



LUMAKESKUS



- keskus

**F2k: modernin fysiikan laboratorio  
lukiolaisille**

Miikka de Vocht

# F2k-laboratorio



- Fysiikka 2000 luvulle
- Toiminnassa vuodesta 2011
- Modernin fysiikan töitä pääasiassa lukiolaisille opettajan ja ohjaajan opastuksella
- Noin 40 ryhmää/vuosi
- Myös opeopiskelijoiden koulutusta ja muita ryhmiä

# Mitä on moderni fysiikka?



- Silta klassisesta fysiikasta kvanttifysiikkaan, suhteellisuusteoriaan ja nykyfysiikkaan
- Käsitellään nykyisin lukion 8-kurssilla
- Valtavasti asiaa yhdelle kurssille
- F2k:ssa konkretiaa joihinkin sisältöihin

# Tehtävät työt

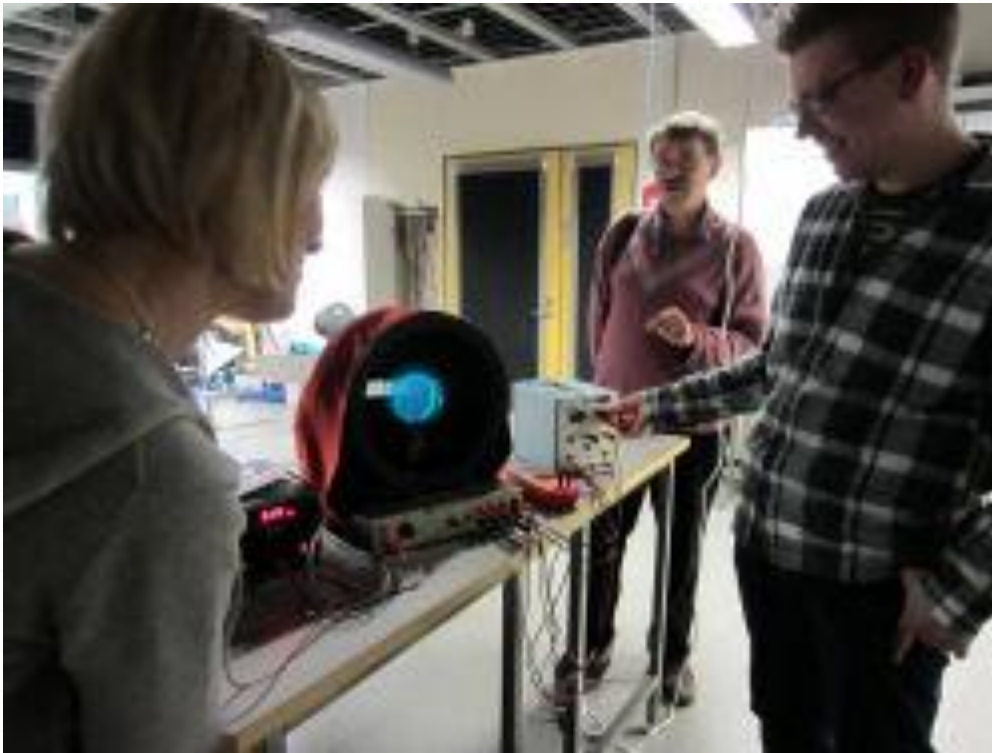


- elektronin ominaisvaraus
- valosähköinen ilmiö
- Millikanin koe
  - alkeisvaraus
- mustan kappaleen säteily
- spektrianalyysi
- signaalien induktio
- toivomuksesta tehdään myös muita kokeita

# Mitä tiedettiin Thomsonin ja Millikanin aikaan?

- Aineella on varautuneita rakenneosia ioneita ja niiden ominaisvaraus tunnettiin Faradayn elektrolyysilakien perusteella.
- Radioaktiivisuus ja röntgensäteily oli löytynyt
- Atomien olemassaolosta oli paljon todisteita, mutta suoraa havaintoa saatiin odottaa röntgendiffraktion löytymiseen asti (1915)

# Elektronin ominaisvaraus

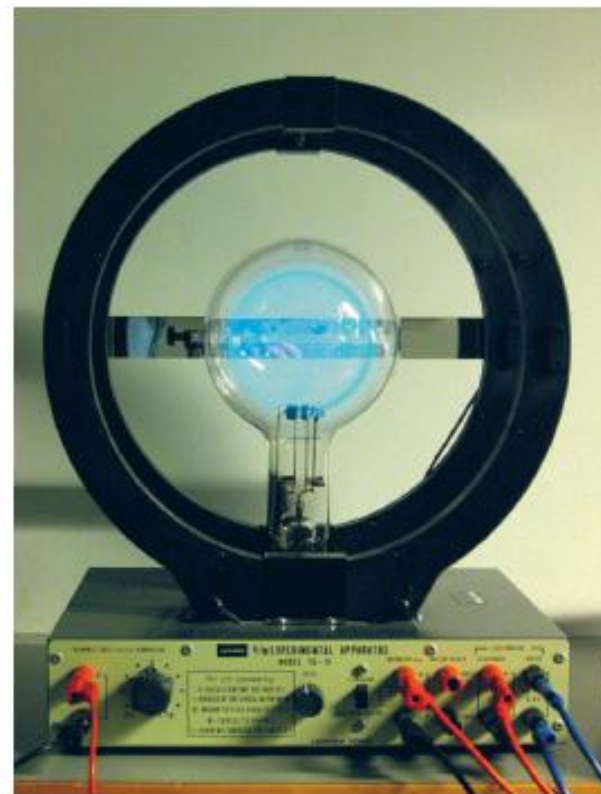


- Määritetään varauksen ja massan suhde
- Säde ohjataan ympyräradalle magneettikentän avulla
- Radan säteeseen vaikuttaa elektronien massa ja varaus, sekä kiihdytysjännite ja käämien virta

+12. Elektronin varauksen ja massan suhde  $e/m$  voidaan määrittää kuvan esittämällä laitteella. Keskellä sijaitsevan lasikuvun sisällä on pienipaineista heliumkaasua sekä elektronitykki, joka kiihdyttää elektroneja sähkökentän avulla. Elektronisuihku osuu heliumatomeihin, jotka virittyvät. Tällöin suihkun rata näkyy putken sisällä vihreänä juovana. Kuvun ympärillä olevilla käämeillä saadaan aikaan elektronisuihkuun nähden kohtisuora homogeeninen magneettikenttä. Elektronit asettuvat magneettikentässä ympyräradalle. Taulukossa on eri kiihdytysjännitteillä ja magneettivuon tiheyksillä mitattuja radan säteitä.

$U$ (V)	$B$ (mT)	$r$ (cm)
111	0,94	3,8
140	0,94	4,2
171	0,94	4,6
220	1,48	3,4
261	1,48	3,7
296	1,48	3,9

- Miksi elektronisuihku asettuu ympyräradalle? (2 p.)
- Miten elektronisuihkun rata muuttuu, kun kiihdytysjännitettä kasvatetaan ja magneettivuon tiheys pidetään vakiona? Perustele. (2 p.)
- Määritä sopivaa graafista esitystä käyttäen elektronin varauksen ja massan suhde. (5 p.)



Kuva: Ari Hämäläinen

$$F = ma$$

$$eU = \frac{1}{2}mv^2$$

$$evB = m\frac{v^2}{r}$$

$$v = \left(\pm\right)\sqrt{\frac{2eU}{m}}$$

$$r = \frac{mv}{eB}$$

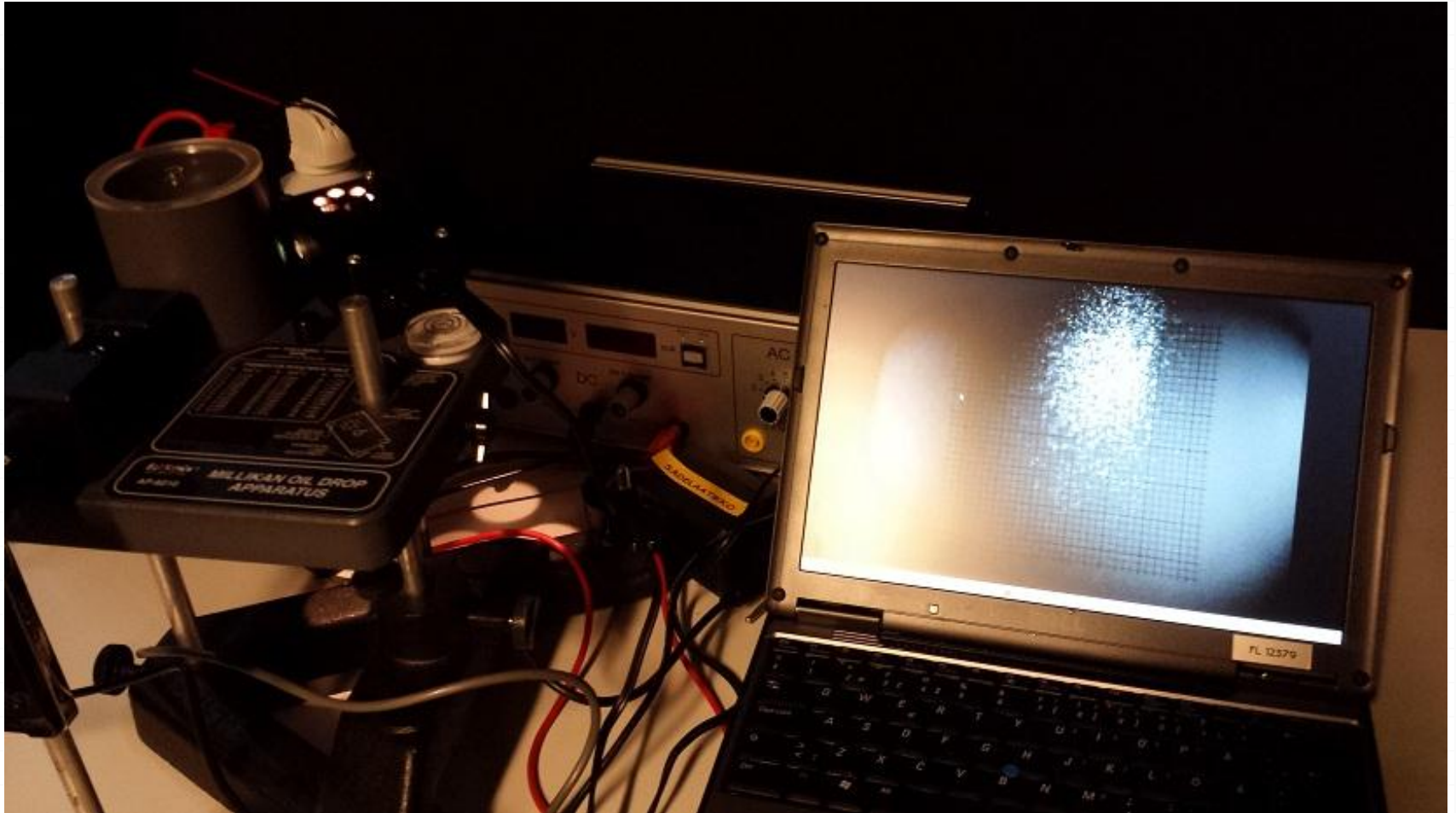
$$r = \frac{m\sqrt{\frac{2eU}{m}}}{eB}$$

$$r = \sqrt{\frac{2mU}{eB^2}}$$

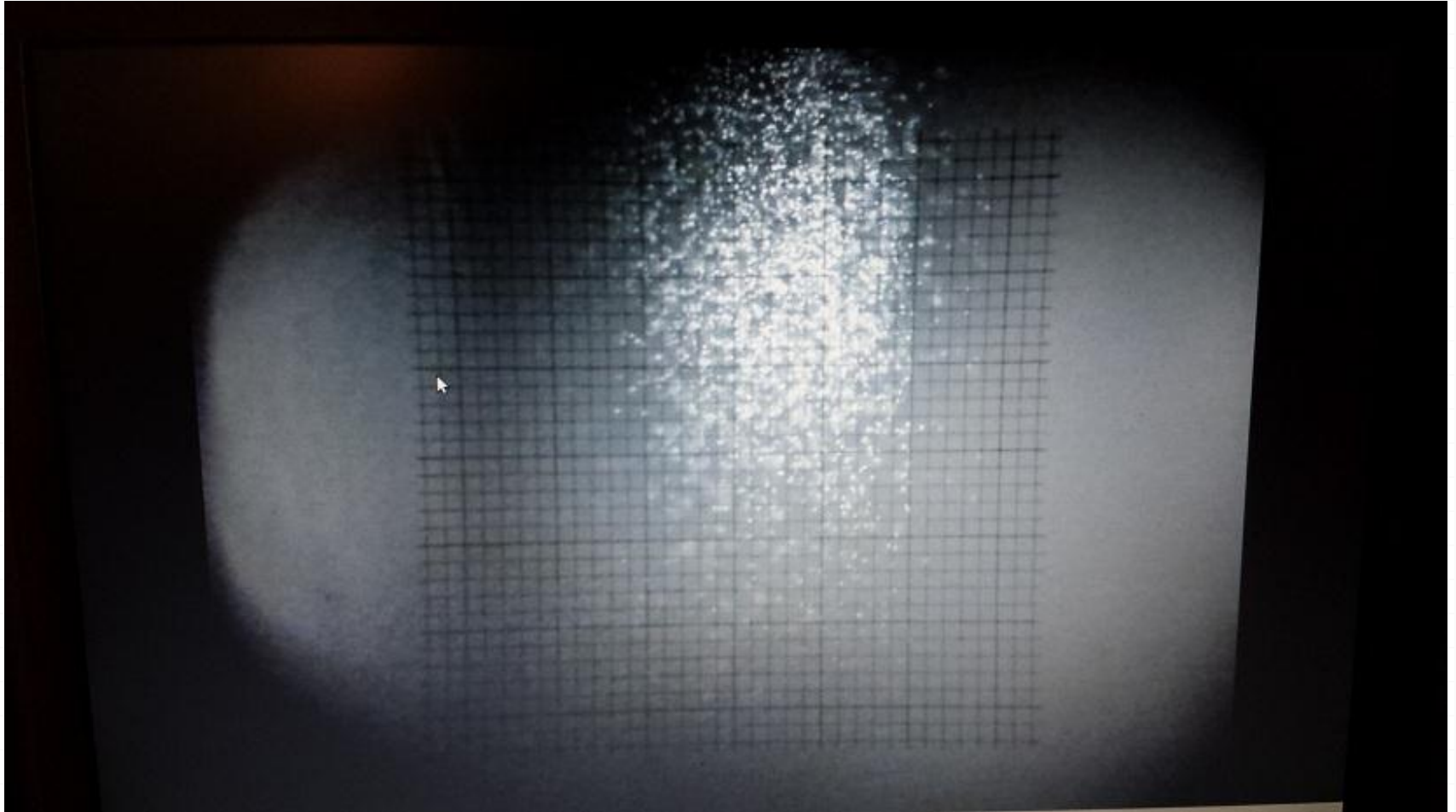


$$U = \frac{e}{m} \cdot \frac{r^2 B^2}{2}$$

# Millikanin koe

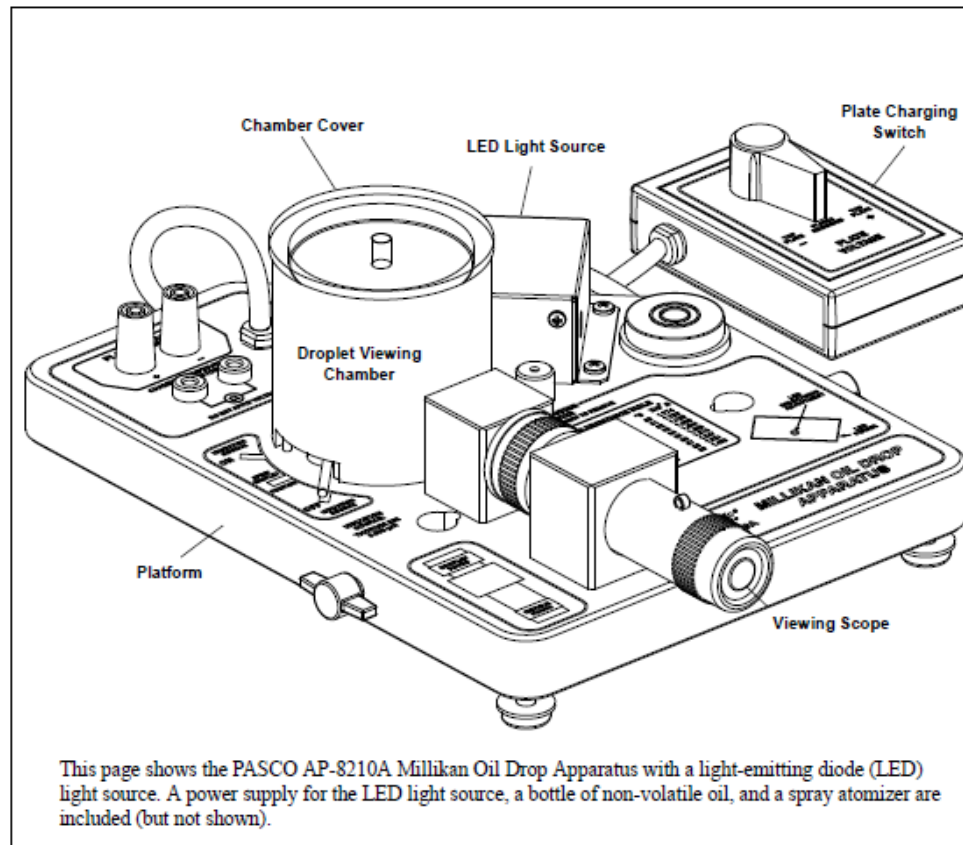


# Millikanin koe

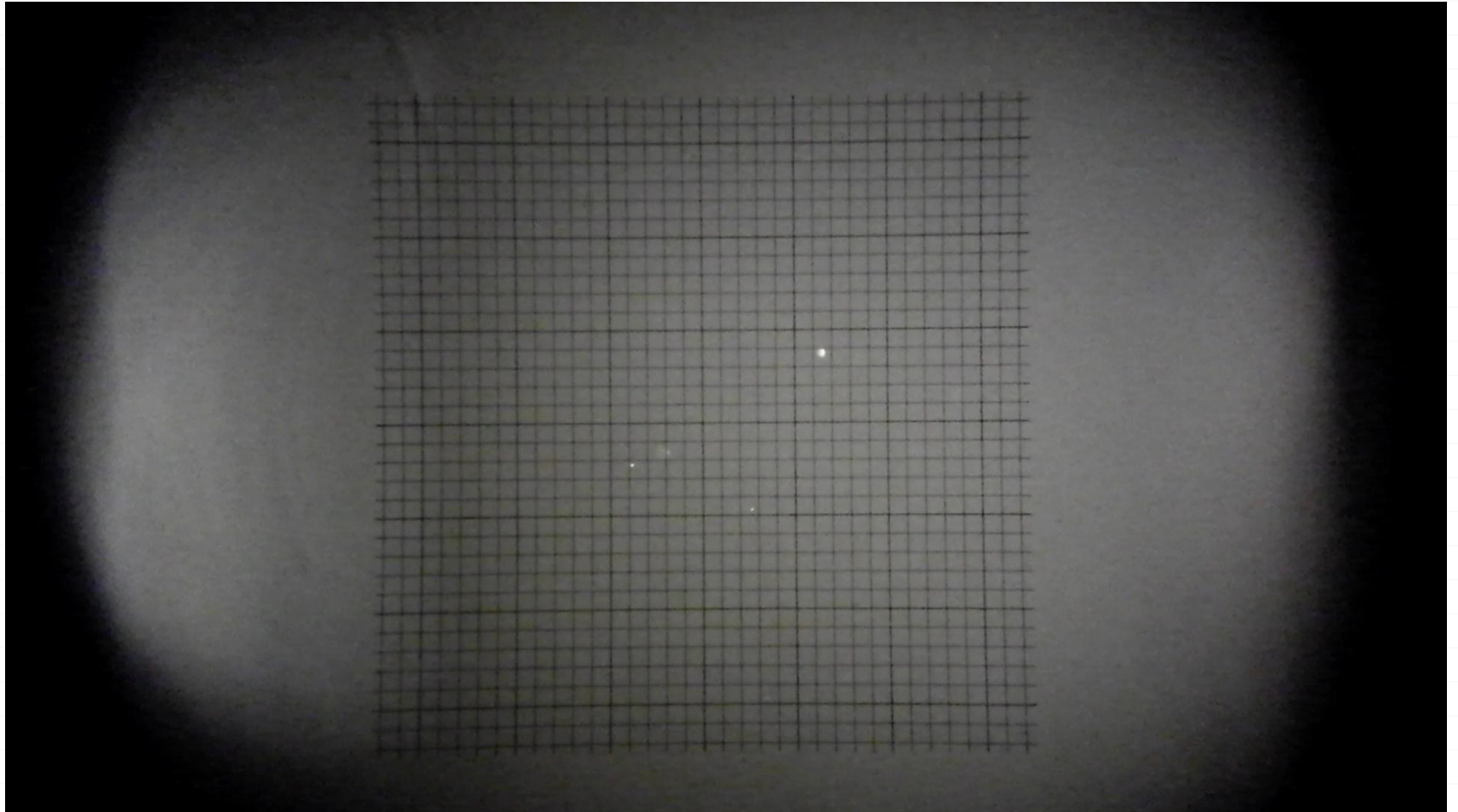


# Millikan Oil Drop Apparatus

AP-8210A

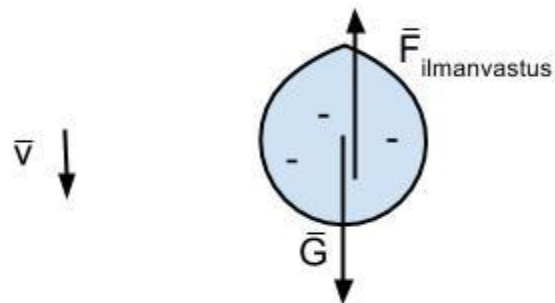


# Millikanin koe

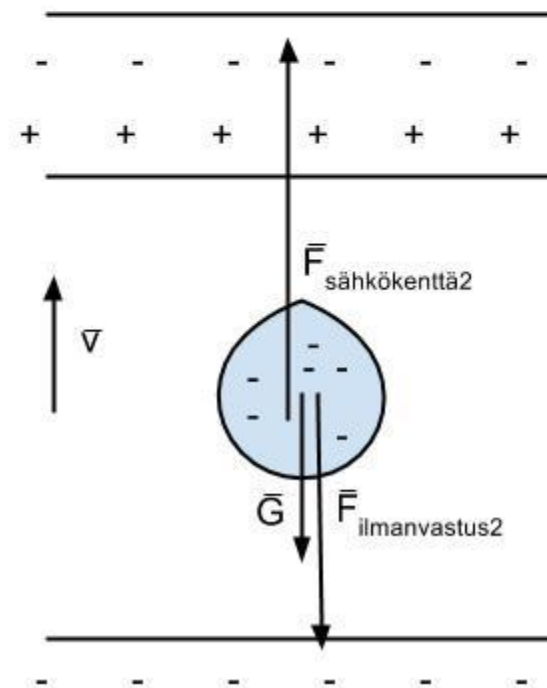
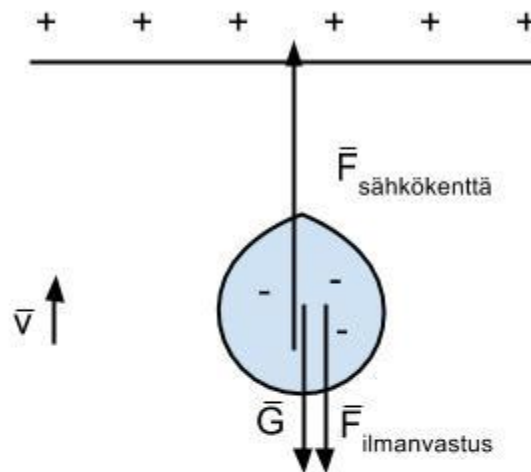
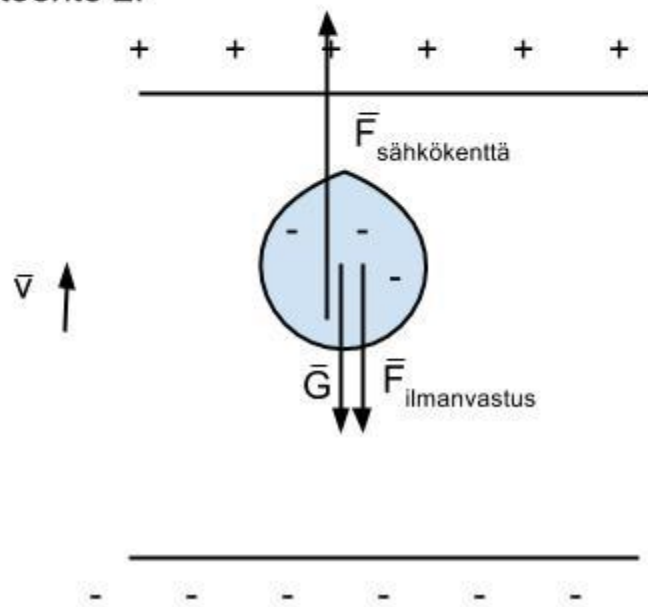


# Millikanin kokeen voimatarkastelu

Vaihtoehto 1:



Vaihtoehto 2:

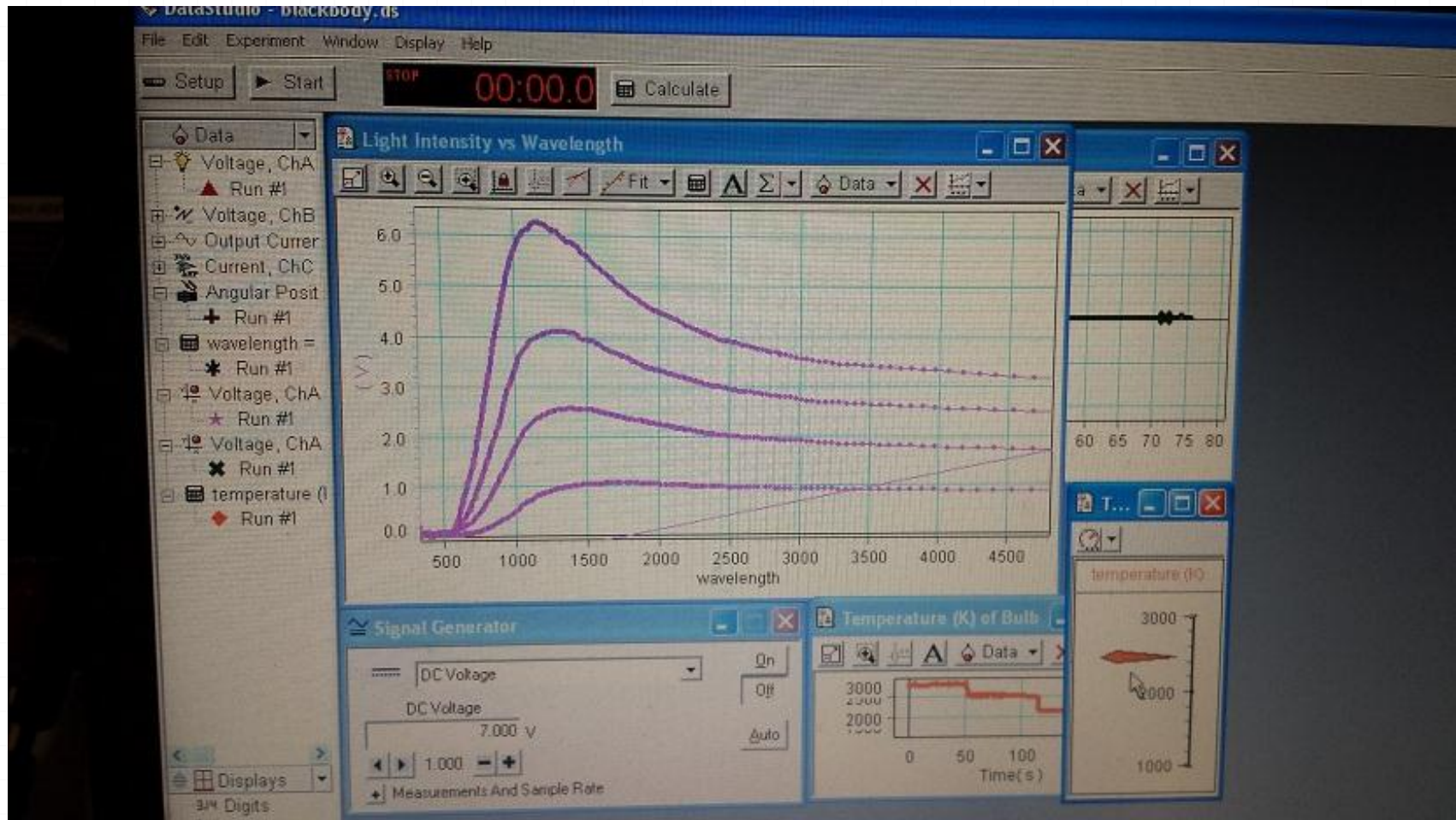


negatiivinen  
varaus  
kasvaa

# Mustan kappaleen säteily



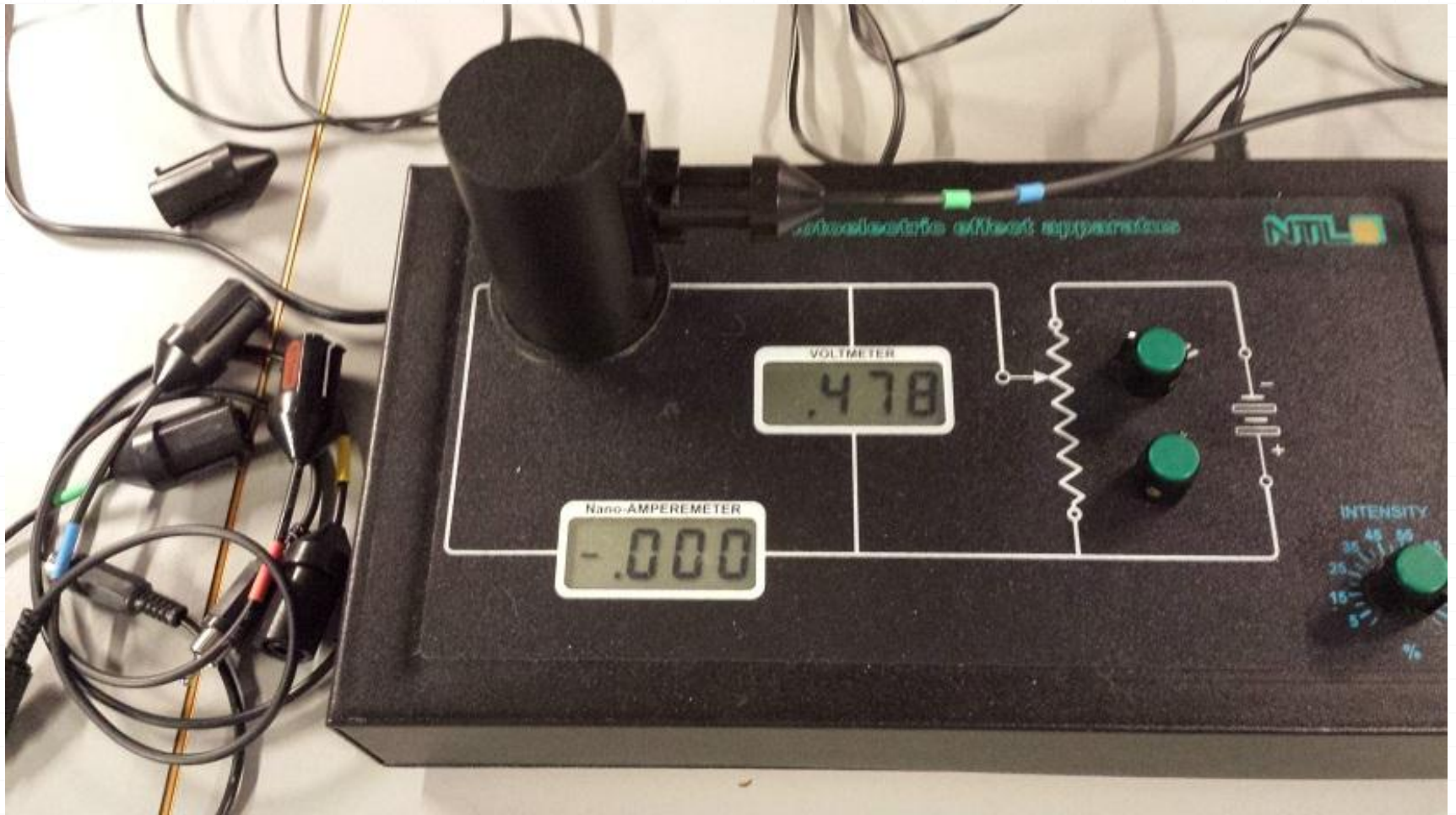
# Mustan kappaleen säteily



# Valosähköinen ilmiö



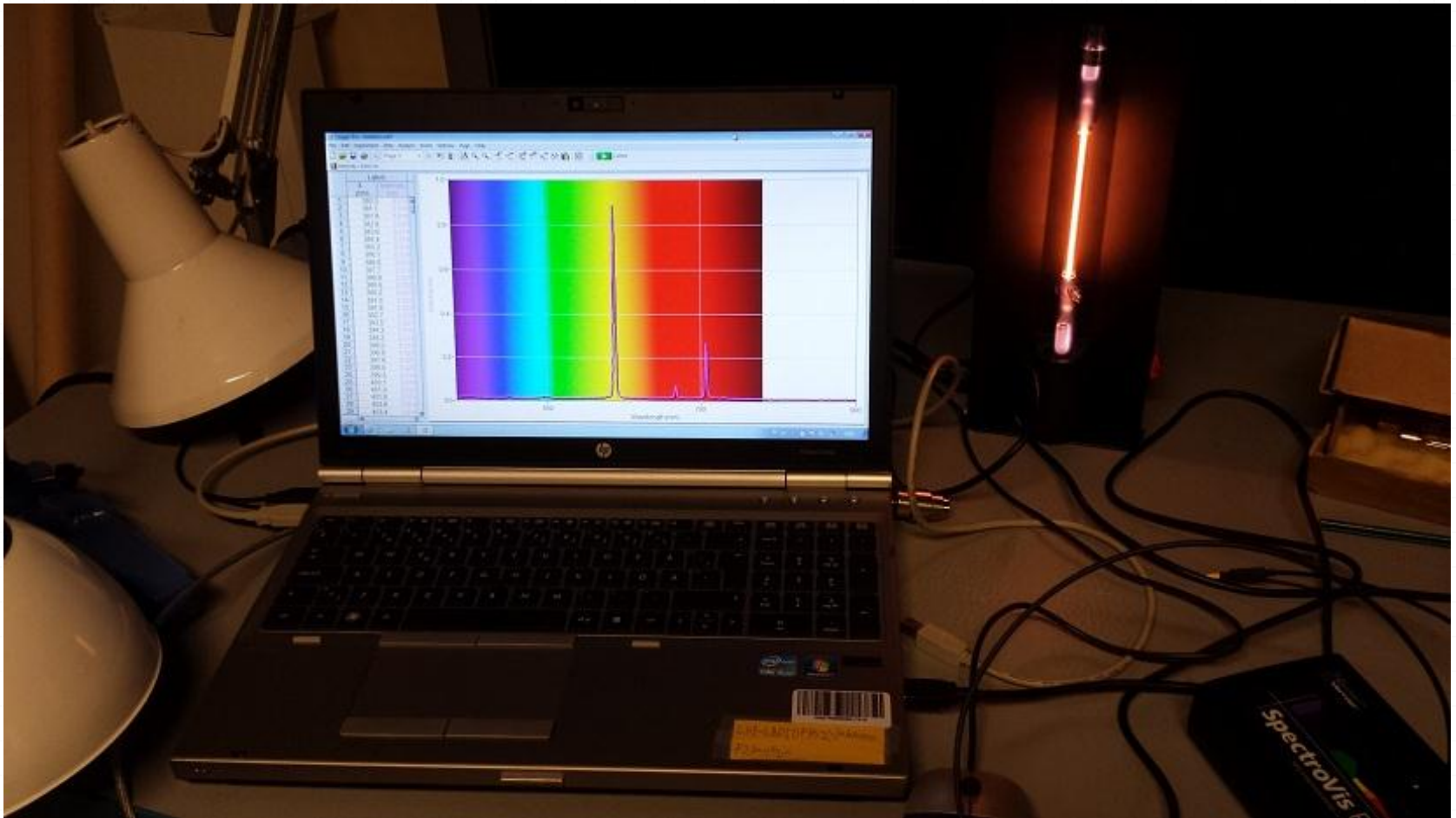
# Valosähköinen ilmiö



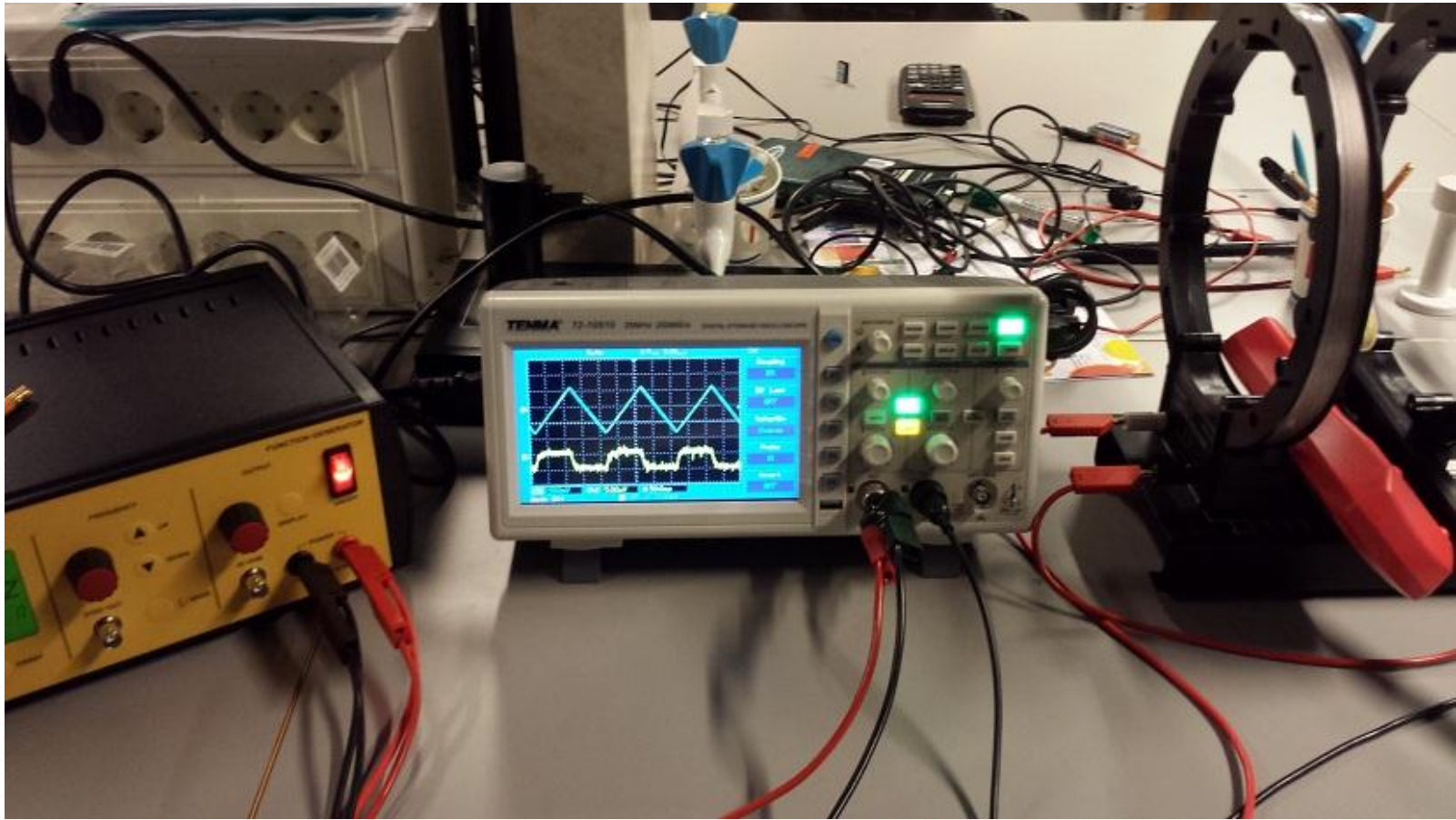
# Valosähköinen ilmiö



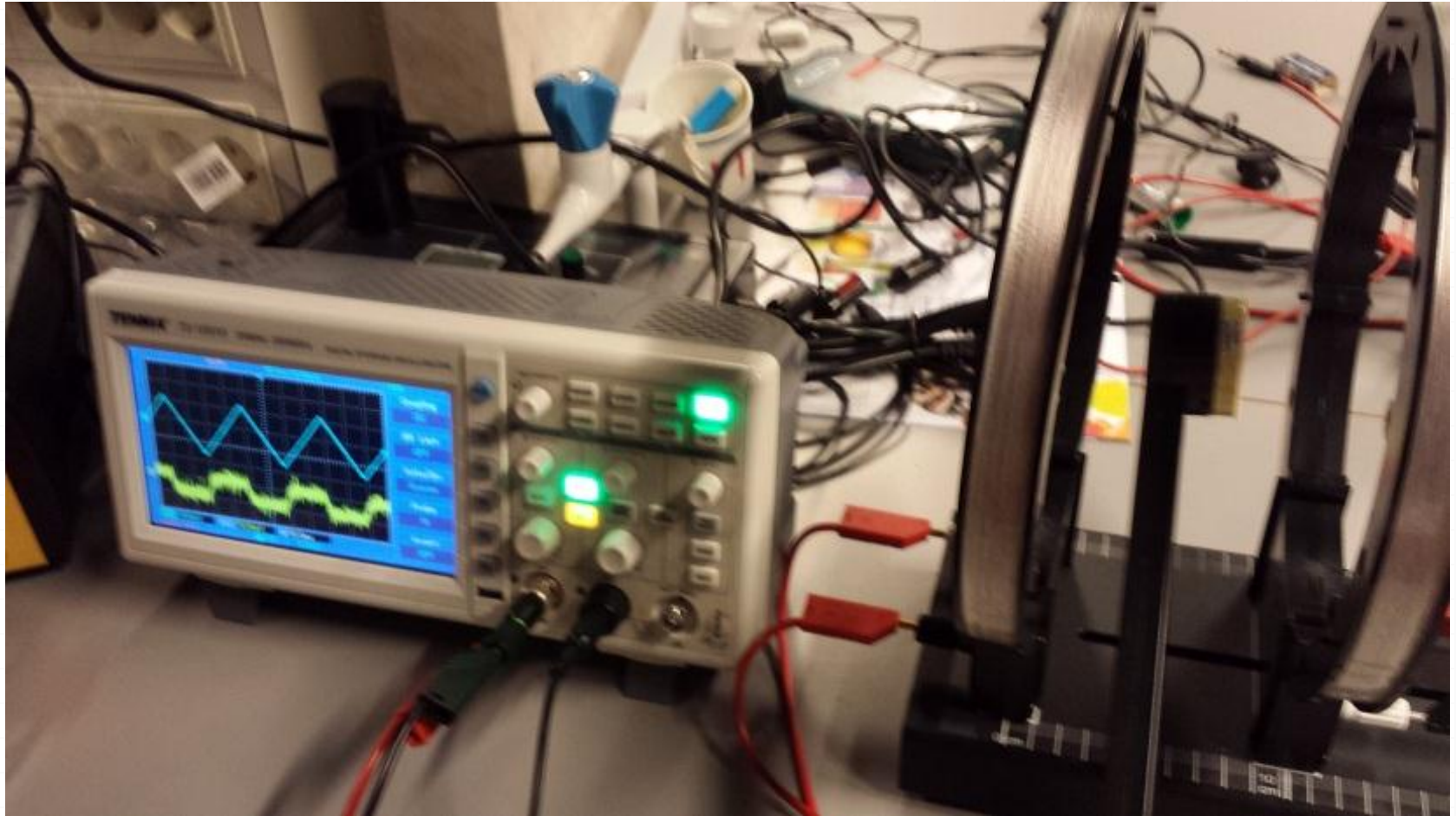
# Spektrianalyysi



# Signaalien induktio



# Signaalien induktio



# Palaute

- Keväällä 2015 kerätiin ensimmäistä kertaa palautetta takautuvasti 3 oppilaalta ja 5 opettajalta

# Samaa mieltä (opettajat)

- Kokeiden taso oli sopiva
- Kokeiden teko helppoa
- Kokeet auttoivat ymmärtämään paremmin fysiikkaa
- Kokeet linjassa lukiofysiikan kanssa
- Haluaisin enemmän tilaisuuksia F2k-vierailun kaltaisille tapahtumille
- Ohjaaja esitteli töitä innostavasti (Hyvä minä!)
- Ohjaaja oli asiantunteva
- Olimme tutustuneet koulussa riittävästi kokeiden aiheisiin
- F2k-laboratorion ajatusta pitäisi viedä myös muihin ainelaitoksiin
- Fysiikan laitoksesta ja siellä opiskelusta kerrottiin riittävästi
- F2k-laboratorio antaa hyvän kuvan Fysiikan laitoksesta
- Tiedelaboratorio on hyvä tapa toteuttaa lukiolaisvierailuja (kaikki täysin samaa mieltä)
- Vierailuun oli panostettu riittävästi
- Aion vierailla F2k-laboratoriossa jatkossa
- Aion suositella vierailua tutuille opettajille (kaikki täysin samaa mieltä)
- Vierailun järjestely ohjaajan kanssa oli sujuvaa

# Eri mieltä (opettajat)

- Fysikaalinen merkitys vaikea ymmärtää
- Lukiolaisia ei kiinnosta kokeiden tekeminen oppilaitostutustumisten yhteydessä (1 samaa mieltä)
- Vierailu oli pitkästyttävä

# Jakoi mielipiteitä (opettajat)

- Työohjeiden vaikeustason sopiva(eri mieltä ja neutraali), harhaanjohtavia(eri mieltä ja neutraali) ja selkeitä(eri ja samaa)
- Ei riittävästi aikaa kokeiden tekemiseen(eri ja samaa)
- Ohjaaja ei ehtinyt neuvoa kaikkia riittävästi(eri mieltä ja neutraali)
- Vierailu antoi positiivisen kuvan fyysikon työstä(samaa mieltä ja neutraali)
- Kokeet jäävät paremmin mieleen kun ne tehdään koulun sijaan oppilaitosvierailun yhteydessä (samaa mieltä ja neutraali)

# Samaa mieltä (oppilaat)

- Kokeiden taso sopiva
- Työohjeet olivat riittävän selkeät
- Kokeiden tekeminen helppoa
- Kokeet auttoivat ymmärtämään paremmin fysiikkaa
- Kokeet olivat linjassa lukiofysiikan kanssa
- Ohjaaja esitteli töitä innostavasti
- Ohjaaja oli asiantunteva
- Olimme tutustuneet aiheisiin riittävästi ennen vierailua
- Fysiikan laitoksesta ja opiskelusta kerrottiin riittävästi
- Vierailu antoi positiivisen kuvan fyysikon työstä
- Fysiikan laitos vaikuttaa hyvältä opiskelupaikalta vierailun perusteella
- Tiedelaboratorio on hyvä tapa toteuttaa lukiolaisvierailuja
- Vierailuun oli panostettu riittävästi(567)

# Eri mieltä (oppilaat)

- Kokeiden merkitys oli vaikea ymmärtää
- Työohjeet olivat harhaanjohtavia
- Ohjaaja ei ehtinyt neuvoa riittävästi(123)

# Jakoi mielipiteitä (oppilaat)

- Työohjeet liian vaikeita (eri mieltä ja neutraali)
- Kokeiden suorittamiseen ei riittävästi aikaa(eri mieltä ja neutraali)
- Haluaisin tehdä enemmän F2k-töiden kaltaisia kokeita (samaa mieltä ja neutraali)
- F2k-laboratorion ajatusta pitäisi viedä muihin ainelaitoksiin(samaa mieltä ja neutraali)
- Oppilaitosvierailujen yhteydessä on turha tehdä kokeita(neutraali ja eri mieltä)
- Kokeet jäävät paremmin mieleen kun ne tehdään koulun sijaan oppilaitosvierailun yhteydessä(samaa mieltä ja neutraali)
- Vierailu oli pitkästyttävä (eri mieltä ja neutraali)
- Vierailu lisäsi kiinnostustani fysiikan jatko-opintoja kohtaan
- Aion hakea fysiikan laitokselle opiskelemaan(eri mieltä ja neutraali)
- Ohjaaja johti vierailua sujuvasti(samaa mieltä ja neutraali)

# Vertailu (X=opet, x=opiskelijat)

väite	Eri mieltä	Eri+Neut.	Samaa+ neut.	Samaa mieltä
Kokeiden taso sopiva				X,x
Kokeet helppoja				X,x
Parempi fysiikan ymmär.				X,x
Linjassa lukio fys. Kanssa				X,x
Ohjaaja innostava				X,x
Ohjaaja asiantunteva				X,x
Olimme tutustu. aih. riit.				X,x
Opiskelusta kerrottiin riit.				X,x
Hyvä kuva Fysiikan laitok.				X,x
Tiedelab. hyvä tapa tot. vie				X,x
Vierailuun panostet. riit.				X,x
Haluan enem. vast. tilaisu.			x	X
F2k ajatusta muualle			x	X

# Vertailu (X=opet, x=opiskelijat)

väite	Eri mieltä	Eri+Neut.	Samaa+neut.	Samaa mieltä
Aion vierailla jatkossa				X
Aion suositella tutuille				X
Järjestely sujuvaa				X
Pos. kuva fyysikon työstä			X	x
Työohjeiden vaik. tas. sop.		X,x		
Kokeet jäävät parem. miel.		X	x	
Työohjeet selkeät	X			X,x
Ei riittävästi aikaa	X	x		X
Kokeet eivät sovi vierailui.	X	x		
Vierailu pitkästyttävä	X	x		
Työohjeet harjaan johtavia	x	X		
Ohjaaja ei eht. neuv. riit.	x	X		
Fysik. merk. vaik. ymmär.	X,x			

# Töiden arviointi

- Työt saivat pääasiassa hyviä arvosanoja, 3-5/5
- Mikään töistä ei ollut liian vaikea 1-3/5

## Avoimet kysymykset

- Mukava henki, uskaltaa kysyä ja pohtia, aikataulun sopiminen sujui hyvin (ope)
- Parasta se että opiskelijat pääsivät tekemään kokeita uudessa ympäristössä
- Kaivattiin lisää resursseja (suuret ryhmät, lisää töitä)
- Opiskelijoiden mielestä työt olivat parasta, ei kehitettävää, oli kivaa