

19. A fényelektromos jelenségek vizsgálata

PÁPICS PÉTER ISTVÁN

csillagász, 3. évfolyam

Mérőpár: Balázs Miklós

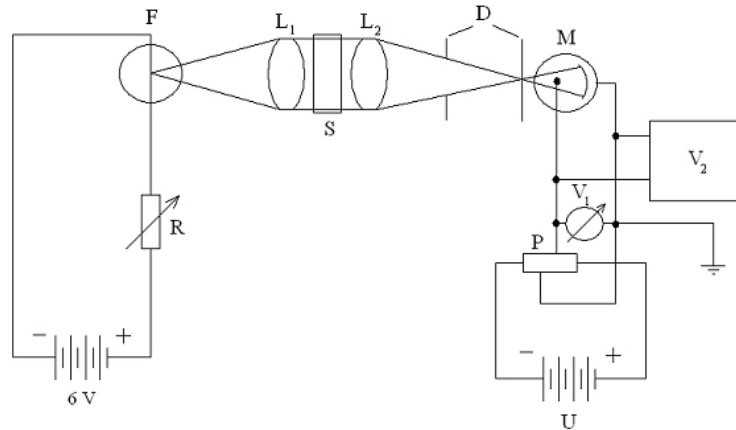
2006.04.19.

Beadva: 2006.05.15.

Értékelés: ____

A MÉRÉS LEÍRÁSA

Fontos megállapítás, hogy a fénysugárzásban az energia nem folytonosan, hanem igen kis adagokban, kvantumokban áramlik, és a sugárzási tér ezen kvantumjait fotonoknak nevezzük. A fotonok létezésének egyik legmeggyőzőbb kísérleti bizonyítéka a fényelektromos jelenség.



1. ábra: a mérési elrendezés vázlatja

F fényforrás fényét L lencserendszer vetíti a D diafragma mögött elhelyezett M fotocella katódjára, a sugárzás monokromatizálásáról S interferenciaszűrő gondoskodik. A fotocellát U telep látja el feszültséggel, melyet V_1 voltmérő mér. A cella áramát V_2 voltmérő segítségével mérjük.

A fényelektromos jelenség abban áll, hogy fény hatására a fémekből elektronok lépnek ki. Adott fémnél akkor lép fel a jelenség, ha a megvilágító fény frekvenciája egy adott határfrekvenciánál nagyobb. A kilépő fotonok maximális energiája egyenesen arányos a megvilágító fény frekvenciájával. Az elektronkilépés a leggyengébb megvilágítás esetén is azonnal bekövetkezik. Az időegység alatt kilépő fotonok száma egyenesen arányos a megvilágítás erősségével, az elektronok energia-eloszlására a megvilágítás erőssége nincs hatással.

A fenti tulajdonságok a fény folytonos hullámelméletével nem magyarázhatók! A mérés elméleti része a kiadott jegyzetben szerepel, azt a mérésre átnéztük, így annak részletezésével itt nem foglalkozom.

Az Einstein egyenlet következő alakja módot nyújt a h/e meghatározására:

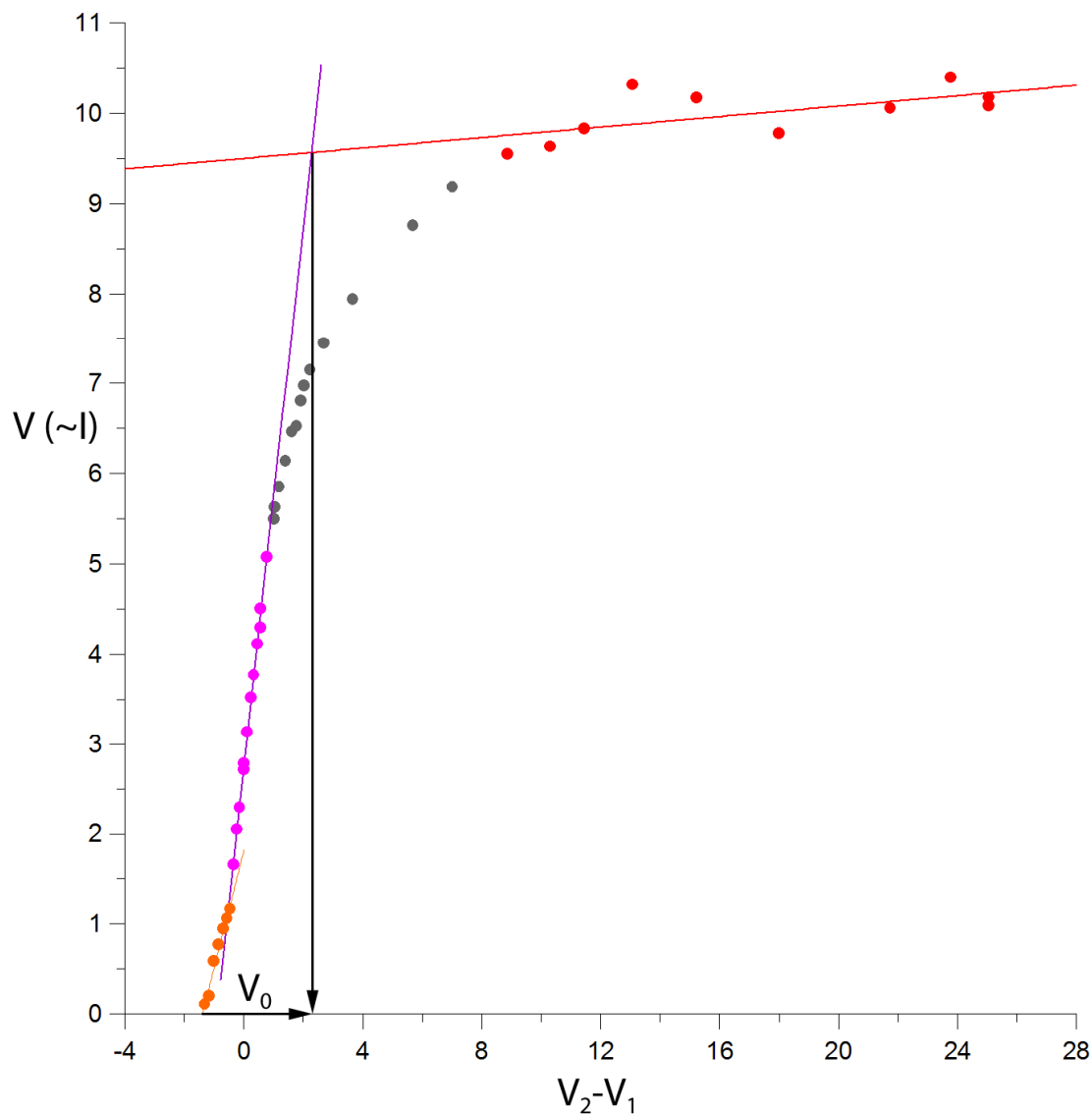
$$eV = hv - A \Rightarrow V = \frac{h}{e}v - \frac{A}{e} = mv + b$$

A mérés során megmértük egy fotocella karakterisztikáját különböző frekvenciájú fényrel való megvilágításkor, melyekből meg kell határoznunk V_0 késleltetőpotenciál értékét, majd ezeket a frekvencia függvényében ábrázolva meg kell határoznunk az illesztett egyenes meredekségét, mely h/e -t adja.

Az ábrák készítése és a számolások során a GRAFER, a hiba.exe és a gnuplot programokat, valamint az excel-t használtam. Volt egy-két szűrő, melynek felülete sérült vagy egyenetlen volt, illetve melyekkel egy másik pár mért, ezeket nem használtuk.

A MÉRÉSI EREDMÉNYEK

405NM

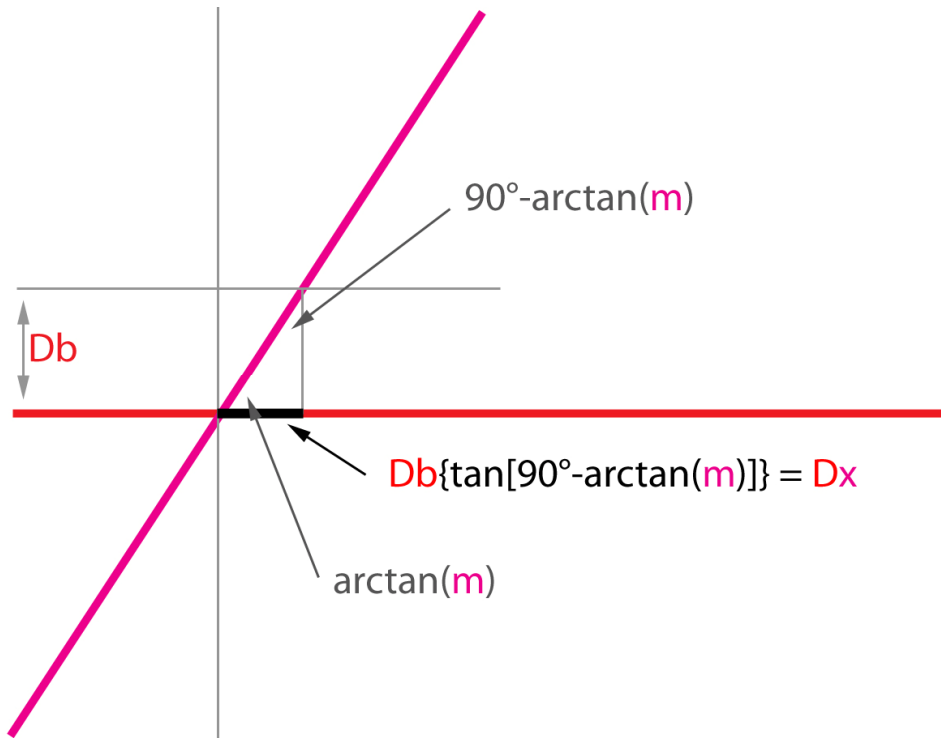


2. ábra: a 405nm-es mérés

Illesztések (a narancssárga pontsor a \sqrt{I} -t ábrázolja, a szürke pontsört nem vettem figyelembe egyik illesztésnél sem), az $y=mx+b$ egyenlet együtthatói és azok hibái:

Piros egyenes:	$m= 0,02898$ $b= 9,49749$
	$Dm= 0,01251$ $Db= 0,22839$
Magenta egyenes:	$m= 3,00898$ $b= 2,73729$
	$Dm= 0,04971$ $Db= 0,01940$
Narancssárga egyenes:	$m= 1,30332$ $b= 1,81834$
	$Dm= 0,09232$ $Db= 0,08424$

V_0 hibáját a következő módon számolom. Először is veszem a narancssárga egyenes x tengelyt metsző pontjának hibáját x irányban, valamint a másik két egyenes metszéspontjának hibáját x irányban (Dx), és ezek összege lesz V_0 hibája. Előbbi könnyen számolható, a hiba.exe megadja, utóbbi számolása a következő kép alapján triviális, az egyetlen közelítés, hogy a piros egyenes vízszintesnek, azaz x-el párhuzamosnak vehető.



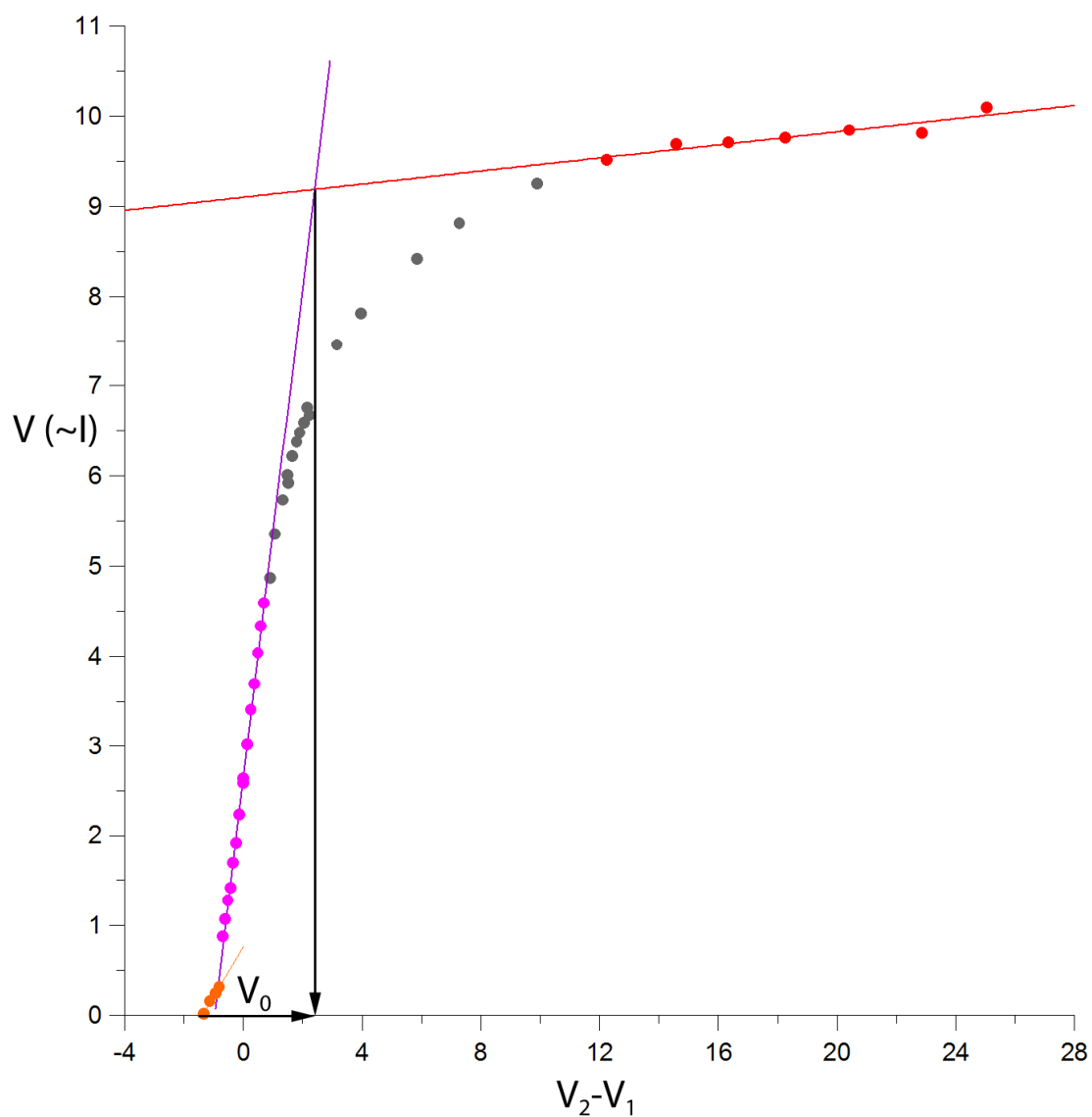
3. ábra: a hibaszámítás egyik fele

A narancssárga egyenes metszéspontja x-en és annak hibája: $-1,38218 \pm 0,04189$ V

A két másik egyenes metszéspontja x-en és a metszéspont hibája: $2,26181 \pm 0,07590$ V

$V_0 = 3,6 \pm 0,1$ V

436NM



4. ábra: a 436nm-es mérés

Piros egyenes: $m= 0,03626$ $b= 9,10036$
 $Dm= 0,00642$ $Db= 0,12204$

Magenta egyenes: $m= 2,73082$ $b= 2,65544$
 $Dm= 0,03811$ $Db= 0,01649$

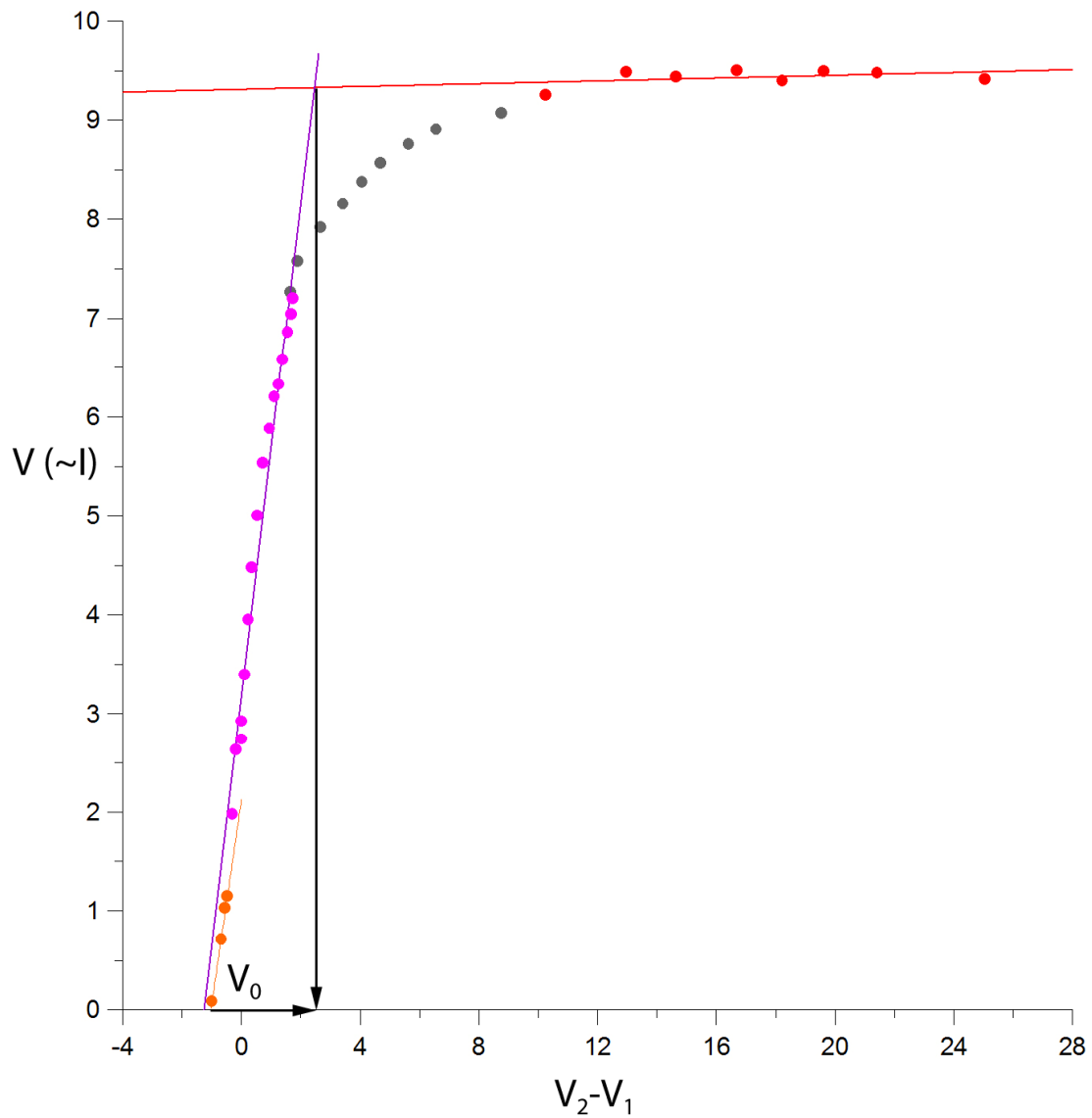
Narancssárga egyenes: $m= 0,55501$ $b= 0,76446$
 $Dm= 0,03050$ $Db= 0,03262$

A narancssárga egyenes metszéspontja x-en és annak hibája: $-1,37524 \pm 0,02094$ V

A két másik egyenes metszéspontja x-en és a metszéspont hibája: $2,39183 \pm 0,04469$ V

$V_0 = 3,77 \pm 0,07$ V

470NM



5. ábra: a 470nm-es mérés

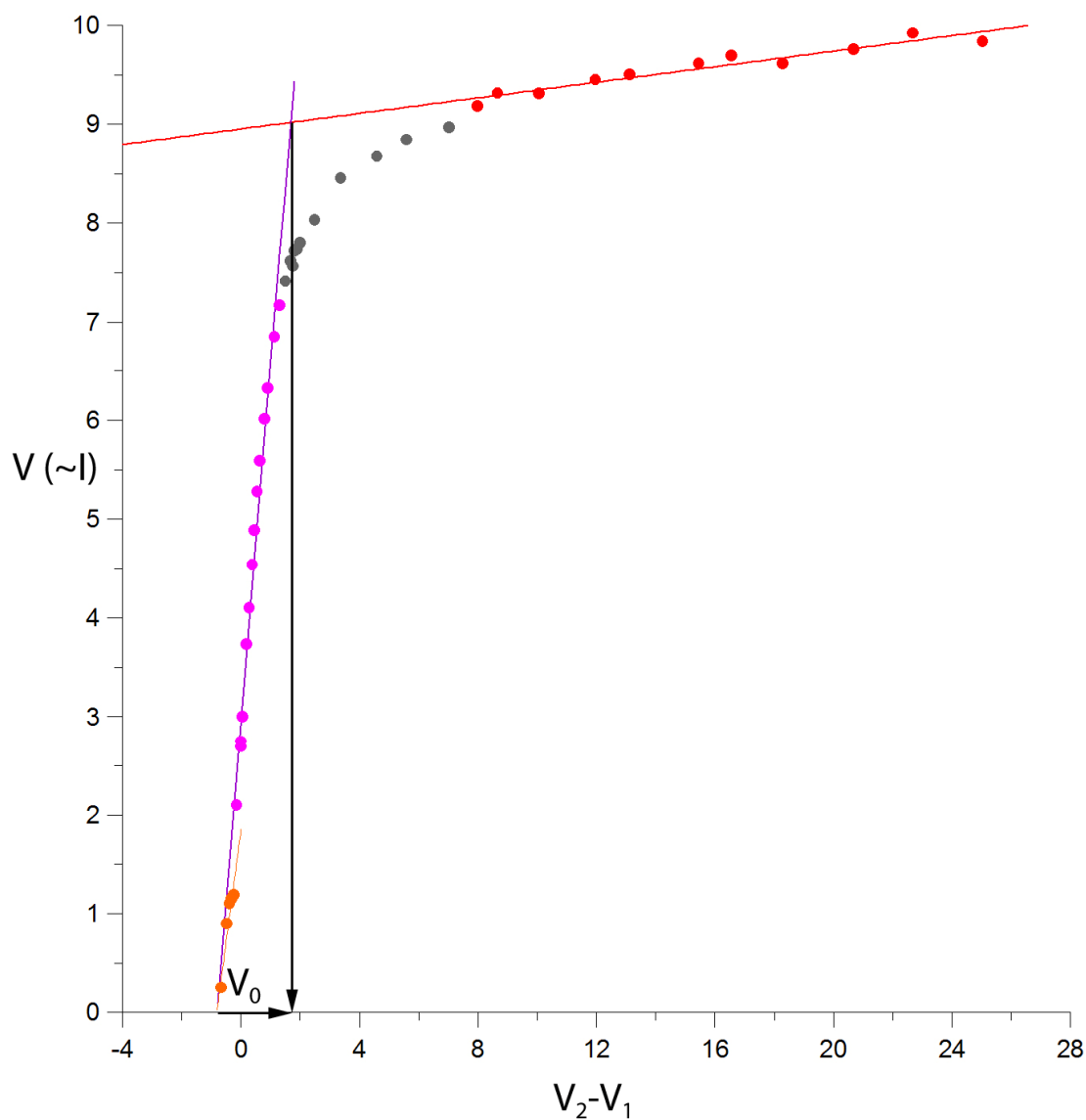
Piros egyenes: $m= 0,00706$ $b= 9,30985$
 $Dm= 0,00639$ $Db= 0,11455$
Magenta egyenes: $m= 2,50661$ $b= 3,17530$
 $Dm= 0,12807$ $Db= 0,12400$
Narancssárga egyenes: $m= 2,06195$ $b= 2,12701$
 $Dm= 0,06766$ $Db= 0,04736$

A narancssárga egyenes metszéspontja x-en és annak hibája: $-1,03078 \pm 0,01349$ V

A két másik egyenes metszéspontja x-en és a metszéspont hibája: $2,45426 \pm 0,04571$ V

$V_0 = 3,49 \pm 0,06$ V

510NM



6. ábra: a 510nm-es mérés

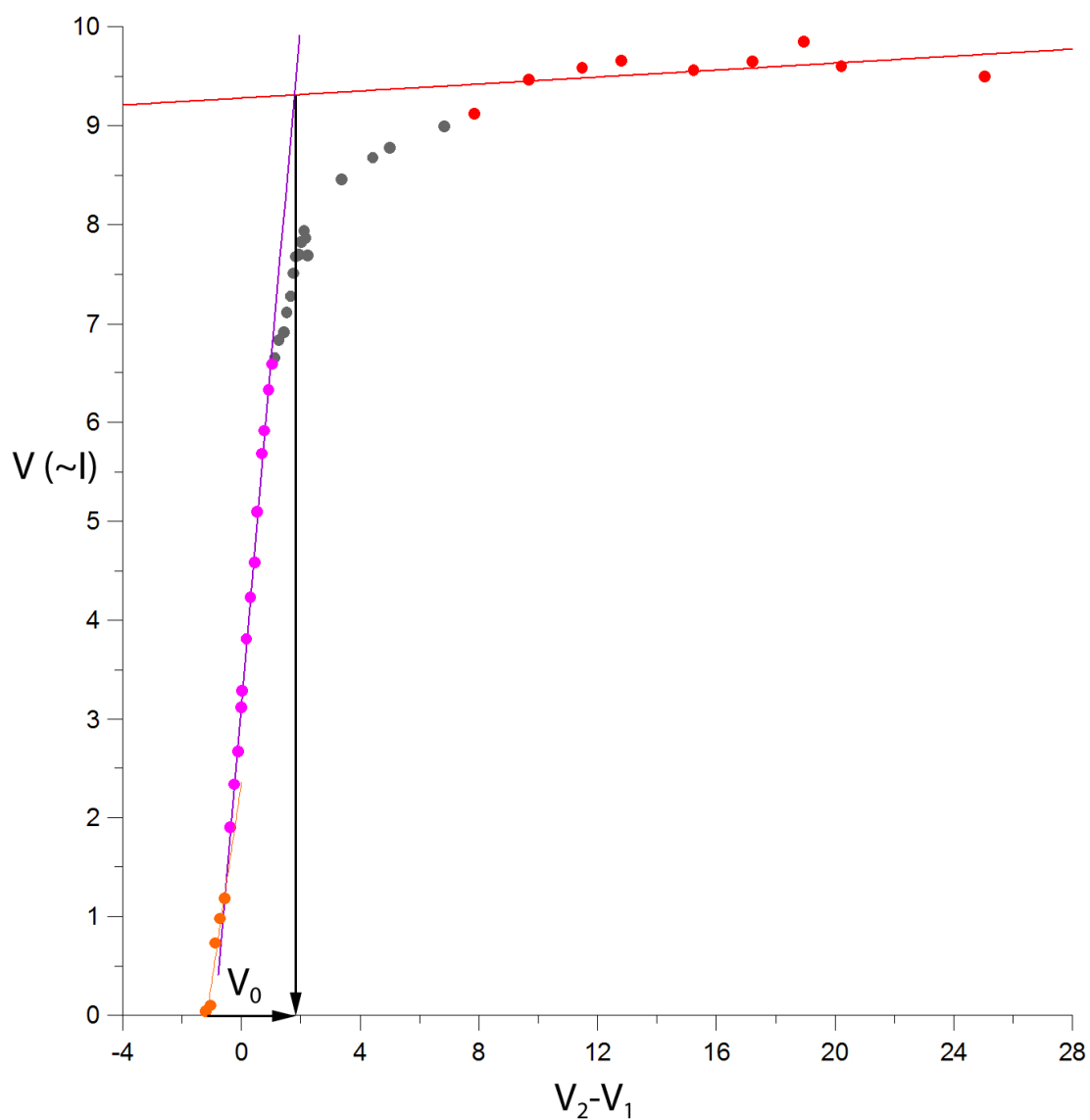
Piros egyenes: $m= 0,03932$ $b= 8,95304$
 $Dm= 0,00374$ $Db= 0,06148$
Magenta egyenes: $m= 3,62851$ $b= 2,94220$
 $Dm= 0,17133$ $Db= 0,10901$
Narancssárga egyenes: $m= 2,27114$ $b= 1,85470$
 $Dm= 0,43049$ $Db= 0,18861$

A narancssárga egyenes metszéspontja x-en és annak hibája: $-0,77738 \pm 0,07386$ V

A két másik egyenes metszéspontja x-en és a metszéspont hibája: $1,67471 \pm 0,01694$ V

$V_0 = 2,45 \pm 0,09$ V

546NM



7. ábra: a 546nm-es mérés

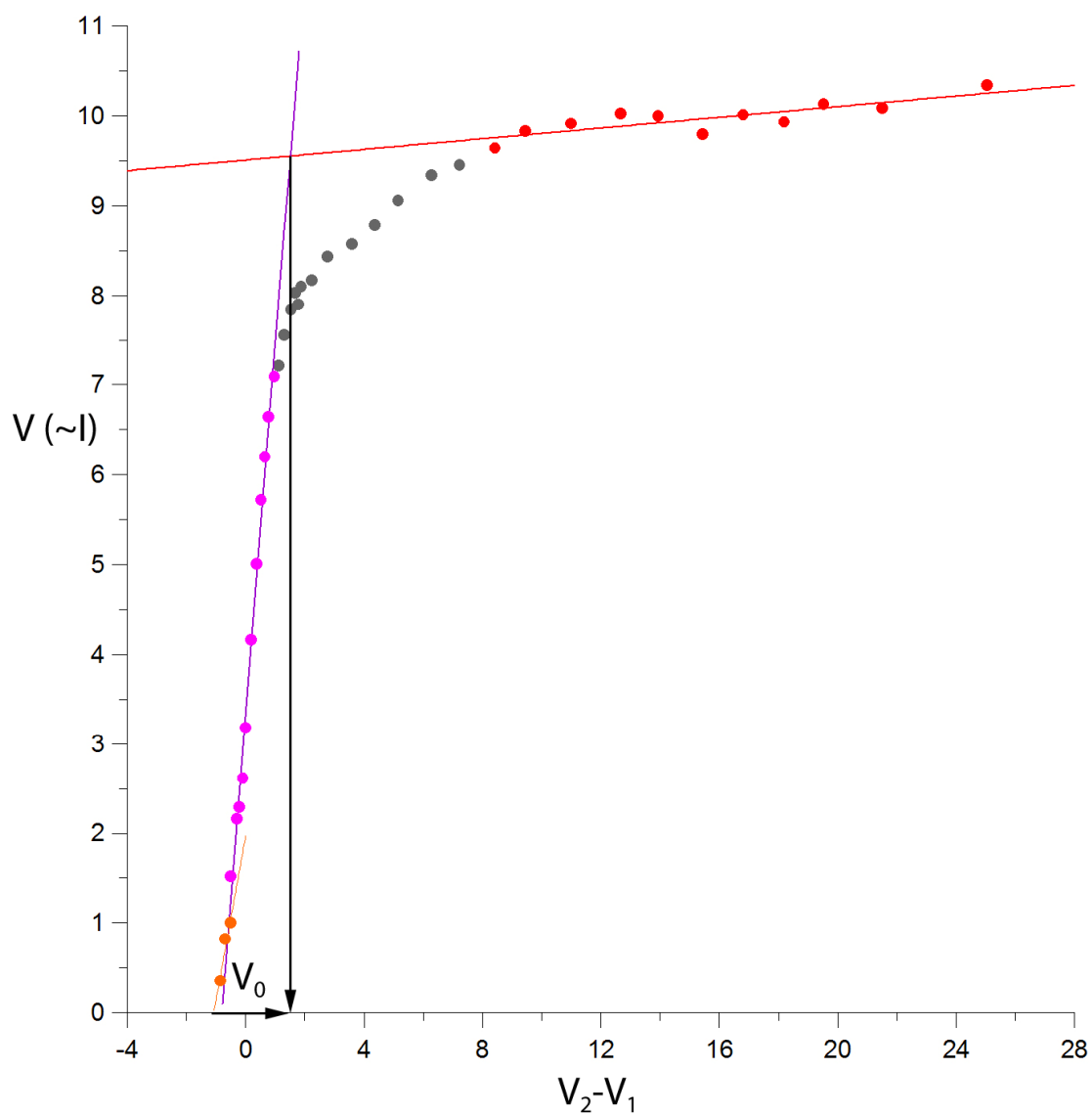
Piros egyenes: $m= 0,01761$ $b= 9,27808$
 $Dm= 0,01169$ $Db= 0,18991$
Magenta egyenes: $m= 3,47625$ $b= 3,13575$
 $Dm= 0,05660$ $Db= 0,03068$
Narancssárga egyenes: $m= 2,00813$ $b= 2,35413$
 $Dm= 0,28658$ $Db= 0,25781$

A narancssárga egyenes metszéspontja x-en és annak hibája: $-1,15498 \pm 0,05091$ V

A két másik egyenes metszéspontja x-en és a metszéspont hibája: $1,77594 \pm 0,05463$ V

$V_0 = 2,9 \pm 0,1$ V

578NM



8. ábra: a 578nm-es mérés

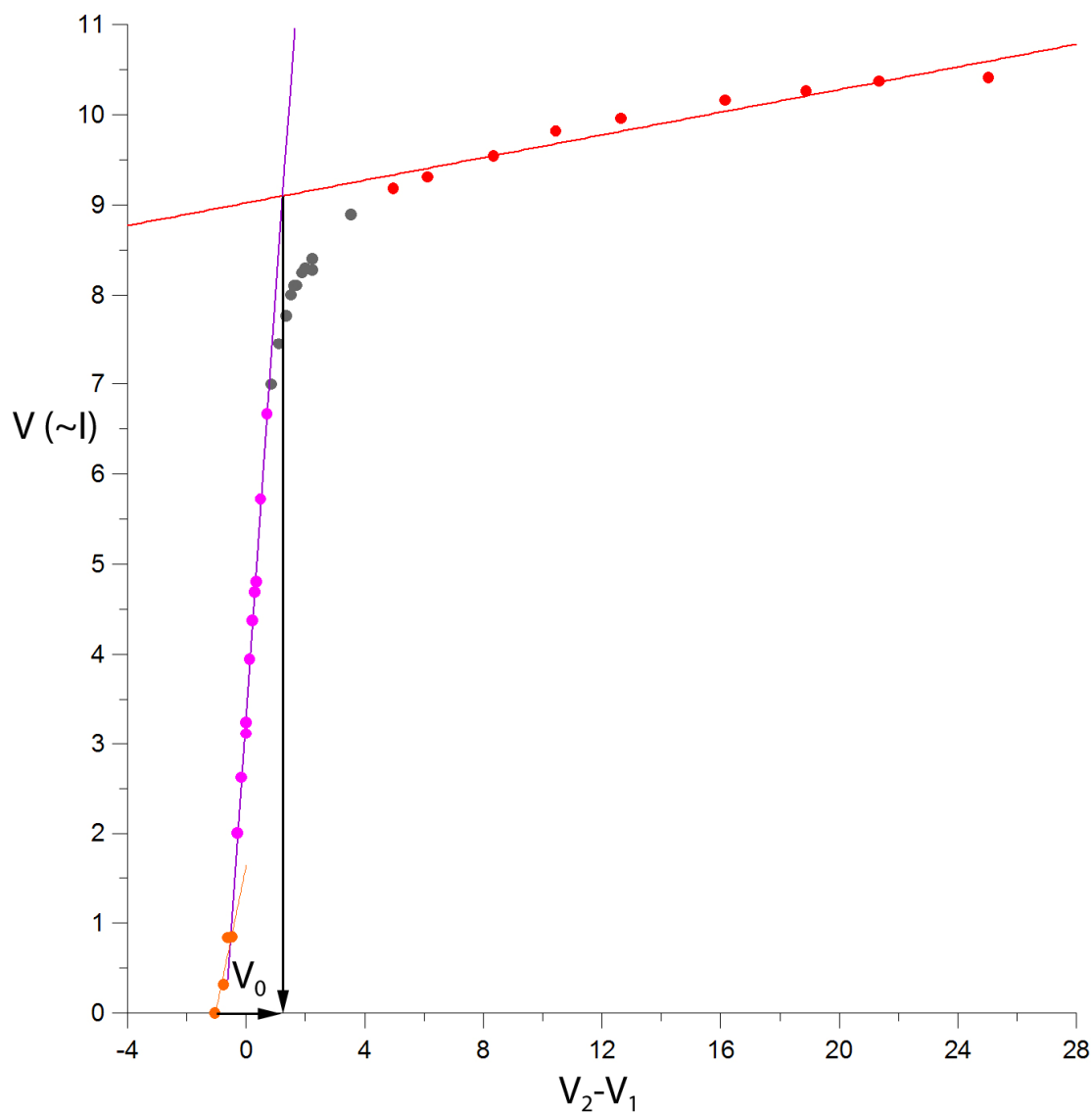
Piros egyenes: $m= 0,02965$ $b= 9,50712$
 $Dm= 0,00650$ $Db= 0,10654$
Magenta egyenes: $m= 4,12655$ $b= 3,33544$
 $Dm= 0,13989$ $Db= 0,07099$
Narancssárga egyenes: $m= 1,82433$ $b= 1,97268$
 $Dm= 0,52226$ $Db= 0,36527$

A narancssárga egyenes metszéspontja x-en és annak hibája: $-1,05126 \pm 0,11217$ V

A két másik egyenes metszéspontja x-en és a metszéspont hibája: $1,50643 \pm 0,02582$ V

$V_0 = 2,6 \pm 0,1$ V

590NM



9. ábra: a 590nm-es mérés

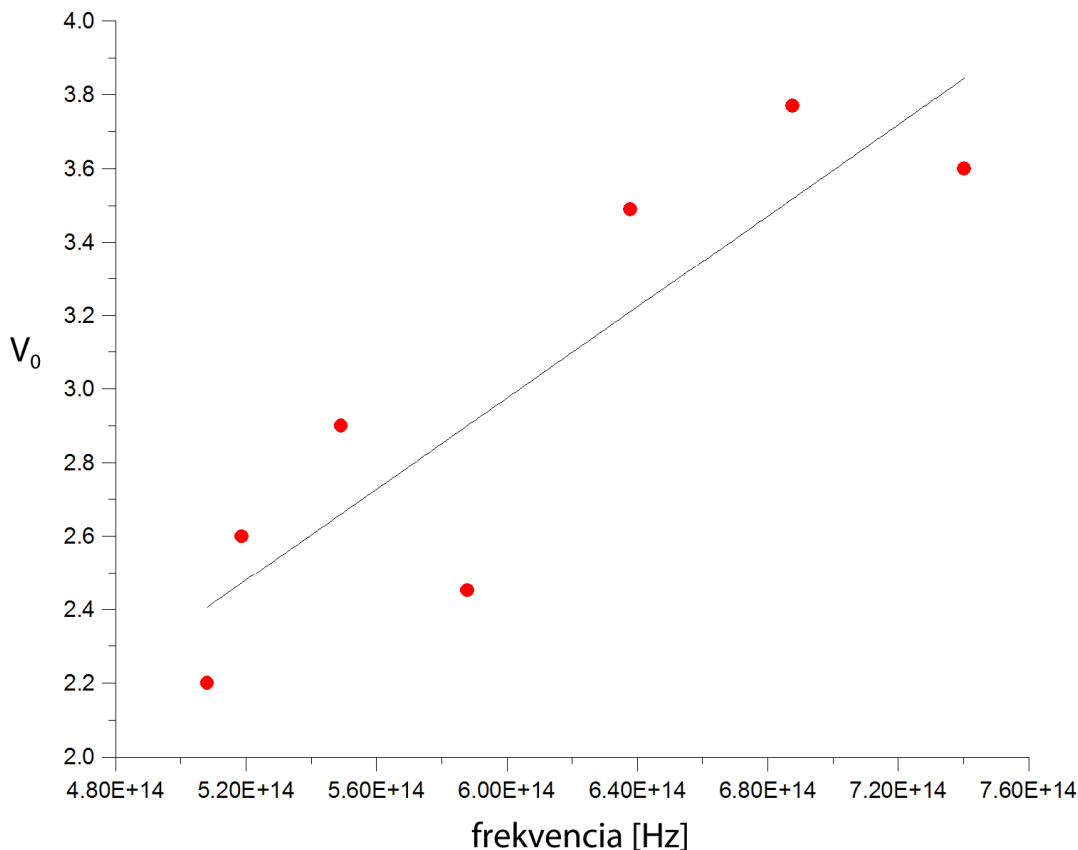
Piros egyenes: $m= 0,06287$ $b= 9,02083$
 $Dm= 0,00675$ $Db= 0,10310$
Magenta egyenes: $m= 4,70336$ $b= 3,29872$
 $Dm= 0,11811$ $Db= 0,03975$
Narancssárga egyenes: $m= 1,59236$ $b= 1,63974$
 $Dm= 0,34485$ $Db= 0,25830$

A narancssárga egyenes metszéspontja x-en és annak hibája: $-1,00296 \pm 0,07632$ V

A két másik egyenes metszéspontja x-en és a metszéspont hibája: $1,23308 \pm 0,02192$ V

$V_0 = 2,2 \pm 0,1$ V

Most V_0 értékeket a frekvencia függvényében ábrázoljuk:



10. ábra: a feszültségek a frekvencia függvényében

Lineáris illesztés végeredménye:

$$m = 6,19909 \times 10^{-15} \pm 1,497 \times 10^{-15} \quad (24,15\%)$$

$$b = -0,744041 \pm 0,9129 \quad (122,7\%)$$

A h/e arány így:

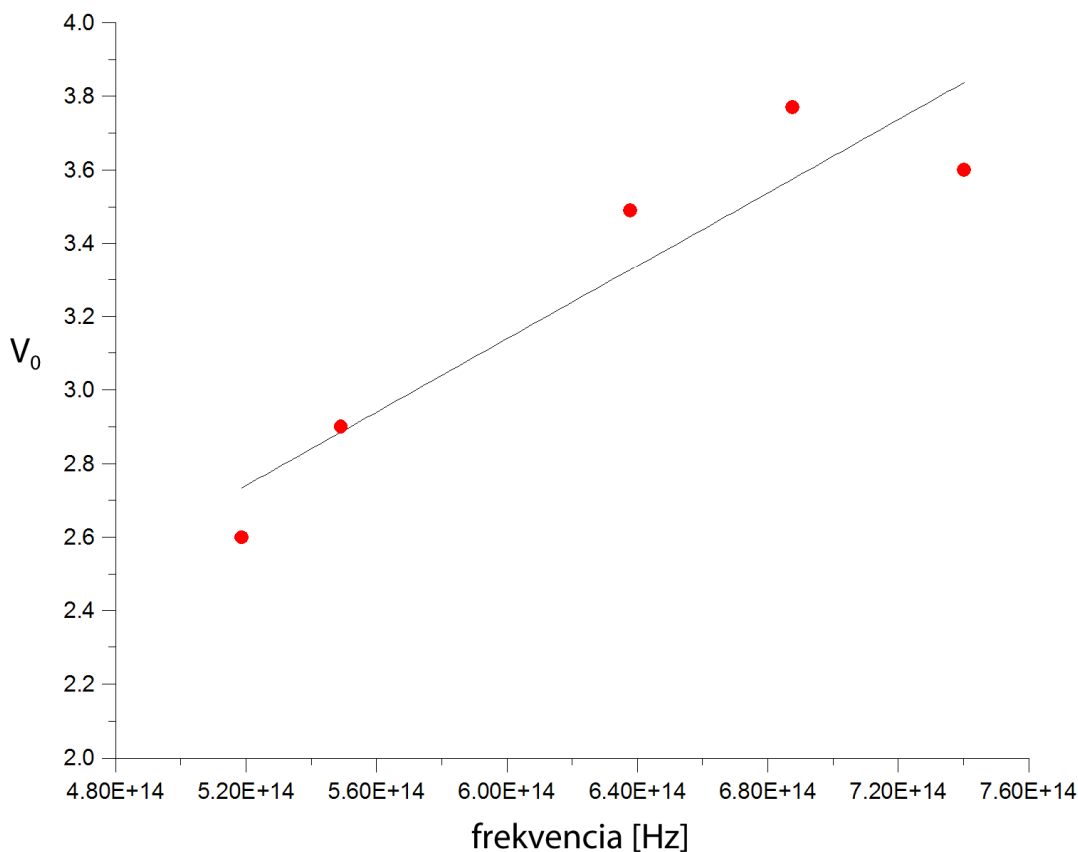
$$h/e = (6 \pm 1) \times 10^{-15} \text{ JsC}^{-1}$$

Míg az irodalmi érték:

$$h/e = 4,13566924 \times 10^{-15} \text{ JsC}^{-1}$$

Látható, hogy a hiba majdnem $\pm 2 \times 10^{-15}$ értékű, mikor is már hibahatáron belül lenne az irodalmi érték. Könnyen lehet, hogy ha nem a már a hibaszámításnak megfelelően kerekített értékeket ábrázoltam volna, akkor a hiba nagyobb lett volna annyival, hogy átlendüljön erre a $\pm 2 \times 10^{-15}$ értékre.

Ha a két legkiugróbb értéket elhagyjuk, melyek egyébként a legkisebb V_0 értékekhez is tartoznak, akkor már hibahatáron belül kerülünk az irodalmi értékhez.



11. ábra: a feszültségek a frekvencia függvényében

Lineáris illesztés végeredménye:

$$m = 4,98196 \times 10^{-15} \pm 1,16 \times 10^{-15} \quad (23,27\%)$$

$$b = 0,14988 \pm 0,733 \quad (489,1\%)$$

A h/e arány így:

$$h/e = (5 \pm 1) \times 10^{-15} \text{ JsC}^{-1}$$

A hiba elég nagy (de legalább hibahatáron belül van az irodalmi érték!), ami valószínűleg főként annak tudható be, hogy a kezdeti (a sokszínű egyeneseknél) illesztések során önkényes volt a pontok megválasztása, nem volt jól definiálva, hogy meddig tartanak a szakaszok, melyeket vizsgálunk. A mérési feltételek sem voltak tökéletesek, a szűrők állapota sem volt kifogástalan, de valószínűleg az illesztésekkel volt a fő probléma. Több mérési ponttal, egy szűrő többszöri mérésével, és több hullámhosszon végzett méréssel valószínűleg pontosítani lehetne az eredményt.