

## 1.1 ATOMIN DISKREETIT ENERGIATILAT

### 1. MITTAUKSET

Franckin ja Hertzin kokeen ja ionisaatiopotentialin mittauslaitteisto:

- jännitelähde
- digitaalinen yleismittari
- suojatut banaani johdot
- neon-putki telineineen
- pikoampeerimittari.

Tarkista, että kaikkien laitteiden jännitteiden säädöt on kierretty noltaan ja että käyttöjännitteet eivät ole päällä.

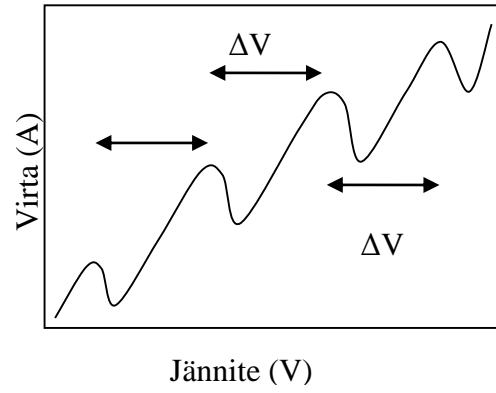
#### A. Franckin ja Hertzin koe

*Esivalmistelut, jännitteiden viritys ja visuaalinen tarkastelu:*

1. Kiinnitä DIN-pistoke liittimeen, jossa lukee Franckin-Hertzin koe, ja käännä viereinen kytkin kohti liittintä.

Säädä pikoampeerimittari: RANGE 10 nA ja METER asentoon "-". Kytke laitteet päälle. Katodi alkaa nyt hehkua heikosti.

2. Säädä katodin K ja hilan H1 välinen säätöjännite  $U_1$  arvoon 1,8 V. Säädä pysäytysjännite  $U_3$  arvoon 8,2 V ja kiihdytysjännite  $U_2$  arvoon 80 V. Työssä kaikki jännitteet mitataan yleismittarilla.
3. Tarkkaile hilojen H1 ja H2 välistä aluetta. Hilojen välissä pitäisi näkyä oranssina heikosti hekkuvia vyöhykkeitä. Jännitteen  $U_1$  kasvattaminen kirkastaa vyöhykkeitä, mutta heikentää mittauksen herkkyyttä. Kokeile, mutta säädä  $U_1$  lopuksi arvoon 1,8 V.
4. Säädä nyt kiihdytysjännite  $U_2$  noltaan. Kun muuttelet jännitettä  $U_2$ , havaitset, että virtamittarin lukema käyttäytyy kuvan 1 mukaisesti. Virtamittarin asteikkoa kannattaa muuttaa mittauksen kuluessa.



**Kuva 1. Virran käyttäytyminen Franckin ja Hertzin kokeessa.**

*Varsinainen mittaus:*

5. Mittaa pikoampeerimittarin osoittamaa virtaa kiihdytysjännitteen  $U_2$  funktiona aina 80 V saakka. Yritä aina mahdollisimman tarkasti määrittää se jännite, jolla virta juuri ja juuri alkaa pudota jännitteen  $U_2$  kasvaessa. Muista ottaa ylös sekä virta että jännite virhearvioineen jokaisessa pisteessä. Tarkkaile myös, mitä hilojen välillä näkyy.

VIHJE: Mittaa noin 5 pistettä aivan virtamaksimien tuntumasta, muutama piste minimien tienoilta ja jokunen piste näiden väliltä. (maksimeja on neljä, viimeinen lähes 80 V tuntumassa). Virta kääntyy ensimmäisen minimin ympäristössä negatiiviseksi, mittarin polariteetti on käännettävä asentoon "+", jotta voit mitata minimin.

**Mittauksen loppuksi käännä kaikki säätöjännitteet nolllaan!**

## **B. Ionisaatiopotentiaali**

*Esivalmistelut:*

1. Tee kytkentä ionisaatiopotentiaalin mittausta varten siirtämällä DIN-liitin ionisaatiopotentiaali-koskettimeen ja käännä viereinen kytkin osoittamaan kohti liitintä. Huomaa, että hilat H1 ja H2 kytkeytyvät tällöin yhteen ja 0...80 V jännitelähde kytkeytyy hilojen ja katodin väliin. Lisäksi 0...10 V jännitelähde kytkeytyy katodin ja anodin välille. Kiihdytysjännitteen maksimiarvoksi tässä kytkennässä on putken säästämiseksi säädetty **noin 23 V, jota ei saa mittausten aikana ylittää.**

Säädä pikoampeerimittari: RANGE 1  $\mu$ A, METER asentoon "+".  
Kytke laitteet päälle.

2. Säädä vastajännite likimain samaan arvoon 8,2 V kuin kohdassa A.

*Varsinainen mittaus:*

3. Säädä kiihdytysjännitettä ja tarkkaile pikoampeerimittaria. Mittaa virtaa kiihdytysjännitteen funktiona 2 voltin välein kunnes virta alkaa nousta. Mittaa lisää jännite–virta -lukemia muutoskohdan jälkeen 0,2 V välein aina jännitelähteen 22,8 V saakka. Muista virhearviot.

**Mittauksen loppuksi käännä kaikki säätöjännitteet nolllaan!**

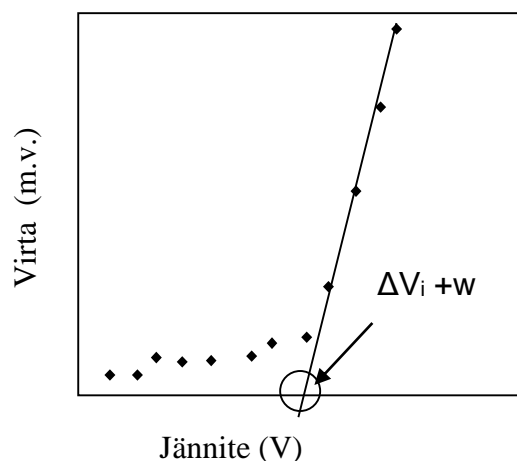
## 2. TYÖSELOSTUS

Oheisessa liitteessä on selitetty koetta energiatasokaavion avulla. Selostuksessa käsiteltävät seikat:

1. **Määritä** neonin ensimmäinen virityspotentiaali virherajoineen piirtämällä jännite  $U_2$  energianmenetysten ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ) funktiona (pitäisi olla likimain suora). **Hahmottele** mittaustuloksiasi myös kuvan 1 mukainen kuvaaja elektronivirran käyttäytymisestä. Määritä myös kokeen kontaktipotentiali.
2. **Määritä** neonin ionisaatiopotentiali virherajoineen graafisesti piirtämällä ionivirran käyttäytyminen jännitteen funktiona. Ekstrapoloi kuvaajasta kynnysjännite, jolla virta alkaa kasvaa (ks. kuva 2).
3. **Vertaa** pohdinnoissa saamiasi tuloksia kirjallisuudessa esiintyviin arvoihin. Kirjallisuudessa esitetään energiatasot usein aallonpituuksien tai aallonpituuksien käänteislukujen avulla, muuta ne (perustellen) elektroni-volteiksi. Viritystiloja [1] ja ionisaatiopotentiaaleja [1 & 2].
4. **Laske** putkessa näkyvän valon aallonpituus. Päätele, mistä energiatilojen välisistä siirroksista valo voi syntyä, kun neonin neljä alinta viritystilaa ovat keskimääräisiltä energioiltaan [3]

$$744,9 \text{ \AA} (3s) \quad 738,8 \text{ \AA} (3's') \quad 667,3 \text{ \AA} (3p) \quad 660,5 \text{ \AA} (3'p')$$

Neonin elektronikonfiguraatio on perustilassaan  $1s^2 2s^2 2p^6$ . Hipsut kvanttilukujen perässä johtuvat siitä, että  $n$  ja  $l$  kvanttilukujen käyttö ei riitä selittämään energiaeroja vaan on otettava huomioon spinien ja ratakulmaliikemäärien vaikutukset.



Kuva 2. Ionivirta jännitteen funktiona.

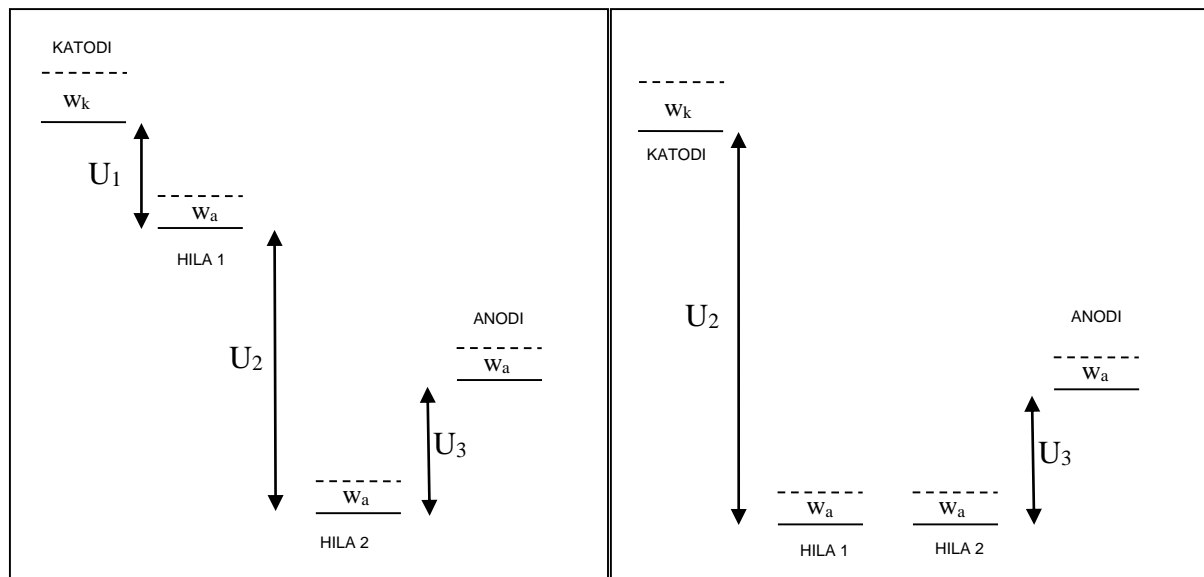
[1] CRC handbook of Chemistry and Physics.

[2] MAOL-taulukot.

[3] Basic atomic spectroscopic data, [online] viitattu 3.9.2010

<http://physics.nist.gov/PhysRefData/Handbook/Tables/neontable5.htm>

Energiatasokaaviot



Franckin ja Hertzin koe

Ionisaatiopotentiaalin mittaaminen

Energiakaavioissa on esitetty hilojen, anodin ja katodin Fermi- ja tyhjätasot. Tasojen välistä energiaeroa,  $w$ , kutsutaan työfunktiksi. Elektroni irtoaa katodin Fermi-tasolta lämpöliikkeen avulla ja nousee katodin tyhjätasolle. Kaikki metallien väliset jännitteet ovat Fermi-tasojen potentiaalieroja. Hilat ja anodi ovat terästä ja katodi volframia.

**Franckin ja Hertzin kokeessa** elektroni voi lävistää hilat 1 ja 2, jolloin se ei putoa kummankaan Fermi-tasolle, vaan on jälkimmäisen hilan tyhjätasolla. Tällöin maksimiliike-energia on

$$E_{\text{kin}} = e(U_1 + U_2) + w_k - w_a = e(U_1 + U_2) - w$$

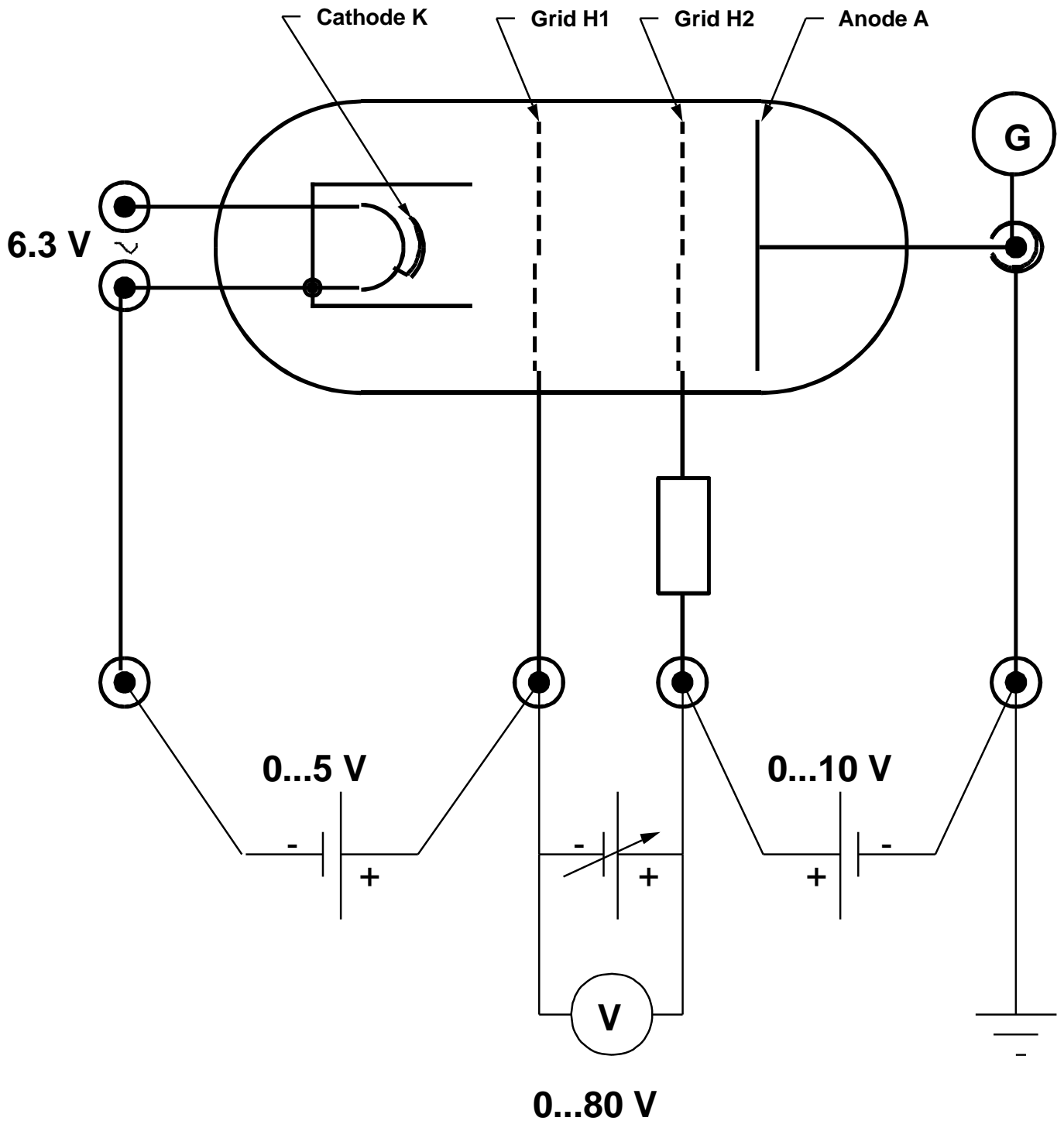
Toisaalta elektronin energia riittää juuri virittämään  $n$  kappaletta  $\Delta V$  suuruisia virityksiä Neon-atomeissa, joten  $(U_2, n)$ -kuvaajasta saadaan sekä virityspotentiaali  $\Delta V$  että kontaktipotentiaali  $w$ .

Elektronivirtaa havaitaan, kun elektronin energia ylittää  $eU_3$ , sillä hilat ja anodi ovat kaikki terästä ja niiden työfunktiot samat.

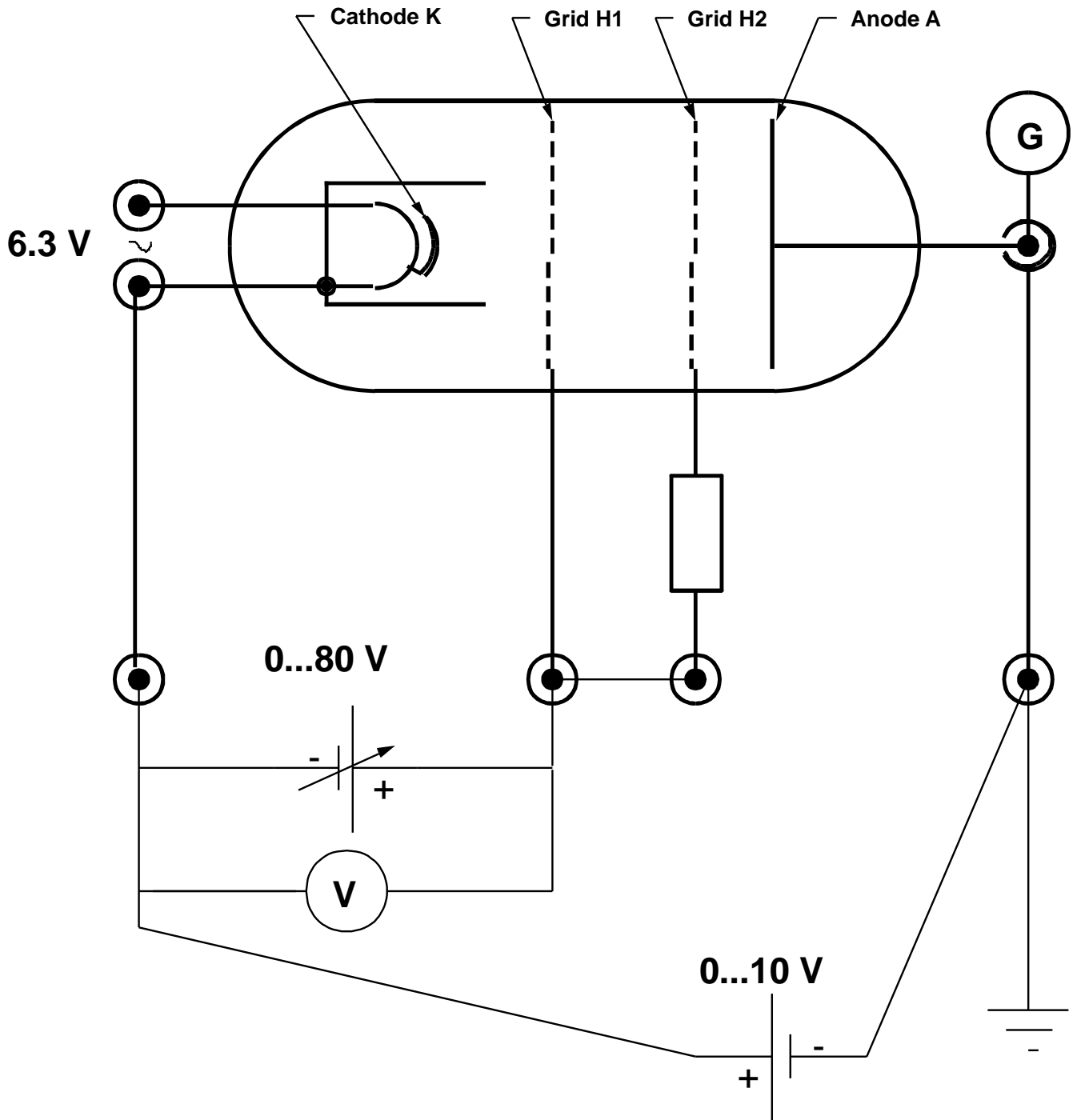
**Ionisaatiopotentiaalin** mittauksessa elektronit voivat ionisoida neon-atomeja, jos niiden kineettinen energia ylittää ionisaatiopotentiaalin, eli kun

$$E_{\text{kin}} = e(U_2) + w_k - w_a = e(U_2) - w > E_{\text{ion}}$$

Syntyneet positiiviset ionit kaapataan anodille jännitteellä  $U_3$ , joka on myötäjännite. Kuva on esitetty negatiivisille elektroneille.



**Kuva 1/Figure 1:**  
**Kytkenät Franckin-Hertzin kokeessa.**  
**The experimental setup for Franck-Hertz**  
**measurement**



**Kuva 2/Figure 2:**  
**Kytkenät ionisaatiopotentiaalin mittauksessa.**  
**The experimental setup for the ionization**  
**potential measurement.**