

Kuva 1

*Demonstraatiossa tutustutaan, kuinka elektroni-
suihkua ohjataan 1) magneettikentällä
2) sähkökentällä.*

*Lisäksi tutustutaan miten oskilloskoopilla saadaan
näkyviin jaksollinen signaali. Tutustutaan myös
Lissajousin kuvioihin.*

Välineet

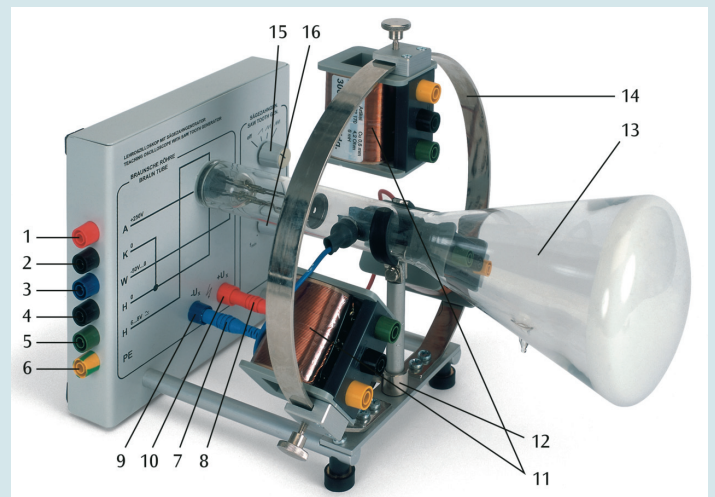
24031	Demonstraatio-oskilloskooppi
15171	Virtalähde 0-500 V, DC
33010	Funktiogeneraattori
15172	Virtalähde 0-12 V, 3 A, AC/DC

Lisäksi tarvitaan

Sähköjohtimia (setti 15 kpl 75 cm) ja tavallisia johtimia.

Putken tekniset tiedot

Anodijännite:	250 V DC
Anodivirta:	1 mA max
Hehkujännite:	6...8 V AC/DC
Wehnelt-jännite:	-50...0 V DC
Poikkeutuslevyjen koko:	12 x 20 mm
Poikkeutuslevyjen etäisyys:	14 mm
Poikkeutuskelat:	300 + 300 kierrosta
	$R_i = 4,2 \Omega$
	$L = 6 \text{ mH}$
Saha-aaltojännite:	$V_{pp} = 100 \text{ V}$
	$f = 3,5...650 \text{ Hz}$



Kuva 2

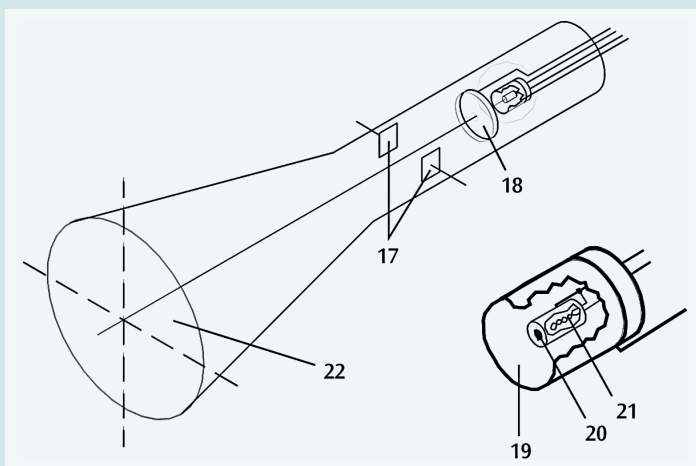
Kuvassa 2 on putki ja siihen tarvittavat lisälaitteet. Kuvassa näkyvät myös kolme kelaa, joilla synnytetään putkeen tarvittava jaksollinen jännite.

Sisäänmenot:

- 1 Anodijännite
- 2 Katodijännite
- 3 Wehnelt-jännite (fokusoiva)
- 4 Hehkujännite (0)
- 5 Hehkujännite (+)
- 6 Runkomaadoitus
- 7 Poikkeutuslevy (vasen)
- 8 Poikkeutuslevy (oikea)

Ulostulot

- 9 Saha-aaltogeneraattori (-)
- 10 Saha-aaltogeneraattori (+)
- 11 Poikkeutuskelat
- 12 Ympyrämagneetti
- 13 Katodisädeputki
- 14 Metallirengas
- 15 Saha-aaltogeneraattorin taajuussäätö (karkea)
- 16 Saha-aaltogeneraattorin taajuussäätö (hieno)

**Kuva 3**

Kuvassa 3 on katodisädeputken sisärakenne.

- 17 Poikkeutuslevyt
- 18 Anodi
- 19 Wehnelt-sylinteri
- 20 Katodi
- 21 Hehku
- 22 Fluoresoiva varjostin

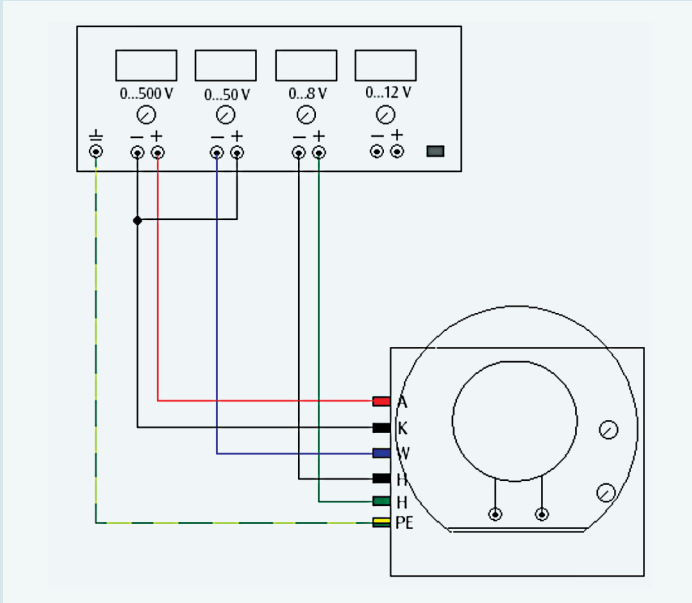
Laitteen yleistä kuvausta

Demonstraatio-oskilloskoopissa voidaan elektronisuihkua ohjata sähkö- ja magneettikentällä (vrt. TV tai käyttöoskilloskooppi). Laitteen perusosana on katodisädeputki, johon voidaan liittää tarvittavat jännitteet (4 mm liitin). Sitä ympäröi rengas, johon voidaan liittää poikkeutuskelat.

Katodisädeputki on tyhjiöputki, joka sisältää kuumennuskatodin ja levymäisen anodin, jossa on reikä keskellä. Katodilta emittoituneet elektronit kiihdytetään kohti anodia. Osa niistä menee reiän läpi ja iskeytyy fluoresoivalle varjostimelle, jossa suihkun jälki näkyy. Putkessa on neonia, paine 0,01 mm Hg ja suihkun rata tulee tällöin näkyväksi putken sisäosassa elektronien törmäyksessä kaasuatomien kanssa. Anodin takana on levypari, johon voidaan liittää saha-aaltogeneraattori, joka poikkeuttaa suihkua vaakasuunnassa. Valoisa piste liikkuu vakionopeudella fluoresoivan varjostimen vasemmasta reunasta oikeaan reunaan ja palaa taas nopeasti alkupisteeseen. Tämä prosessi toistuu jaksollisesti taajuudella, jota voidaan säätää. Kun suihku kulkee vasemmalta oikealle, sitä voidaan ohjata myös magneettikentällä. Se luodaan ulkopuolisten kelojen avulla. Jos tämä kenttä (jännite) muuttuu ajan suhteen, muutokset näkyvät varjostimella.

Asettelut

Tee kuvan 4 mukainen kytkentä. Kyseessä on sähköinen poikkeutus.

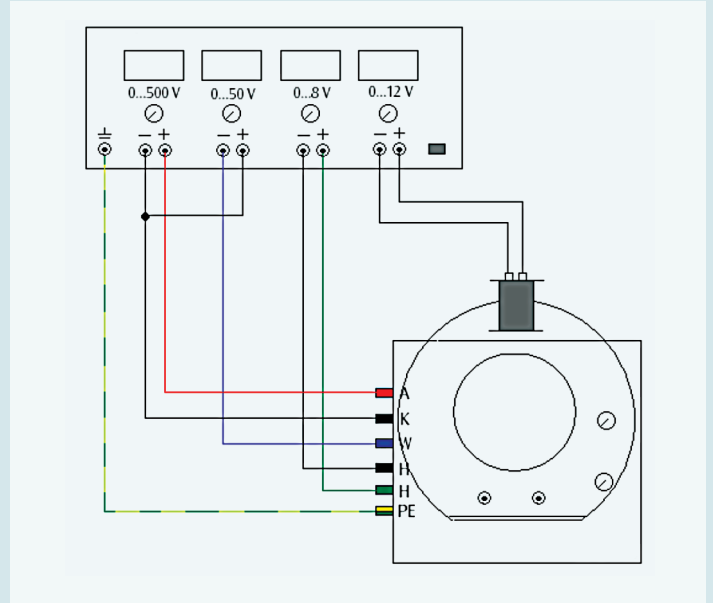


Kuva 4

Kytkeä tehdessä on pidettävä jännitteet nollassa. Kytkenän ollessa valmis, säädä hekkujännite sopivaksi (6–8 V) ja anodijännite +250 V. Muutaman kymmenen sekunnin kuluttua ilmestyy vihreä ”piste” varjostimelle. Säädä Wehnelt-jännitettä kunnes ”piste” on mahdollisimman terävä. Jos ”piste” ei osu varjostimen keskelle, säädä putken alaosassa olevan magneetin avulla se keskikohtaan (kts. kohta 12). Aseta saha-aaltogeneraattorin taajuus minimiin ja käännä jännite päälle. Säädä taajuutta ja totea ”pisteen” liikkuminen vasemmalta oikealle.

Huom! Wehnelt-sylinterin avulla pyritään suihku pitämään (”puristamaan”) koossa. Koska demonstraatio-oskilloskooppi on opetuslaite, siinä ei ole niin hyviä suihkun fokusointiominaisuuksia kuin oikeissa oskilloskoopeissa.

Tee kuvan 5 mukainen kytkentä. Kyseessä on magneettinen poikkeutus.

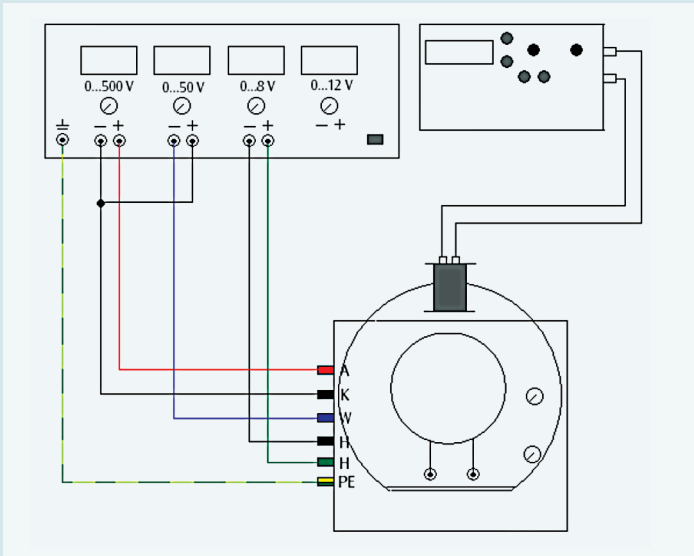


Kuva 5

Kytkeä tehdessä on pidettävä jännitteet nollassa. Liitä kela metallirenkaaseen. Säädä elektronisuihkua niin, että se osuu varjostimen keskikohtaan. Säädä kelan virtaa. Havaitse pisteen poikkeamasuunta. Muuta virran napaisuus ja havaitse pisteen poikkeamasuunta. Katso myös mitä vaikuttaa kelan kierrosmäärän muuttaminen pisteen poikkeamiseen.

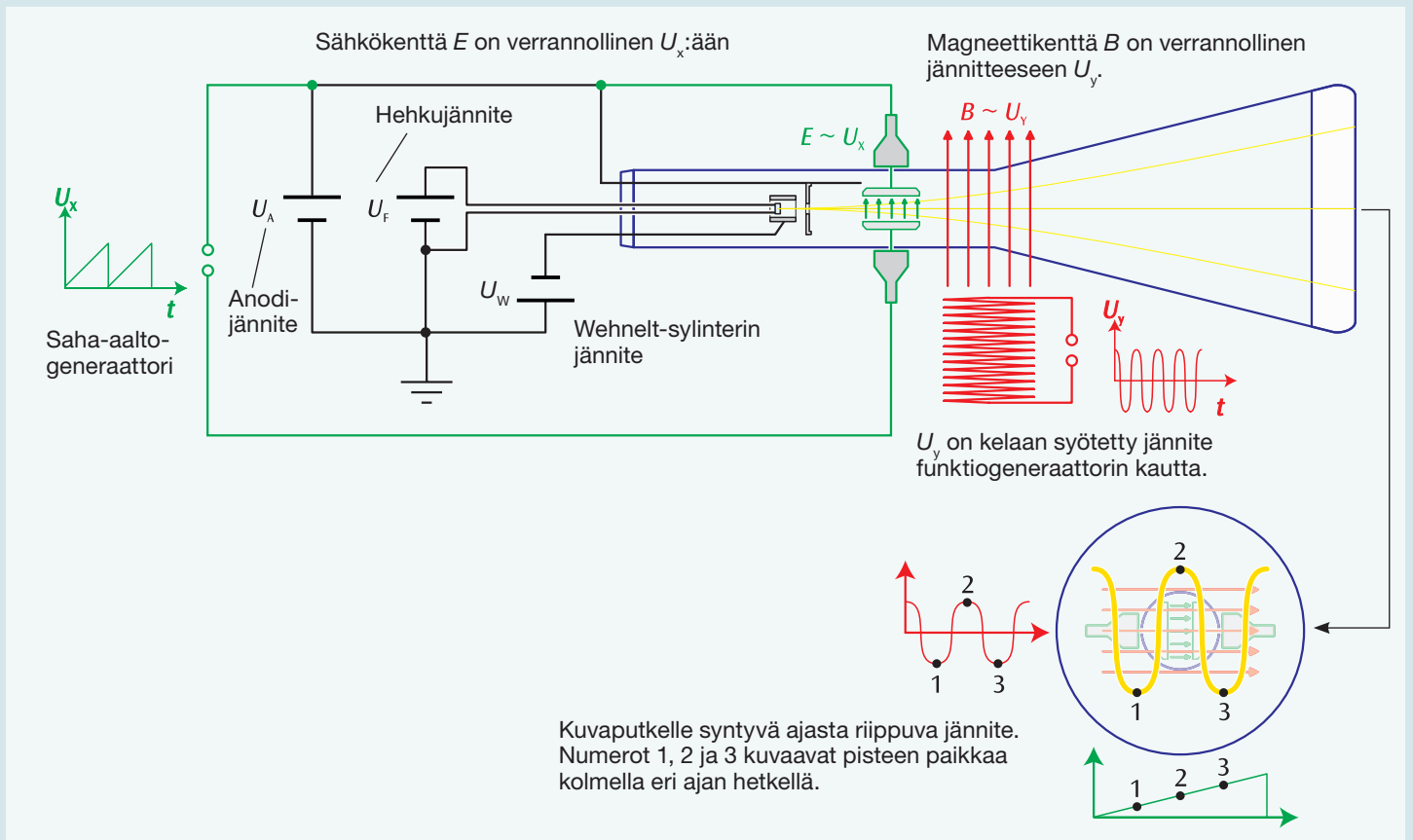
Tee kuvan 6 mukainen kytkentä. Muodostetaan AC-jännitteen aikariippuvuus. Katso myös kaaviokuva 7.

Tee kuvan 6 mukainen kytkentä. Muodostetaan AC-jännitteen aikariippuvuus. Katso myös kaaviokuva 7.

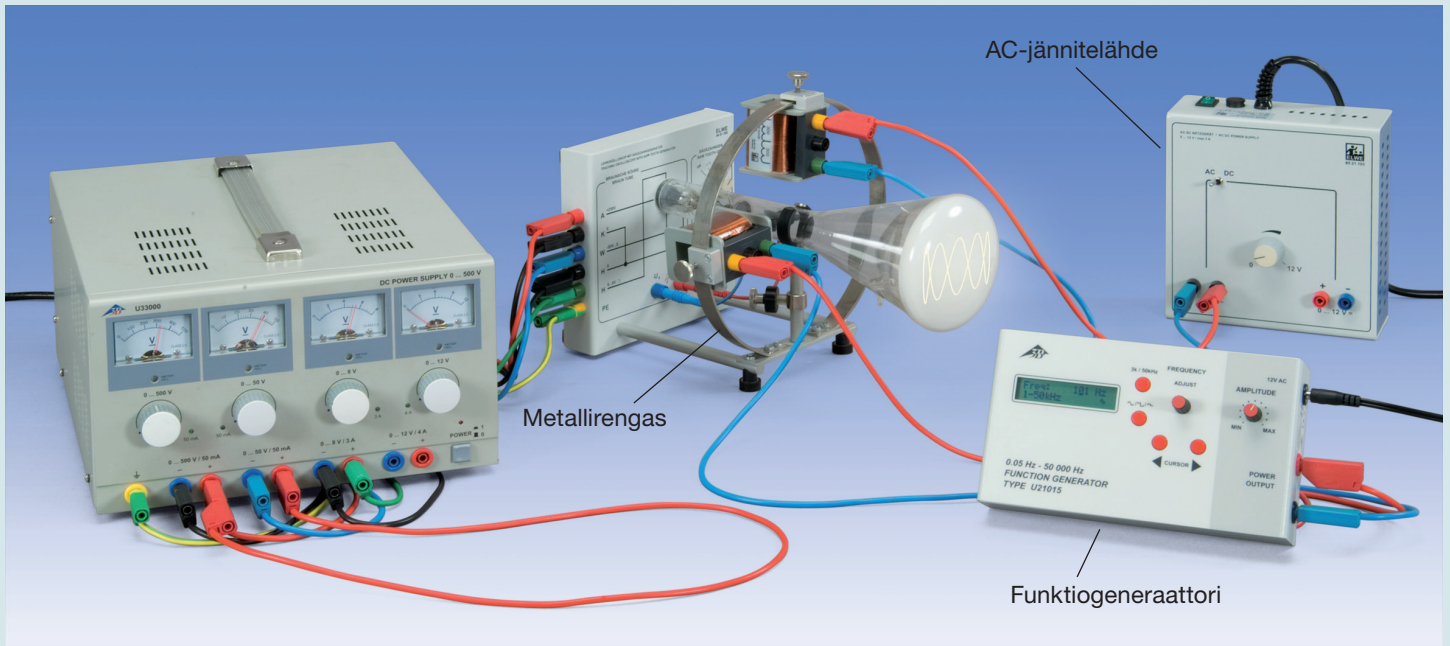


Kuva 6

Jännitteiden on oltava nolissa kytkentää tehdessä. On hyvä olla sellainen funktiogeneraattori, jonka amplitudia voi säätää. Valitse taajuus väliltä 30 Hz – 100 Hz. Kun piste liikkuu vasemmalta oikealle, ”pistettä” liikuttaa pystysuunnassa jännite, jonka taajuutta ja amplitudia voi säätää. Koeta etsiä sellainen taajuus, jolla saadaan seisova kuva (kuva ei vaeltele kumpaankaan suuntaan). Kyseinen kohta löytyy funktiogeneraattorin taajuutta säätämällä (kts. kuva 7).



Kuva 7



Kuva 8

Kytkentä on muuten samanlainen kuin kuva 6, paitsi on lisätty yksi AC-jännitelähde mukaan, josta otetaan toiseen kelaan virta. Toiseen kelaan otetaan virta funktiogeneraattorin kautta. Kelat ovat kohtisuorassa toisiaan vastaan. AC-jännitteen taajuus on 50 Hz. Säädä AC-jännite niin, että varjostimella oleva viiva on noin puolet varjostimen halkaisijasta. Ympyrämagneetilla (kohta 12) voidaan säätää viiva vaakasuoraan. Aseta kelat kuvan mukaisesti. Liitä funktiogeneraattorin liittimiin vihreä ja keltainen ja säädä generaattoriin taajuus 50 Hz.

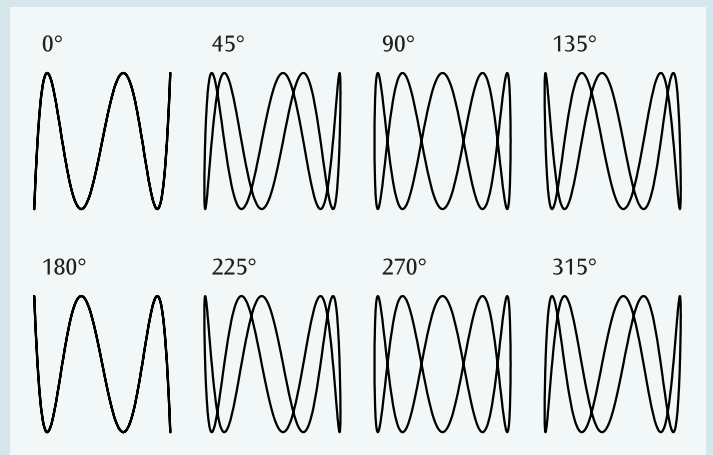
Fluoresoivalle varjostimelle pitäisi syntyä ellipsi, joka muuttuu muotoaan hitaammin tai nopeammin riippuen siitä miten taajuudet täsmäävät. Kaksi kertaa jakson aikana nähdään suora viiva. Ellipsi on yksinkertainen Lissajousin kuvio, jolloin taajuudet ovat samat. Kun kohtisuorien värähdysliikkeiden taajuudet ovat erilaiset, syntyy monimutkaisia kuvioita. Kuvioiden muotoihin vaikuttaa myös vaihe-ero.

Jos taajuuksien suhde on jokin kokonaislukujen suhde, kuva pysähtyy.

Jos $f_x : f_y = 2 : 1$, saadaan väärinpäin oleva kahdeksikko, jonka muoto riippuu vaihe-erosta.

Kokeile tapauksia

$f_x : f_y = 3 : 1$ ja $4 : 1$.

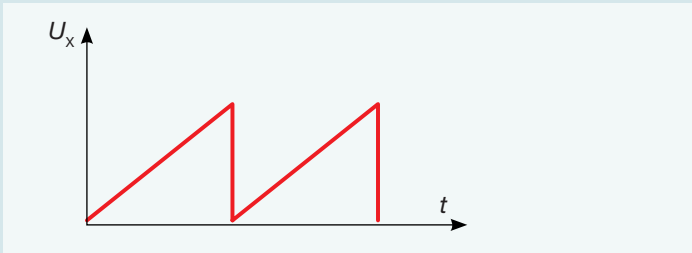


Kuva 9

Kuvassa 9 on Lissajousin kuviot taajuussuhteella 5:1 ja vaiheeroilla $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, \dots$

Tehtäviä

1. Suihkua ohjataan vaakasuorassa suunnassa saha-aalto-generaattorin avulla, jonka jännite muuttuu ajan suhteen kuvan 10 mukaisesti.



Kuva 10

Jännite nousee tasaisesti ja tipahtaa sitten nopeasti alas. Sama toistuu uudelleen. Etsi jokin ratkaisu miten kyseinen jännite voidaan teknisesti aikaansaada.

2. Miksi Wehnelt on sylinterimäinen?

Turvallisuusohjeita

Demonstraatio-oskilloskoopissa käytetään jännitteitä, joista jotkut ovat yli 60 V.

- Katkaise virrat aina, kun teet kytkentöjä.
- Käytä turvajohtimia

Putkessa on alipaine.

- Putki voi räjähtää (sisäänpäin)
- Älä koske putkea terävillä esineillä tai aiheuta putkelle mekaanisia jännityksiä.

Kouluissa demonstraatio-oskilloskoopista voi käyttää vain vastuuhenkilön valvonnassa.

Varoitus:

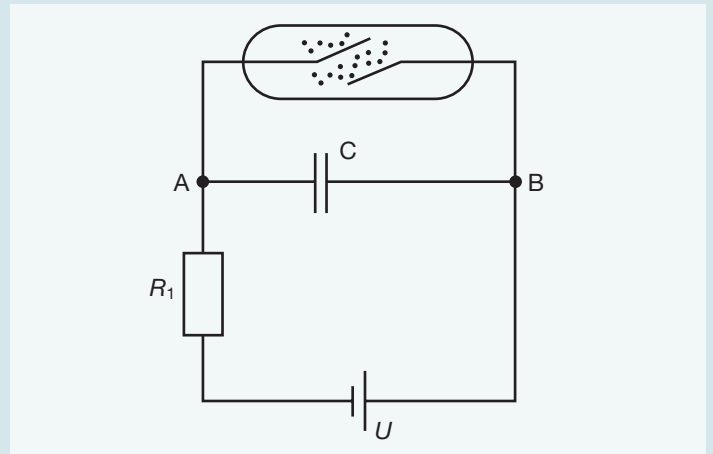
Älä koske saha-aaltogeneraattorin napoihin. **Hengenvaara.**

Tehtävien vastauksia

1. Seuraavilla välineillä ja kytkentäkaaviolla voidaan tehdä ns. kippijännitettä (yksinkertainen kytkentä).

Välineet

- 11061D Kytkeäalusta, pieni
- 13270 Vastus 1 M
- 13550 Kondensaattori 0,1 μF
- 25005 Hohtolamppu (glimm-lamppu)
- 12072 Hohtolampun pidin
- 24023 BNC/Banaaniadapteri 2 kpl
- 21014 Jännitelähde 5 kV, DC



Kuva 11

Pisteiden A ja B väliin kytketään oskilloskooppi. Tee oskilloskooppiin tarpeelliset asetukset. Kondensaattori varautuu vastauksen R_1 kautta. Kun kondensaattorin jännite saavuttaa lampun syttymis-jännitteen U_1 , kondensaattori purkautuu lampun kautta. Kun jännite kondensaattorin navoissa tipahtaa alle putken sammumisjännitteen, alkaa kondensaattori uudelleen latautua ja ilmiö toistuu. Saa daan jaksollinen ilmiö.

Kytkenän (Kuva 11) huonona puolena on se, että kondensaattoria varataan eksponentiaalisesti, jolloin nouseva osa ei ole suora. Koska aika-akselin on oltava lineaarinen, on saha-aallon nousevan osan oltava suora. Kondensaattoria ladataan vakiovirralla transistorin kautta. Tyristorin syttymis- ja sammumisjännitteellä ohjataan kondensaattorin purkautumista ja latautumista. Tulokseksi saadaan kuvan 10 mukaista jännitettä.

2. Koska elektronit ovat negatiivisia varauksia, niiden välillä vaikuttaa poistovoima ja suihku pyrkii hajoamaan. Koko suihku ympäröidään Wehnelt-sylinterillä (katodin ympärillä). Sen potentiaali on negatiivinen katodiin nähden ja tällöin se "puristaa" suihkua kasaan.