

# Fotoeffektus

**Mérést végző diák:** Németh Petra  
**Iskola:** Budapest XIV. kerületi Teleki Blanka Gimnázium  
**Osztály:** 12 B  
**OM azonosító:** 035247  
**Cím:** 1146 Budapest, Ajtósi Dürer sor 37  
**Tanára:** Dr. Jarosievitz Beáta és Dr. Sükösd Csaba  
**Mérésvezető:** Dr. Sarkadi Tamás  
**Mérés időpontja:** 2025.10.03.

## Kivonat

Az Atomfizika Tanszék Optika laboratóriumának látogatása során olyan kísérleteket végezhetünk el, amely a fotoelektromos hatás elvén alapszik. Emellett megvizsgáltuk különböző színű (frekvenciájú) fények intenzitását optikai spektrométerrel. A fényintenzitás abszorpciójában és emissziójában a hullámhossz függvényében bekövetkező változás lehetővé teszi az anyagok azonosítását. A kísérletek előtt pedig megbeszéltük a hullám-részecske kettősségét, mely szerint a részecskék (jelen esetben fotonok) mind hullámszerű, mind részecskeszerű tulajdonságokkal rendelkeznek. Emellett néhány hullámjelenség fogalmát is tisztáztuk, mint például a diffrakció (fényelhajlás) és az interferencia.

## Elméleti összefoglaló

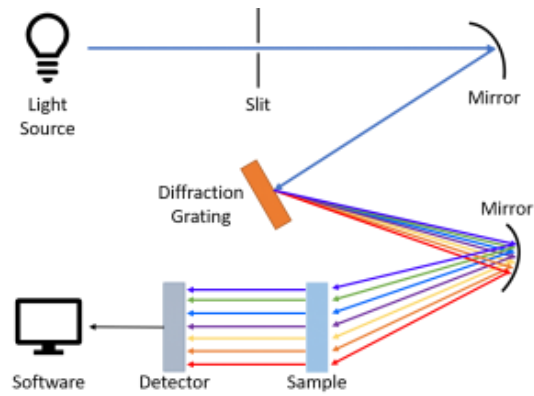
Fotoeffektusnak nevezzük azt a jelenséget, hogy bizonyos anyagok, tipikusan alkáli fémek felületéről fénybesugárzás hatására elektronok lépnek ki. Az elektronok csak akkor lépnek ki, ha a fény frekvenciája nagyobb egy, az illető fémre jellemző határfrekvenciánál (például látható fény vagy ultraibolya sugárzás). A fotoeffektus jelensége az elektromágneses sugárzás részecsketermészetének egyik kísérleti bizonyítéka. A mérés egyik eszköze a fotocella volt, ami egy légritkított üvegcső, mely egyik oldalán a belső felületére felvitt fémréteg képezi a katódot, a vele szemben elhelyezett dróthurok pedig az anód. A kilépő elektronok energiája nem a megvilágítás erősségétől, hanem a megvilágítás színétől, vagyis a fémre eső fény frekvenciájától függ. Ha ugyanolyan frekvenciájú, de erősebb (nagyobb intenzitású) fényt használunk, akkor a fémből kilépő elektronok energiája változatlan marad, csak az elektronok száma nő meg. A kilépéshez szükséges energia (a kilépési munka) értéke a fém anyagi minőségétől (anyagszerkezetétől) függ. A kilépési munka értéke annak a fotonnak az energiájával egyezik meg, amelyhez az  $f_0$  határfrekvencia tartozik:  $W_{ki} = hf_0$ . A fotoelektromos hatást Albert Einstein magyarázta meg 1905-ben, amiért megkapta az 1921. év Fizikai Nobel-díját.

## Mérési elrendezés és a mérés menete

### 1.Mérés:

Egy optikai spektrométerrel különböző frekvenciájú fények intenzitásának hullámhossz szerinti változásait mértük, azaz az ultraviolet és a látható fény spektrumát. A fényintenzitás alatt az elektromágneses hullám egy periódusa alatt átvitt átlagos teljesítményt értjük.

Maga a spektrométer három fő részből áll: bemeneti részből, rácsból és detektorból. A sugár divergenssé válik, miután áthaladt a résen, és a divergens sugarat egy kollimáló tükörré visszaverve a sugár kollimálttá válik. A kollimált sugarakat ezután egy diffrakciós rács felé irányítja. A rács diszperzív elemként működik, és felosztja a fényt alkotó hullámhosszakra, ezután a detektor az adatokat rögzíti és digitalizálja, és grafikusként ábrázolja a szoftveren.



A vákuumon keresztül haladó elektromágneses hullámok, ahol  $c$  a fénysebesség:  $f = \frac{c}{\lambda}$ .

Elektronvolt-joule átváltás:

$$1 \text{ [eV]} = 1,6021766208 \times 10^{-19} \text{ [J]}$$

Látható fény  $\lambda = 380\text{-}750\text{nm}$

	Wavelength [ nm ]	frequency [ Hz ]	Energy [ J ]	Energy [ eV ]
orange	593	5,05902E+14	3,35E-19	2,10E+00
green	522	5,74713E+14	3,81E-19	2,38E+00
blue	456	6,57895E+14	4,36E-19	2,73E+00
UV	399	7,5188E+14	4,98E-19	3,12E+00

### 2.Mérés:

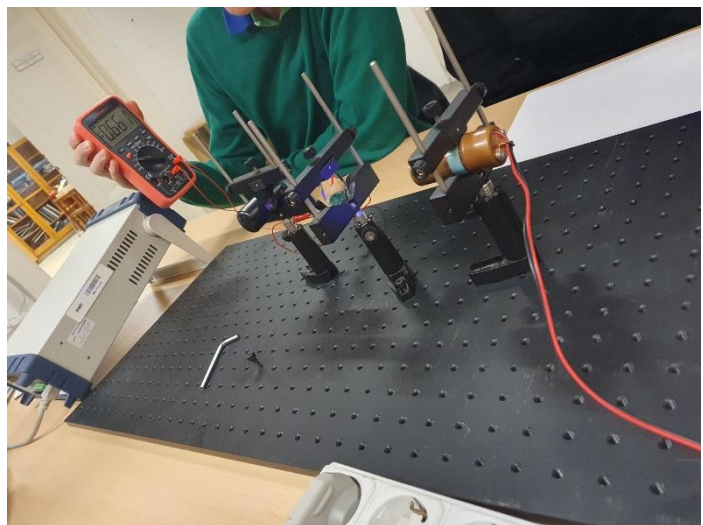
A fémet megvilágítjuk különböző frekvenciájú és intenzitású fényvel.

Mérési eszközök:

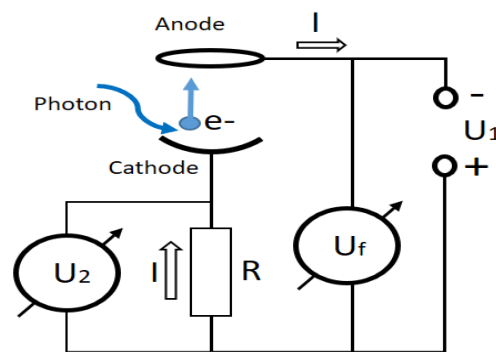
- fotocella
- fényforrások
- lencse
- multiméter

$$h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

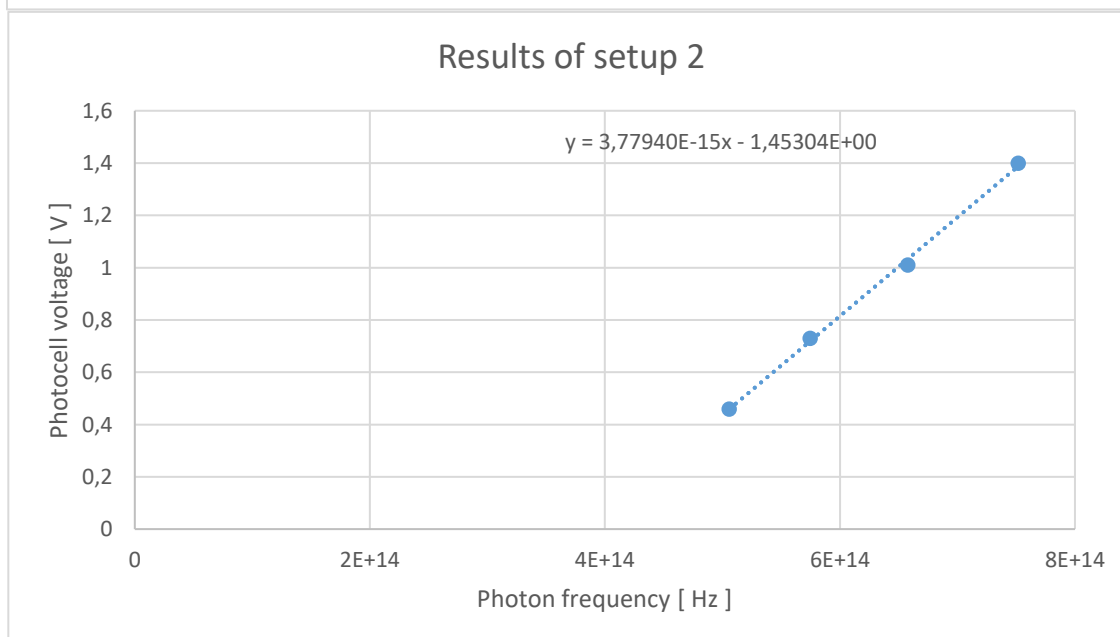
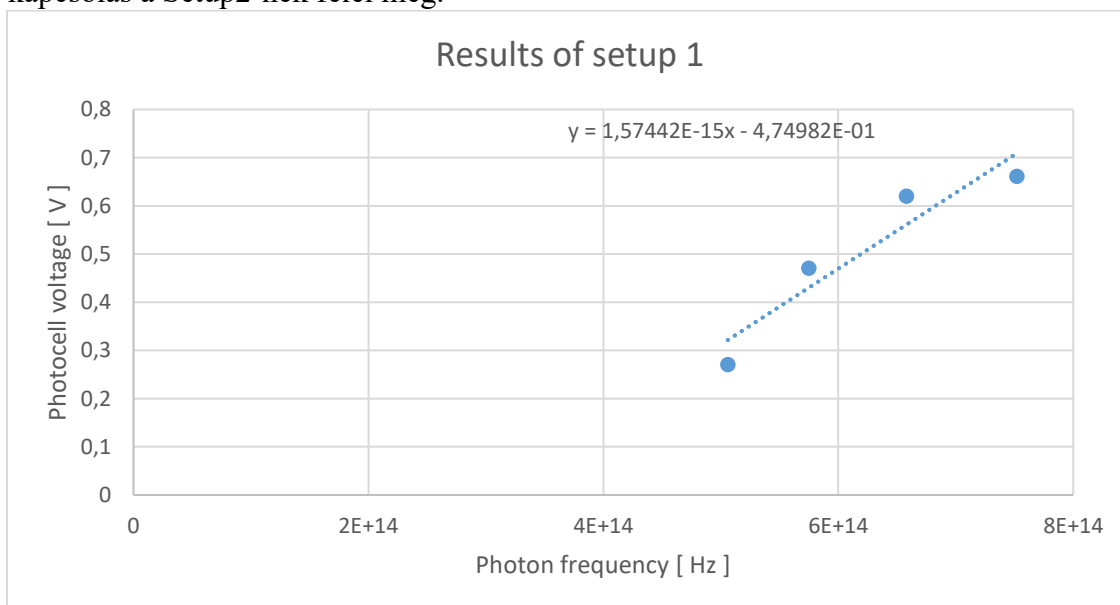
$$e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$



	Setup1	Setup2
<b>frequency [ Hz ]</b>	<b>U [ V ]</b>	<b>U [ V ]</b>
5,05902E+14	0,27	0,46
5,74713E+14	0,47	0,73
6,57895E+14	0,62	1,01
7,5188E+14	0,661	1,4



A mérést kétszer is elvégeztük a pontosabb eredmények érdekében. A második mérés elrendezésébe egy ellenállást is elhelyeztünk, ezáltal egy lineáris függvényt kaptunk. Az ábrázolt kapcsolás a Setup2-nek felel meg.



### Mérési eredmények és kiértékelésük

A sugárzásra vonatkozó elképzelés szerint a fotoeffektus elemi folyamata az, hogy egy, a fénysugárban haladó foton nekiütközik a besugárzott anyag egy elektronjának, és ha energiája legalább akkora, mint a kilépési munka, akkor az elektron a foton energiaadagját elnyeli és kilép az anyagból. Az energiaadag elnyelésével a foton eltűnik. A kilépés energiaviszonyait meghatározó összefüggés most az elemi folyamatra felírt energia-megmaradási tétel alkalmazásával kapjuk meg:  $hf = W_{ki} + \frac{1}{2} m_e v_e^2$ , ahol  $m_e$  az elektron tömege,  $v_e$  pedig az elektron kilépési sebessége. A két grafikon az  $f$  frekvencia függvényében ábrázolja a feszültséget. Az  $h \cdot f = W_{ki} + e \cdot U$  egyenletből kifejezve a feszültséget kapjuk:

$$U = \left(\frac{h}{e}\right) \cdot f - \left(\frac{W_{ki}}{e}\right)$$

Az egyenes „meredeksége”:  $\frac{h}{e}$ , a tengelymetszete pedig  $-\frac{W_{ki}}{e}$ .

A Setup2 alapján az egyenes meredeksége:  $3,78E-15$  Js/C, az irodalmi érték:  $h/e = 4,135 \cdot 10^{-15}$  Js/C. A relatív eltérés az irodalmi értéktől:  $\frac{4,135 - 3,78}{4,135} \approx 0,086 = 8,6\%$

A Setup2 alapján a kilépési munka  $\frac{W_{ki}}{e} = 1,453 \frac{eV}{C}$ , amiből

$$W_{ki} = 1,453 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 2,32 \cdot 10^{-19} \text{ J} \approx 1,45 \text{ eV.}$$

Ez az érték kissé kisebb, mint a nátrium vagy a kálium tipikus kilépési munkája.

A Setup2-ből kapott eredményeink az irodalmi értéktől kissé eltérnek, ennek oka lehet a mérőeszközök hibája, mérési módszerekből származó, vagy külső körülmények okozta hibák.

### Összegzés

A kísérlet során saját magunk megtapasztalhattuk és megismerhettük a vizsgált fényjelenségeket és mindazt, ami a jelenség eléréséhez szükséges. A fotoeffektus sok gyakorlati alkalmazást tesz lehetővé mindennapjainkban, mint a napelemek és a fényérzékeny diódák (fotodiódák). A mérés után végül bepillantást nyerhettünk a kvantumkommunikáció kvantumoptikai módszereibe is.

### Felhasznált irodalom

[1] <https://felvi.ttk.bme.hu/hu/nobeldijas>

[2] [https://fizipedia.bme.hu/index.php/Fotoeffektus\\_vizsg%C3%A1lata](https://fizipedia.bme.hu/index.php/Fotoeffektus_vizsg%C3%A1lata)

[3] <https://dtp.physics.bme.hu/sites/dtp.physics.bme.hu/files/Fotoeffektus.pdf>