

Lecture 9

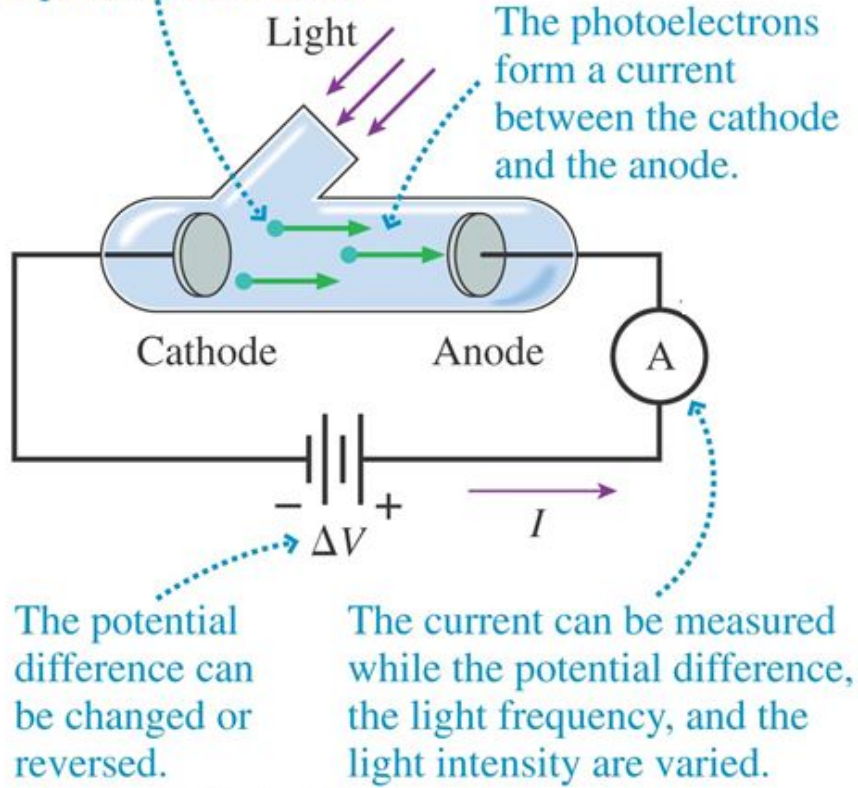
quantum physics.

1. appearance quantum theories. Photoeffect.
2. The Einstein's equation for photoeffect.
3. Using photo effect.
4. The mass and impulse of photon
5. light pressure.

The Photoelectric Effect

- In 1887 Hertz noticed, in the course of his investigations, that a negatively charged electroscope could be discharged by shining ultraviolet light on it.
- In 1899, Thomson showed that the emitted charges were electrons.
- The emission of electrons from a substance due to light striking its surface came to be called the **photoelectric effect**.
- The emitted electrons are often called *photoelectrons* to indicate their origin, but they are identical in every respect to all other electrons.

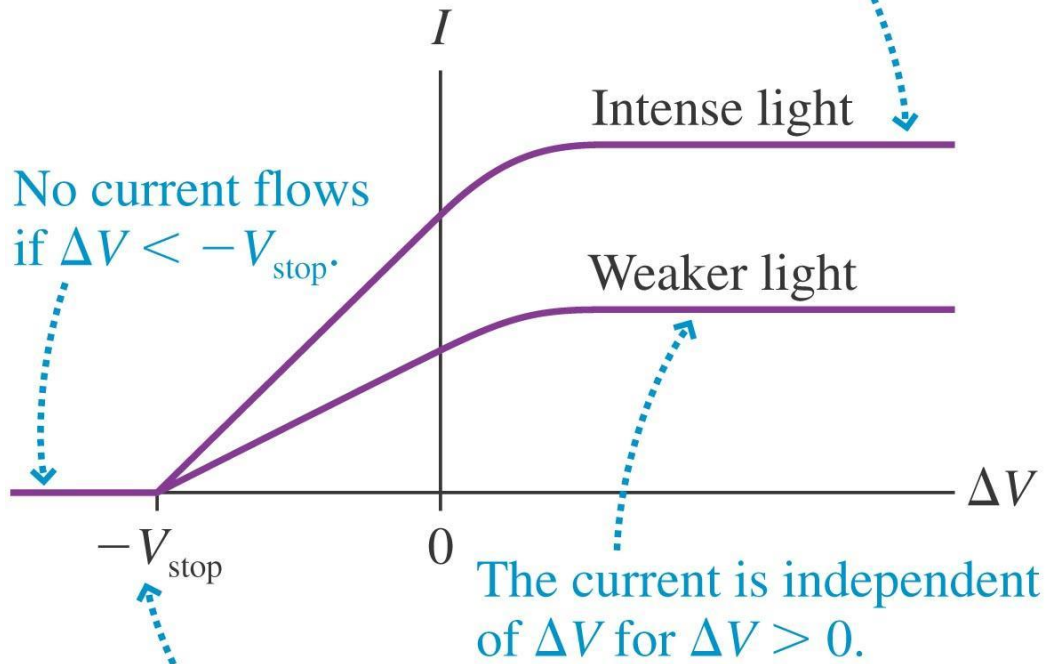
Ultraviolet light causes the metal cathode to emit electrons. This is the photoelectric effect.



Stoletov's experiment

1. Current I is proportional to light intensity
2. Current appears without delay (задержка)
3. Photo electrons are emitted only if light frequency exceeds threshold ν_{min} .
4. The value of the threshold frequency depends on the type of metal

A more intense light causes a larger current.



No current flows if $\Delta V < -V_{\text{stop}}$.

V_{stop} depends on frequency of light

The current is independent of ΔV for $\Delta V > 0$.

The stopping potential is the same for intense light and weak light.

Characteristics of the Photoelectric Effect

1. The current I is directly proportional to the light intensity.
2. Photoelectrons are emitted (шығады) *only* if the light frequency ν exceeds a **threshold frequency** ν_{min} (жиіліктің шектік мәнінен жоғары болса).
3. The value of the threshold frequency f_0 depends on the type of metal from which the cathode is made.
4. If the potential difference ΔV is positive, the current does not change as ΔV is increased. If ΔV is made negative, the current decreases until, at $\Delta V = \Delta V_{stop}$ the current reaches zero. The value of V_{stop} is called the **stopping potential**.
5. The value of V_{stop} is the same for both weak light and intense light. A more intense light causes a larger current, but in both cases the current ceases when $\Delta V = \Delta V_{stop}$.

Einstein's Postulates

Einstein framed postulate about light quanta and their interaction with matter:

Light of frequency ν consists of discrete quanta, each of energy $E = h\nu$, where h is Planck's constant $h = 6.63 \times 10^{-34}$ J s. Each photon travels at the speed of light $c = 3.00 \times 10^8$ m/s.

Einstein's Explanation of the Photoelectric Effect

An electron that has just absorbed a quantum of light energy has $E = h\nu$. This electron can escape from the metal, becoming a photoelectron, if

*Law conservation
of energy:*

$$h\nu = A + E_k$$
$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2}$$

$$eU = E_k$$

$$A = h\nu_{min}$$

If: $h\nu \geq A$, Photo effect can be realize

$h\nu < A$, Photo effect can not be realize

A – work function

ν_{min} - *threshold frequency*

4. Фотонның массасы мен импульсы

Жарық дегеніміз фотондар ағыны болады. Жарық квантының (фотонның) энергиясы (E) жарық тербелісі жиілігіне пропорционал:

$$E = h\nu \quad (3)$$

мұндағы h -Планк тұрақтысы.

Салыстырмалылық теориясына сәйкес энергия барлық уақытта массамен мына қатыс арқылы байланыста:

$$E = mc^2 \quad (4)$$

Фотонның энергиясы болғандықтан, оның массасы мына түрде анықталады:

$$m_\phi = \frac{h\nu}{c^2} \quad (5)$$

Фотонның тыныштық күйдегі массасы m_0 болмайды, яғни ол тыныштықта өмір сүрмейді. Фотонның жылдамдығы жарықтың вакуумда таралу жылдамдығына тең: $c = 2,998 \cdot 10^{10}$ см/с.

Фотонның электр заряды және магниттік моменті болмайды.

Фотонның массасы мен жылдамдығы бойынша оның импульсін табуға болады:

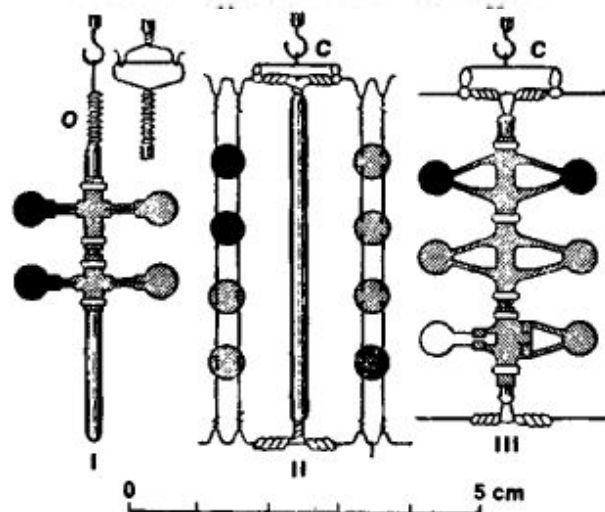
$$p_\phi = m_\phi \cdot c = \frac{h\nu}{c} \quad (6)$$

5. Жарық қысымы. Лебедев тәжірибелері

Максвеллдің электромагниттік теориясынан жарық толқындары қандай да бір бетке жұтылып немесе одан шағылған кезде оған қысым түсіретіндігі шығады. Бұл теория беретін ол қысымның мәні мынаған тең

$$p = \frac{E_c}{c}(1 + \rho) = \omega(1 + \rho) \quad (7)$$

Мұндағы ρ – толқынның өзі түскен беттен шағылу коэффициенті, E_c – бірлік ауданға, бірлік уақытта түскен жарық толқынының энергиясы, $\omega = E_c/c$ – толқын энергиясының орташа тығыздығы. Шағылу коэффициентінің мәні өзіне түскен жарықты толығымен шағылыдыратын айна беті үшін 1 –ге, ал оны толығымен жұтатын абсолют қара бет үшін 0 –ге тең.



Energy of photons and particles can be given by the same formula

For light: $E = pc$ Quantization: $E = hf$ $p = h/\lambda$

For particles: $E = \gamma mc^2 = mc^2 \sqrt{1 + (p/mc)^2} = c\sqrt{(mc)^2 + (p)^2}$

deBroglie assumed that p is equally fundamental

This gives $E = hf = pc$ for photons

For nonrelativistic particles $E = \frac{mv^2}{2} = \frac{p^2}{2m} = \frac{h^2}{2\lambda^2 m} = hf$