \text{ eV} \times \frac{1.6 \times 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}}}$$

$$\lambda = 289 \text{ nm} \quad \text{visible spectrum} \\ \sim 400 \text{ to } 700 \text{ nm}$$

Energi ambang (work function)

What would be the work function of a metal that could see all wavelengths in the visible spectrum?

$$\phi = h \frac{c}{\lambda} = (6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}) \frac{3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{700 \times 10^{-9} \text{ m}}$$

$$\phi = 2.84 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\phi = 2.84 \times 10^{-19} \text{ J} \times \frac{1 \text{ eV}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ J}}$$

$$\phi = 1.8 \text{ eV}$$

TABLE 3.1

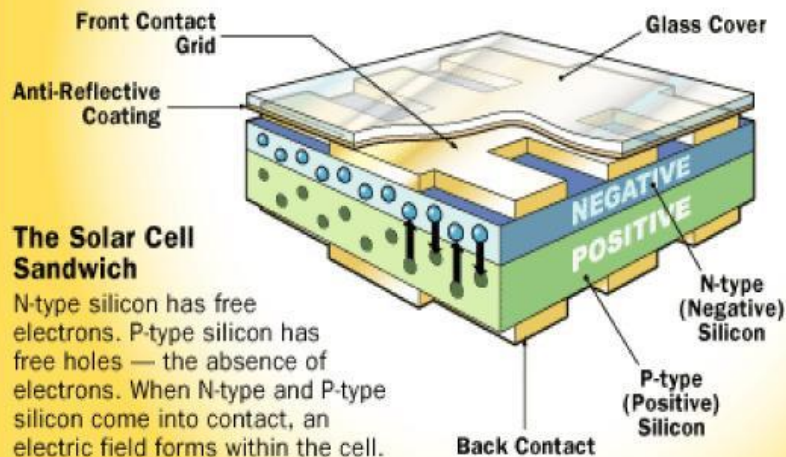
Metal	Work Function ϕ (in eV)
Cesium	1.9
Potassium	2.2
Sodium	2.3
Magnesium	3.7
Zinc	4.3
Chromium	4.4
Tungsten	4.5

Energy of a photon

Aplikasi efek foto listrik (sel surya)

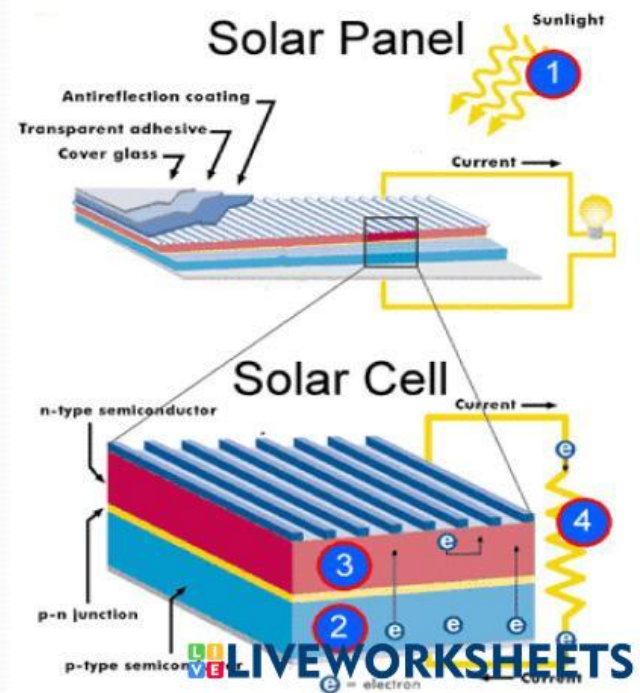
How Solar Cells Work

©2006 HowStuffWorks



The Solar Cell Sandwich

N-type silicon has free electrons. P-type silicon has free holes — the absence of electrons. When N-type and P-type silicon come into contact, an electric field forms within the cell.



LIVEWORKSHEETS

Particle Behavior from "Waves"

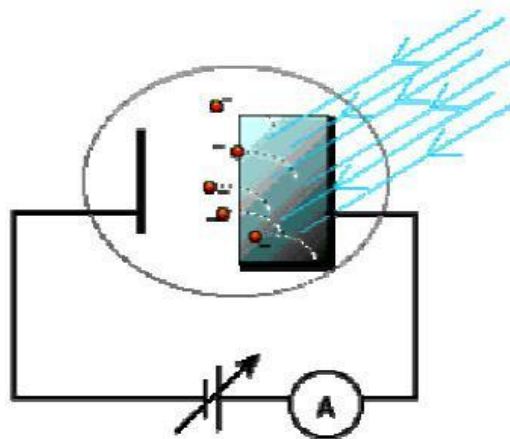
This is the final aspect of the "wave-particle duality" that is Quantum Mechanics

Photoelectric Effect:

Electrons ejected from metal by incoming light

WHAT IS EXPECTED, CLASSICALLY,
AS FUNCTION OF LIGHT
INTENSITY $\neq$ FREQUENCY?

Answer: Higher intensity => higher
electron energy & frequency of
light irrelevant

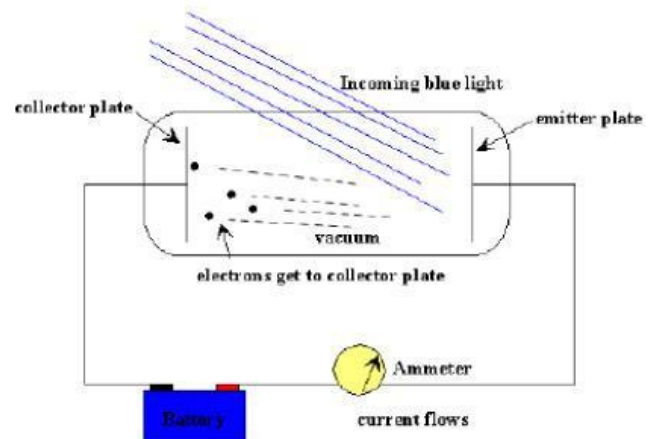
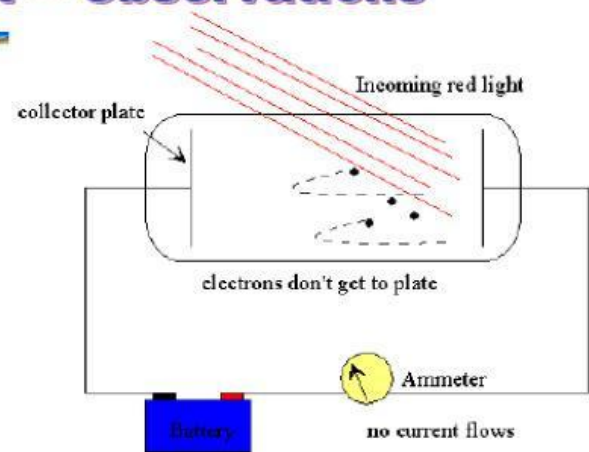
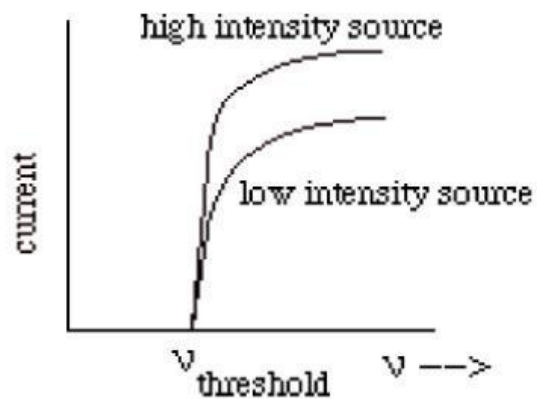


Photoelectric Effect -- Observations



Experiment shows:

- Electron energy proportional to light frequency
- Intensity effects current but not electron energy



Photons of Light

Photoelectric Effect explained if Light “waves” exchange energy with matter via PHOTON quanta

The frequency is denoted by the symbol f

$$E_{\gamma} = hf$$

$$p = E_{\gamma} / c = h / \lambda$$

- Higher frequency => higher photon energy
- Number of photons proportional to intensity
- Einstein (1905)

$$E_{\gamma} = \hbar\omega$$

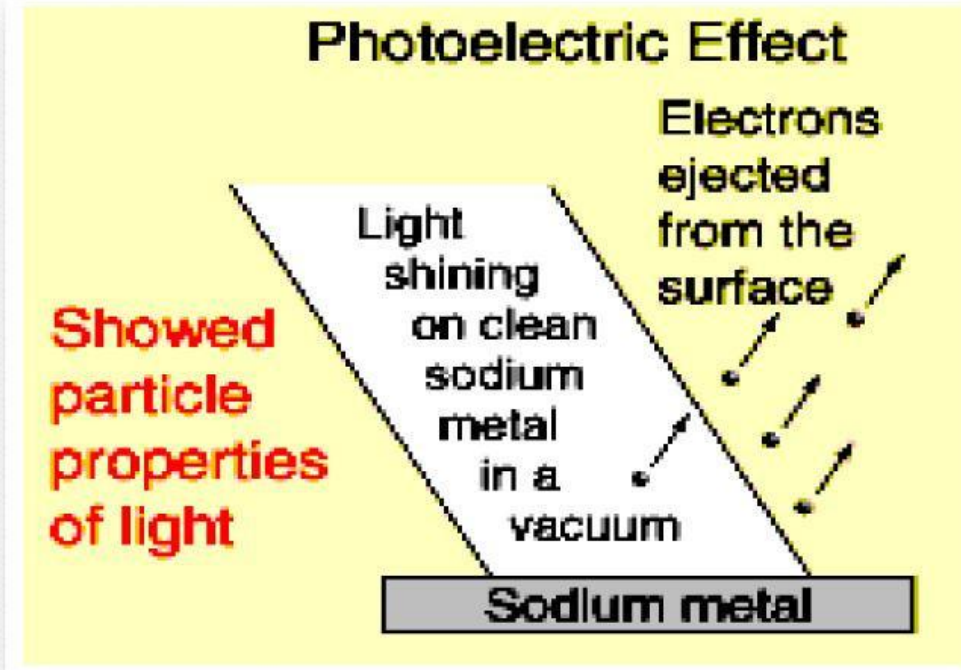
$$p = E_{\gamma} / c = \hbar k$$

Photoelectric Effect

- Kegagalan teori gelombang dalam menerangkan sifat penting efek fotolistrik antara lain :
 1. Jika intensitas cahaya diperbesar, maka energi kinetik elektron foto harus bertambah. *Faktanya energi kinetik maksimum elektron foto tidak bergantung pada intensitas cahaya.*
 2. Efek fotolistrik dapat terjadi pada setiap frekuensi asalkan intensitasnya memenuhi, *faktanya setiap permukaan membutuhkan frekuensi minimum (frekuensi ambang = f_0) untuk dapat menghasilkan elektron foto..*
 3. dibutuhkan rentang waktu yang cukup lama agar elektron berhasil mengumpulkan energi untuk keluar dari permukaan logam. *Nyatanya hampir tanpa selang waktu (kurang dari 10^{-9} s) setelah penyinaran.*
 4. Tidak dapat menjelaskan mengapa energi kinetik maksimum elektron foto bertambah jika frekuensi cahaya diperbesar

Sifat cahaya...sbg partikel

Dalam gambar berikut merupakan suatu bentuk percobaan untuk membuktikan bahwa cahaya dapat berkelakuan seperti partikel, yang dikenal dengan percobaan efek fotolistrik.



Fenomena efek fotolistrik hanya dapat dijelaskan dengan anggapan bahwa cahaya dapat berperilaku seperti partikel yang disebut dengan foton.

Sifat cahaya...sbg partikel

Pada tahun 1905 Einstein mempostulatkan bahwa elektron/partikel dapat menerima energi gelombang elektromagnetik (berupa cahaya atau foton) hanya dalam bentuk diskrit (kuanta) sebesar :

$$E = hf$$

dimana $h = 6,626 \times 10^{-34}$ Joule/detik (konstanta Planck) dan f adalah frekuensi cahaya foton. Einstein melakukan eksperimen dengan menembakkan cahaya pada permukaan logam Natrium (Sodium) dan mengamati partikel-partikel atau elektron-elektron pada permukaan logam terhambur dengan kecepatan tertentu, seperti diilustrasikan pada Gambar diatas.