Kuva 1

Kokeessa määritetään Planckin vakion h-arvo cesium-valokennolla.

Välineet

21030	Planckin vakion määrityslaite
95105	Mittausohjelma Coach 6.0 WIN

Laitteen teknisiä tietoja:

Valokennossa on cesium-katodi. Katodi ja anodi sijaitsevat tyhjiössä. Laitteessa on integroituna volttimittari ja herkkä virtamittari. Laitteesta saadaan suoraan ledeille sopiva virta. Ledien emittoimaa valon intensiteettiä voidaan muunnella välillä 0 – 100 %. Laitteeseen kuuluu verkkomuuntaja, joka antaa 12 V AC, 0,5 A.

Valokenno:	Tyyppi 1P39 cesium (Cs)
Volttimittari:	3 ½-digit LCD 0,5 % tarkkuus
Virtamittari:	3 ½-digit LCD 1 % tarkkuus
Ledit:	472 nm, 505 nm, 525 nm, 588 nm ja 611 nm.
Mitat:	280 mm x 150 mm x 130 mm
Paino:	n. 1,3 kg

Katso lisäksi liite 1.

Peruskäsitteet

Ledien valo aiheuttaa katodilta elektroniemissiota, joilla on kineettistä energiaa (1).

(1) $E_{kin} = h \cdot f - W$, missä hf on fotonien energia ko. valon aallonpituudesta riippuva.

W on irroitustyö, minimienergia, joka vaaditaan elektronien irrottamiseen katodin pinnalta. Sen arvo on n. 3 eV cesiumille huoneenlämpötilassa. Jos pysäytysjännitteellä on arvo U_0 siten, että

(2) $eU_0 = E_{kin} = hf - W$, $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ As, on virta nolla nanoampeeria.

Asettelut

Koeasetelma on kuvassa 1.

Kokeen suoritus

Aseta ledit vuorotellen pitimeen ja säädä valon intensiteetti 75 %:iin. Odota joitakin minuutteja ja säädä potentiometreillä (karkea- ja hienosäätö) virta nollaksi. Aallonpituus on ledin kyljessä yksikössä *nm*.

Tuloksia

Laske jokaista aallonpituutta λ vastaava taajuus f kaavan (3)

(3) $f = \frac{c}{\lambda}$ avulla, missä $c = 3 \cdot 10^8$ *m/s*.

Tee taulukko 1

Taajuus (exp 14)	Energia (exp-19)
4.90	0.13
5.10	0.28
5.70	0.74
5.90	0.84

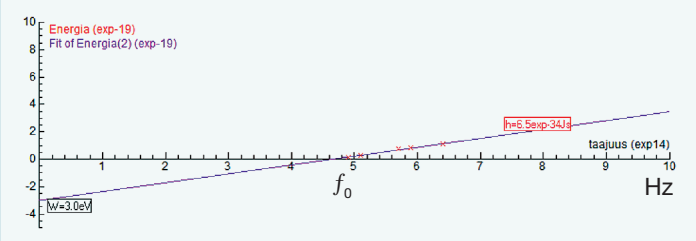
Taulukko 1

Taulukkoon on laskettu sarake, jossa on taajuus (Hz) vastaten eri aallonpituuksia ja energia = *eU* yksikössä *J*. Taulukossa 2 on aallonpituus ja vastaava pysäytysjännite.

λ (Nm)	U_0(V) =pysäytysjännite
611	0,08
588	0,18
525	0,46
505	0,53
472	0,68

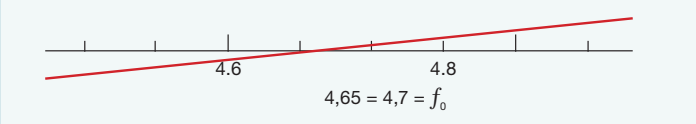
Taulukko 2

Piirretään riippuvuus energia (*J*) pystyakselilla ja taajuus (Hz) vaaka-akselilla (kts. kuva 2).

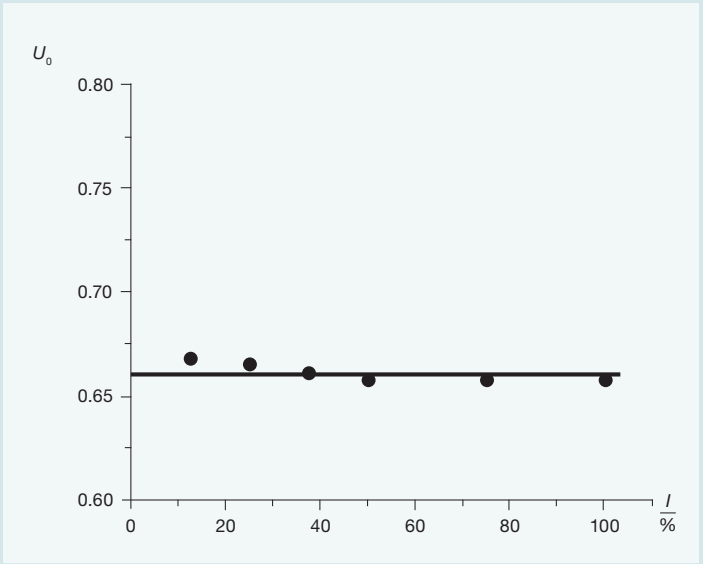


Kuva 2

Suoran kulmakertoimeksi saadaan $h = 6{,}5 \cdot 10^{-34}$ *Js*. Kirjallisuuden arvo on n. $6.6 \cdot 10^{-34}$ *Js*.
Irrotustyöksi saadaan n. 3,0 *eV* ja rajataajuudeksi n. $4{,}7 \cdot 10^{14}$ Hz.



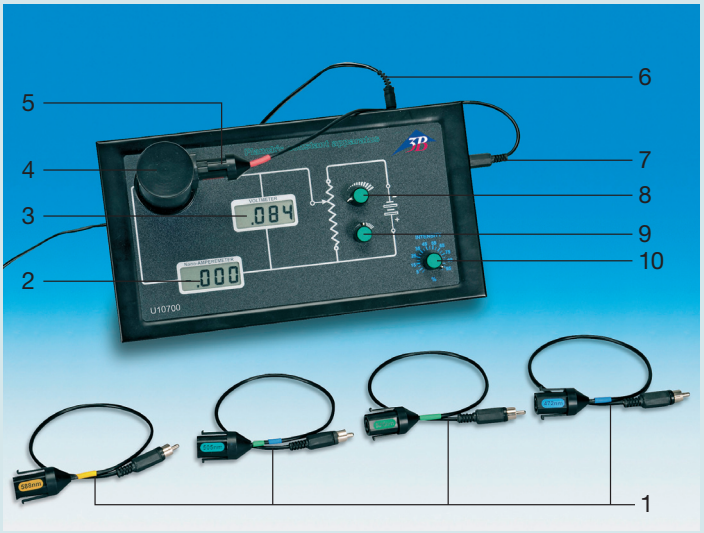
Pysäytysjännite ei riipu valon intensiteetistä (kuva 3). Mittaus suoritettu aallonpituudella $\lambda = 472$ *nm*. Eri intensiteeteillä on määritetty pysäytysjännite U_0.



Kuva 3

Liite 1

Laitemanuaali



1 Ledit liitinjohdoilla
2 Nanoampeerimittari
3 Volttimittari
4 Valokennon suojakansi
5 Valokennon kollektoriputki
6 Virtalähteen koaksiaalikaapeli
7 Ledien virtajohto
8 Karkea säätö
9 Hieno säätö
10 Intensiteetin säätönuppi

Huom. 1. Kun et käytä laitetta, pidä aina suoja 11 paikallaan.
Huom. 2. Älä käytä laitetta missään ääriolosuhteissa (lämpötila, kosteus ja suora auringonvalo).

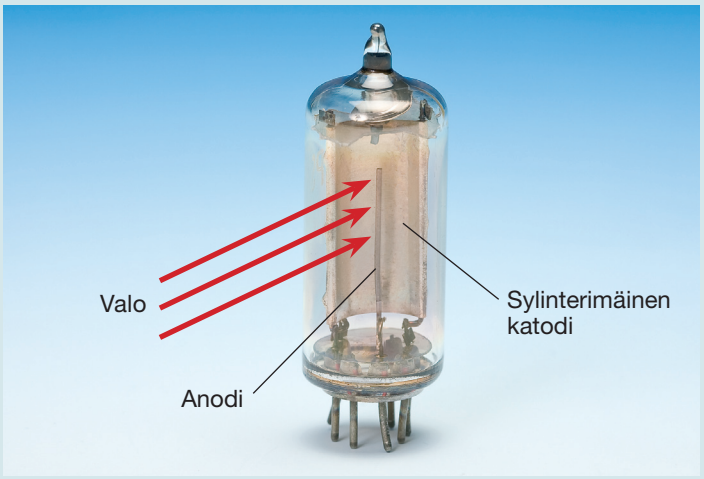
Tehtäviä

1. Miten tyhjiövalokennoa voidaan hyödyntää erilaisissa laitteissa?

2. Mitä tapahtuu virralle kun valon intensiteettiä kasvatetaan. Kokeile.

Tehtävien vastauksia

1.



Kuva 4

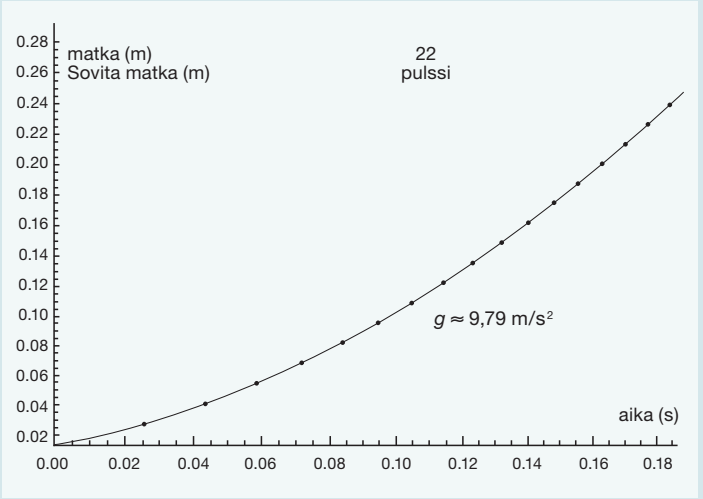
Kuvassa 4 on tyhjiövalokennon rakenne. Valo osuu sylinterimäisen katodin pintaan, joka on päällystetty herkällä elektroneja irrottavalla aineella cesiumilla (Cs). Ulkoisen virtapiirin avulla pieni virta johdetaan suuren vastuksen kautta. Vastuksessa tapahtuva pieni jännitehäviö vahvistetaan ja vahvistuneella jännitteellä ohjataan erilaisia laitteita.

1 a) Hämäräkytkin
Mittauspiirissä voidaan hyödyntää invertterin toimintaa. Kun valo tulee invertterin sisäänmenoon, ulostulossa ei ole jännitettä ja esim. indikaattoriksi kytketty ledi ei pala. Kun valonsäde katkeaa, invertterin sisäänmenossa ei ole jännitettä, mutta ulostulossa on jännite ja ledilamppu syttyy.

1 b) Pulssilaskuri
Coach-ohjelmassa on laskuri (Counter), joka laskee pulsseja 0 – 1000. Laskuri on muotoa generic. Vahvistunut jännite (useita voltteja) saa laskuripiirin aktiiviseksi ja laskuri on valmis laskemaan montako kertaa valonsäde (esim. pun. ledi) katkeaa.

Kuvassa 4 laskuri on kalibroitu pudotuslevyn avulla ja paraabelin sovituksen kautta on määritetty *g*:n arvo.

$g \approx 9{,}79\ \mathrm{m/s^2}$.



Kuva 5 (Laskuri on laskennut 22 pulssia)

2. Virta kasvaa.