
Efnisyfirlit

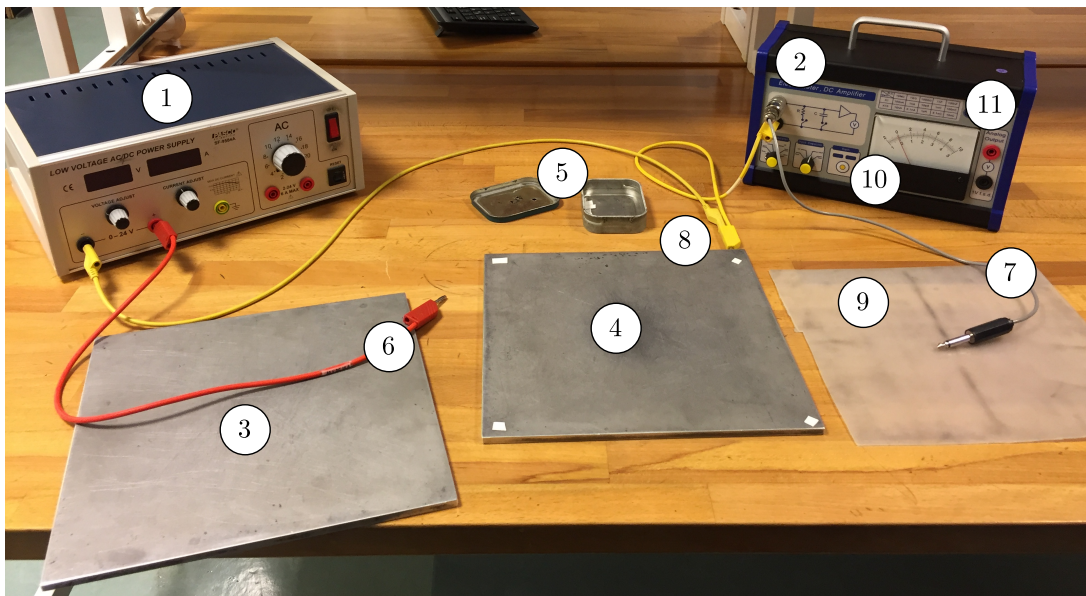
1	Plötupéttir	3
2	Viðnámsshitastuðull kopars	7
3	Straumur, spenna og viðnám	9
4	Íspenna rafhlöðu	13
5	Riðspenna, sveiflusjá og ljósviðnám	17
6	Afhleðsla þéttis	21
7	Segulsvið umhverfis beinan langan leiðara	23
8	Segulsvið í langspólu	25
9	Ljósbrof	29
10	Samliðun ljóss í raufagleri	33
11	Ákvörðun Plancksfasta	37
12	Geislavirkni	41

Plötupéttir

Tilgangur

Að athuga hvernig rýmd plötupéttis er háð vegalengdinni á milli platnanna og flatarmáli þeirra. Gildi á rafsvörunarstuðli tómarúms, ϵ_0 , og rafsvörunartölu plasts, ϵ_{plast} , eru ákvörðuð.

Tæki



1	Spennugjafi	5	Box með plastþynnum	9	Plastdúkur
2	Hleðslumælir	6	Vírendi til að hlaða þétti	10	Gulur stillingartakki
3	Efri plata plötupéttis	7	Vírendi til að afhlaða þétti	11	Kvörðunartafla
4	Neðri plata plötupéttis	8	Vírendi til að tengja rásina		

Fræði

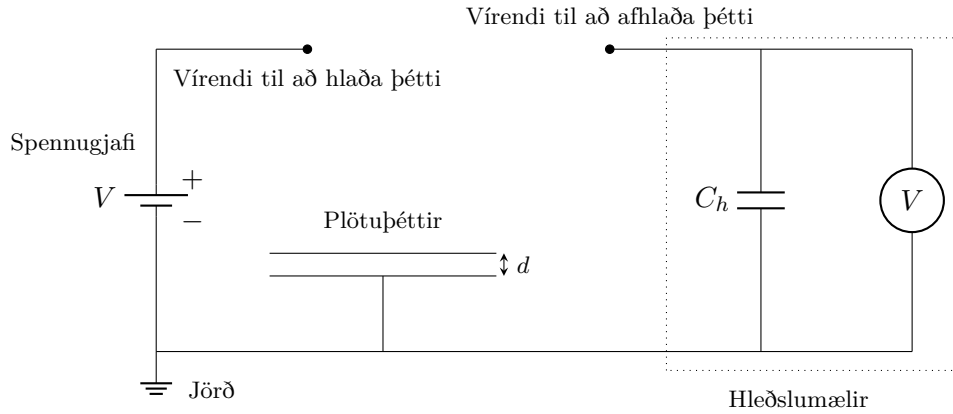
Plötupéttir samanstendur af tveimur plötum með flatarmál A sem eru í fjarlægð d frá hvor annarri þar sem önnur platan hefur jákvæða hleðslu $+Q$ en hin platan hefur neikvæða hleðslu $-Q$. Rýmd þéttisins, C , er skilgreind þannig að spennunmunurinn milli platna plötupéttisins nýtur jöfnunnar:

$$V = \frac{Q}{C} \implies Q = CV. \quad (1)$$

En með því að beita lögmáli Gauss er hægt að sýna að rýmd plötupéttis er einungis háð rafsvörunarstuðli tómarúms, ϵ_0 , rafsvörunartölu efnisins milli plötupéttanna, ϵ_r , flatarmáli platnanna, A og bilinu á milli þeirra, d , samkvæmt:

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d}. \quad (2)$$

Í þessari tilraun þá munum við tengja eftirfarandi rafrás:



Þegar að við snertum efra borð plötupéttisins með vírendanum úr spennugjafanum þá fær efri plata plötupéttisins jákvæða hleðslu $+Q$ en neðri platan neikvæða hleðslu $-Q$. Sú hleðsla er jöfn $Q = CV$ þar sem C er rýmd plötupéttisins og V er spennan sem spennugjafinn gefur. Hinsvegar, þegar við snertum plötupéttinn með vírendanum úr hleðslumælinum þá höfum við hliðtengt þéttana. En þá dreifist heildarhleðslan Q yfir á báða þéttana, þannig að $Q = Q_1 + Q_2$ þar sem Q_1 er hleðslan á plötupéttinum okkar og Q_2 er hleðslan á þéttinum í hleðslumælinum. Við höfum síðan samkvæmt lykkjulögmáli Kirchoffs að:

$$\frac{Q_1}{C} - \frac{Q_2}{C_h} = 0 \implies Q_1 = \frac{C}{C_h} Q_2. \quad (3)$$

En spennumælirinn í hleðslumælinum gefur okkur gildið á spennufallinu $V_h = \frac{Q_2}{C_h}$ og þar með gefur hleðslumælirinn okkur gildið á hleðslunni á þéttinum í hleðslumælinum, Q_2 . Við athugum loks að:

$$Q = Q_1 + Q_2 = \left(\frac{C}{C_h} + 1 \right) Q_2 \stackrel{C \ll C_h}{\approx} Q_2. \quad (4)$$

En þar með er gildið sem að hleðslumælirinn sýnir um það bil það sama og upprunalega gildið á hleðslunni á plötupéttinum eftir að við hlóðum hann með spennugjafanum.

Framkvæmd og úrvinnsla

Liður 1

Mælið þykkt plastþynnanna, b , þykkina á plastdúknum, D , og flatarmál platnanna, A , með óvissu.

Liður 2

Setjið eina plastþynnu í hvert horn neðri plötunnar og leggið efri plötuna ofan á. Þá er plötubilið $d = b$. Kveikið á spennugjafanum og hleðslumælinum. Byrjið á því að stilla spennugjafann á um það bil 2 V. Ýtið á gula stillingartakkann *Gain* - $\times 10$ á hleðslumælinum. Sjáið til þess að á hleðslumælinum sé *Input Resistor* stillt á *Open* og *Input Capacitor* stillt á 100 nF. Til að byrja með ættuð þið að afhlaða þéttinn með því að láta vírendan úr hleðslumælinum (7) snerta neðri plötuna. Þá ætti nálin á hleðslumælinum að vera á núlli. Takið síðan vírendan úr spennugjafanum (6) og snertið efri plötuna. Takið síðan vírendan úr hleðslumælinum (7) og snertið efri plötuna. Þá ætti nálin á hleðslumælinum að sýna hver hleðslan, Q , á plötubéttinum var. Gerið um það bil átta mælingar á hleðslunni, Q , fyrir breytileg gildi á spennunni, V , með því að endurtaka ferlið. Setjið niðurstöðurnar upp í töflu og skráið hjá ykkur óvissur mæligildanna V og Q .

V [V]	Q [nC]

Liður 3

Setjið nú plastdúkinn inn á milli platnanna í staðinn fyrir plastþynnurnar í hornunum. Þá er plötubilið $d = D$. Framkvæmið eins mælingar og í liðnum á undan og gerið töflu með um það bil átta gildum á V og Q ásamt óvissum þeirra.

V [V]	Q [nC]

Liður 4

Nú breytum við framkvæmdinni örlítið til þess að athuga hvernig að rýmd þéttisins breytist þegar við aukum plötubilið. Í samræmi við jöfnu (2) þá ætti graf af C sem fall af $\frac{1}{d}$ að gefa beina línu. Takið plastdúkinn í burtu. Stillið spennumælin á 12 V spennu (og haldið því þannig í þessum lið) og búið til plastþynnustafla í hornum neðri plötunnar af hæð n . Þá er plötubilið $d = nb$. Gerið fimm mælingar (það er ekki til nógu mikið af plastþynnum til þess að gera fleiri mælingar) og skráið hjá ykkur mæliniðurstöðurnar í töfluna hér fyrir neðan ásamt óvissum stærðanna sem koma fyrir.

n []	$d = nb$ [mm]	$\frac{1}{d}$ [$\frac{1}{m}$]	V [V]	Q [nC]	$C = \frac{Q}{V}$ [nF]

Liður 5

Gerið þrjú gröf:

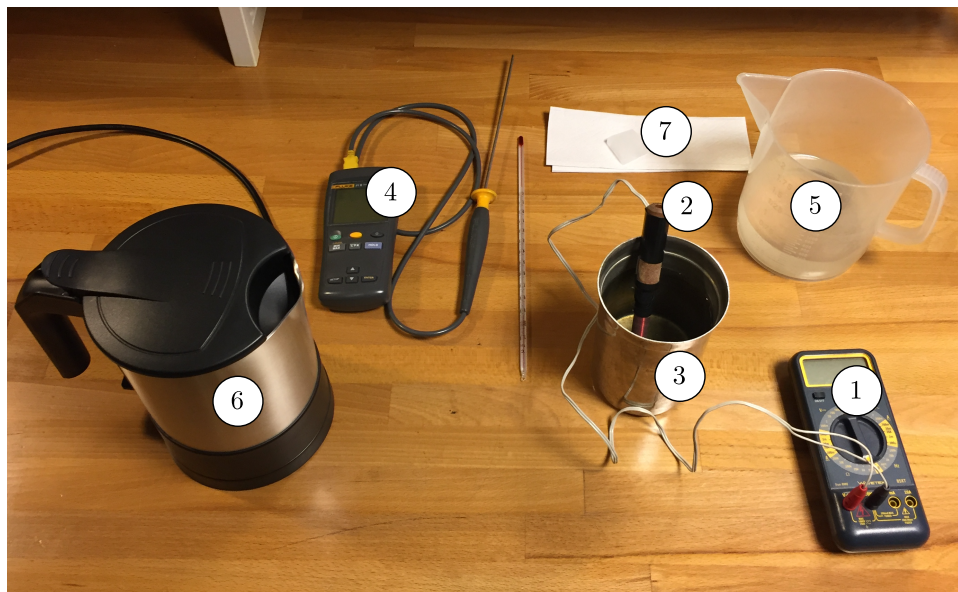
- Fyrsta grafið er af Q sem fall af V með mæligögnunum í lið 2 í samræmi við jöfnu (1). Notið hallatölu grafsins, h_1 , ásamt jöfnu (2) og ákvarðið rafsvörunarstuðul tómarúms, ϵ_0 .
- Annað grafið er af Q sem fall af V með mæligögnunum í lið 3 í samræmi við jöfnu (1). Notið hallatölu grafsins, h_2 , og jöfnu (2) til að ákvarða rafsvörunartölu plasticsdúksins, ϵ_{plast} .
- Þriðja grafið er af C sem fall af $\frac{1}{d}$ með mæligögnunum í lið 4 í samræmi við jöfnu (2). Notið hallatölu grafsins, h_3 , til þess að ákvarða aftur rafsvörunarstuðul tómarúms, ϵ_0 .

Viðnámshitastuðull kopars

Tilgangur

Ákvarða viðnámshitastuðul kopars út frá varmamælingum á viðnámi koparvírsins.

Tæki



1	Fjölmælir (viðnámsmælir)	4	Hitamælir	7	Ísmoli og pappír
2	Koparvír vafinn um kefli	5	Vatnskanna		
3	Vatnsílát	6	Hraðsuðuketill		

Fræði

Viðnám víra er mismunandi eftir því úr hvaða efni þeir eru gerðir. Til dæmis leiðir silfurvír betur rafmagn heldur en eins vír úr stáli. Þetta er eiginleiki sem að við köllum eðlisviðnám og táknum með ρ . En viðnám vírsins er einnig háð lengd hans, ℓ , og þverskurðarflatarmáli hans, A . Því lengri sem að vírinn er því meira viðnám hefur hann. Hinsvegar, því gildari sem að vírinn er því auðveldara er fyrir rafeindirnar að streyma í efninu. Þetta þýðir að viðnám vírsins er gefið með:

$$R = \rho \frac{\ell}{A}. \quad (1)$$

Þar sem að ρ er eðlisviðnámið, ℓ er lengd vírsins og A er þverskurðarflatarmál hans.

En hitastig vírsins getur haft áhrif á leiðni rafeinda í málminum og þar með á viðnámið í vírnum. Almennt minnkar viðnámið eftir því sem að hitastig málmarins minnkar. Það er því orkusparandi að halda rafeindabúnaði við eins lágt hitastig og völ er á. Þetta er afar hagnýtt og það er stór iðnaður í kringum svokallaða ofurleiðara (e. *superconductors*). Við segjum þá að viðnámið sé einnig háð hitastigi vírsins, þ.e. $R(T)$. Það kemur í ljós að viðnámið vex línulega sem fall hitastigi vírsins. Við höfum að:

$$R(T) = R_0 (1 + \alpha(T - T_0)) = R_0(1 - \alpha T_0) + \alpha R_0 T. \quad (2)$$

Þar sem að α er fasti sem nefnist *hitastuðull*. Þekkt er að gildi á $\alpha_{\text{Kopar}} = 4,04 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{K}}$. Hitastigið, $T_0 = 20^\circ\text{C}$ er oftast valið við stofuhita (þetta þýðir reyndar að hitastuðullinn er líka háður hitastiginu T_0 og við ættum tæknilega séð að skrifa $\alpha_{\text{Kopar}}(T_0)$). Gildið á viðmiðunarviðnáminu er skilgreint þannig að $R_0 = R(T_0)$, þ.e. viðnámið við stofuhita. Ef við látum $A = R_0 (1 - \alpha T_0)$ tákna skurðpunkt línunnar og $B = \alpha R_0$ tákna hallatölu línunnar þá höfum við að:

$$A = R_0 (1 - \alpha T_0) = R_0 - \alpha R_0 T_0 = R_0 - B T_0 \implies R_0 = A + B T_0.$$

En þá höfum við að:

$$\alpha = \frac{B}{R_0} = \frac{B}{A + B T_0}.$$

Verklýsing

- (i) Tengid koparviðnámið við fjölmælinn. Stillid fjölmælinn þannig að hann geti gert viðnámsmælingar (Ω 20k) og setjid viðnámið á kaf í vatnsbað.
- (ii) Látið vatnið byrja rétt fyrir neðan suðu (sirka 90°C). Passid að vatnið nái fyrir ofan allan koparvírinn. Notið síðan vatn og klaka til þess að lækka hitastigið niður í 0°C . Takið viðnámsmælingar á leiðnni við lækkanði hitastig (a.m.k. 16 mælingar) og fyllid út í töflu:

R	T

- (iii) Gerid graf í samræmi við jöfnu (2) og ákvarðið viðnámshitastuðul kopars og viðnám koparviðnámsins við stofuhita.

Straumur, spenna og viðnám

Tilgangur

Að kynna einföldum rásum sem innihalda spennugjafa og viðnám; læra hvernig er hægt að nota fjölmæla sem straummæla eða spennumæla; staðfesta lögmál Ohms; skoða raðtengingar og hliðtengingar viðnáma í rafrásum.

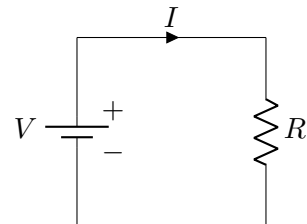
Tæki

Þrír mótstöðuvírar, lítil pera í perustæði, spennugjafi og fjölmælir.

Fræði

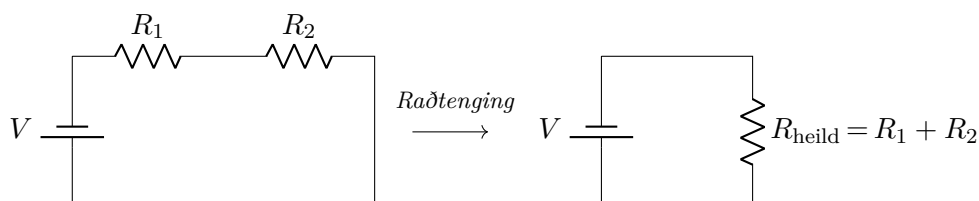
Í einfaldri rafrás sem samanstendur af spennugjafa, V , og heildarviðnámi, R og er knúin áfram með rafstraum, I , þá gildir lögmál Ohms:

$$V = IR \quad (1)$$



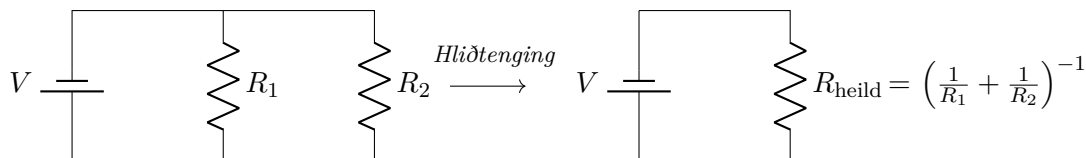
En við getum verið með fleira en eitt viðnám í rásinni. Við segjum að tvö viðnám séu *raðtengd* ef að enginn skiptipunktur kemur fyrir á milli þeirra. Við getum þá einfaldað rásina og litið á sem svo að heildarviðnámið vegna þessara tveggja raðtengdu viðnáma sé gefið með:

$$R_{\text{heild}} = R_1 + R_2 \quad (2)$$



Við getum líka tengt viðnáminn þannig að þau aðgreinist á einum skiptipunkti og sameinist síðan aftur í öðrum. Við segjum þá að viðnáminn séu *hliðtengd* og höfum þá að:

$$R_{\text{heild}} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)^{-1} \quad (3)$$

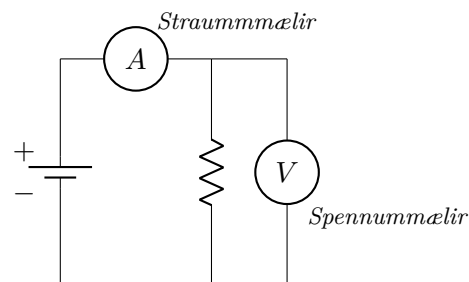


Framkvæmd og úrvinnsla

Liður 1: Lögmál Ohms

Til að byrja með eigði þið að ákvarða viðnám allra þriggja viðnámsvíranna með fjölmæli. Veljið síðan einn af viðnámsvírurum þremur og tengið rásina eins og sést á myndinni hér til hægri. Í rásinni er straummælirinn táknadur með (A) og spennumælirinn með (V). Gerið 7 – 8 mælingar fyrir straumgildi á bilinu 0 A til 1 A og setjið í töflu:

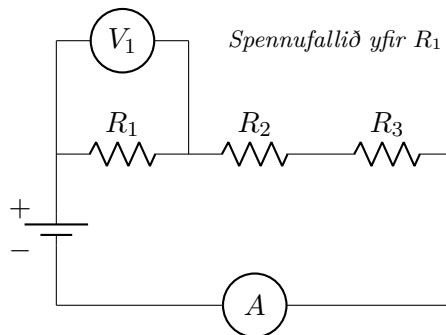
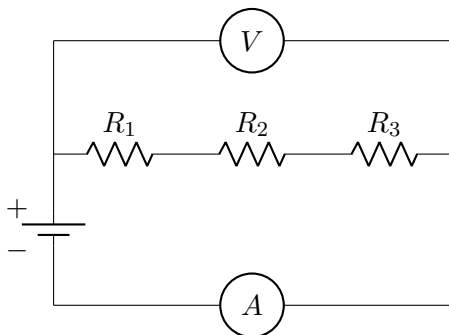
V [V]	I [A]



Gerið graf af mælingum ykkar í samræmi við jöfnu (1).

Liður 2: Raðtenging viðnáma

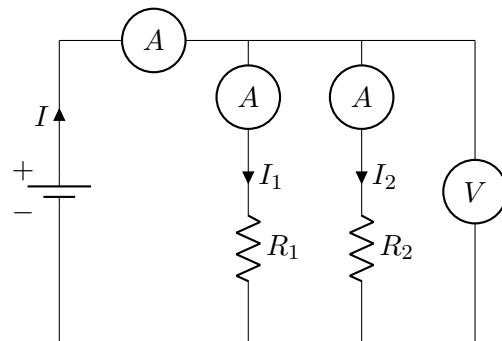
Raðtengið viðnámsvírana þrjá eins og sést á myndinni hér fyrir neðan til vinstri. Veljið eitthvað hæfilegt gildi á rafstraumnum í rásinni á bilinu 0 A til 1 A og skráið niður gildi rafstraumsins, I , með óvissu. Mælið spennufallið, V yfir hliðtengdu viðnámin, með óvissu. Mælið síðan spennufallið yfir hvert viðnám (á myndinni hér fyrir neðan til hægri sést hvernig hægt er að mæla spennufallið, V_1 yfir viðnámið R_1). Skráið hjá ykkur gildi spennufallanna yfir viðnámin, V_1 , V_2 og V_3 , með óvissu.



Sýnið að innan óvissumarka gildi að: $V = V_1 + V_2 + V_3$. Notið síðan lögmál Ohms, $V = IR$, til þess að sýna að innan óvissumarka gildi að: $R_{\text{heild}} = R_1 + R_2$, í samræmi við jöfnu (2).

Liður 3: Hliðtenging viðnáma

Hliðtengið tvo af viðnámsvírurum eins og sést á rásarmyndinni hér til hægri. Veljið eitthvað nýtt hæfilegt gildi á rafstraumnum í rásinni á bilinu 0 A til 1 A og skráið niður gildi rafstraumsins, I , með óvissu. Notið straummæli til þess að skoða hver rafstraumurinn, I_1 , er sem fer í gegnum viðnámið R_1 og hver rafstraumurinn, I_2 , er sem fer í gegnum viðnámið R_2 . Skráið hjá ykkur gildin á rafstraumunum I_1 og I_2 með óvissu. Sýnið að innan óvissumarka gildi að: $I = I_1 + I_2$. Notið síðan lögmál Ohms, $V = IR$, til þess að sýna að innan óvissumarka gildi að: $R_{\text{heild}} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)^{-1}$ í samræmi við jöfnu (3).

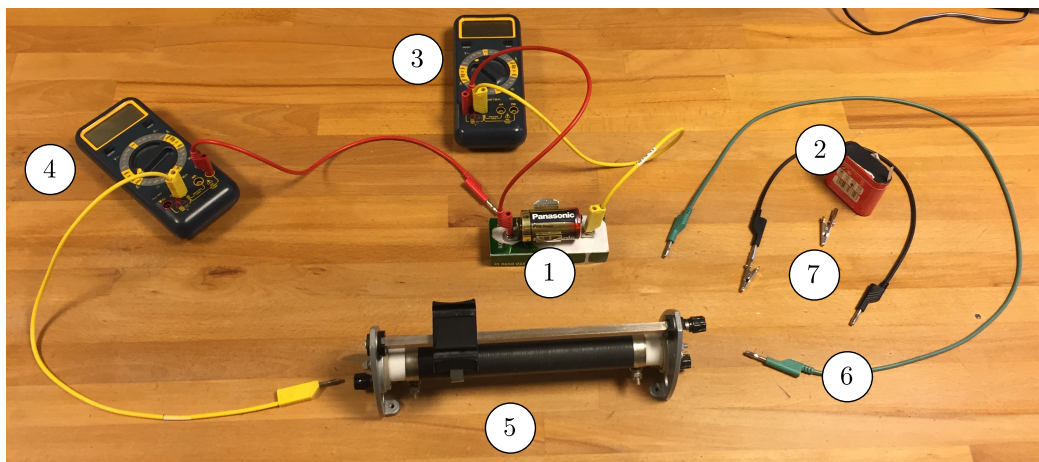


Íspenna rafhlöðu

Tilgangur

Mæla íspennu og innra viðnám rafhlöðu út frá pólspennu.

Tæki



1	Rafhlaða (1,5 V)	4	Fjölmaelir (straummælir)	7	Krókódílaklemma
2	Rafhlaða (4,5 V)	5	Stillanlegt rennivíðnám (0 – 100 Ω)		
3	Fjölmaelir (spennumælir)	6	Tengisnúra		

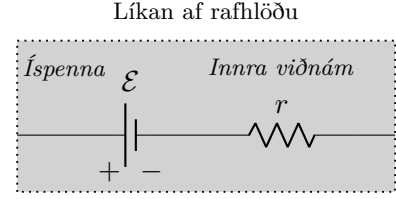
Fræði

Einfalt líkan af rafhlöðu lýsir því þannig að það samanstandi af föstum spennugjafa með svokallaðri *íspennu*, $\mathcal{E}$, ásamt raðtengdu innra viðnámi, r . Í þessari tilraun ætlum við að sannreyna þetta líkan. Til þess þá tengjum við viðnámið inn í rafrás með ytra viðnámi R . Þá streymir í rásinni rafstraumur, I , og við fáum því samkvæmt lykkjulögmáli Kirchoffs að:

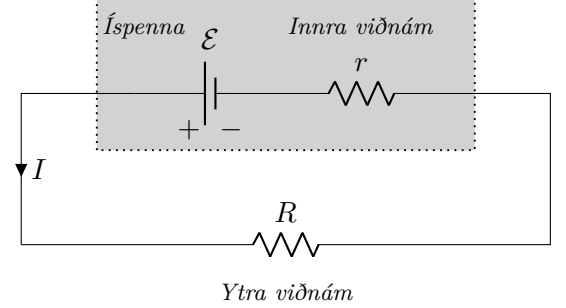
$$\mathcal{E} - IR - Ir = 0. \quad (1)$$

En þegar við setjum inn spennumæli í rafrásina til þess að mæla spennufallið yfir rafhlöðuna þá fáum við bæði framlag frá íspennunni, $\mathcal{E}$, ásamt spennufallinu yfir innra viðnámið, Ir . Spennufallið yfir póla rafhlöðunnar (sem er það sem við mælum) kallast *pólspenna*, V_P , og jafngildir því:

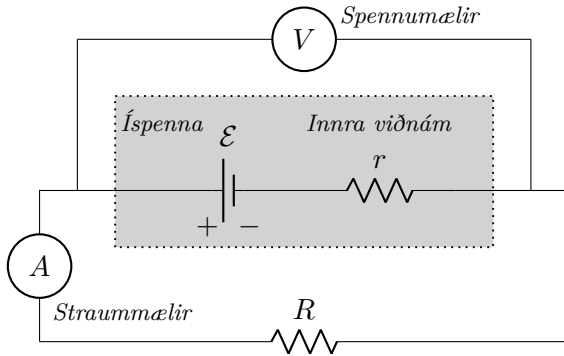
$$V_P = \mathcal{E} - Ir. \quad (2)$$



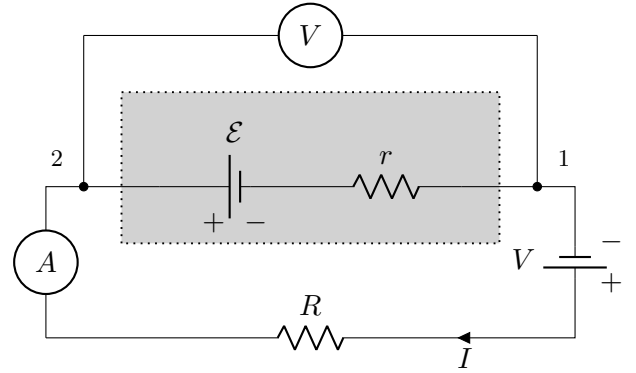
Mynd 1: Rafhlaða.



Mynd 2: Rafhlöðurafrás.



Mynd 3: Rás með straum- og spennumæli.



Mynd 4: Rás með tveim rafhlöðum.

Ef við bætum rafhlöðu með spennu $V > \mathcal{E}$ inn í rásina sem snýr þannig að mínusskaut rafhlöðunnar er tengt mínusskauti hinnar rafhlöðunnar þá mun straumurinn í rásinni snúa við. Til þess að sjá að svo sé þá höfum við aftur samkvæmt lykkjulögmáli Kirchoffs að:

$$\mathcal{E} - Ir - IR - V = 0 \quad (3)$$

En þar með sjáum við að straumurinn í rásinni verður:

$$I = \frac{\mathcal{E} - V}{R + r} < 0. \quad (4)$$

En þá verður pólspegnan:

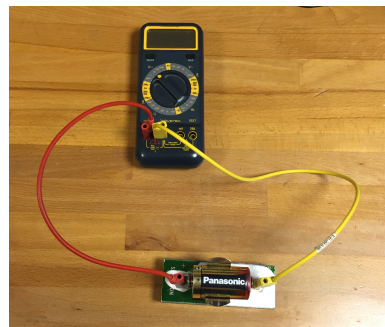
$$V_P = \mathcal{E} - Ir > \mathcal{E} \quad (5)$$

Þar sem að I hefur núna neikvætt formerki.

Framkvæmd og úrvinnsla

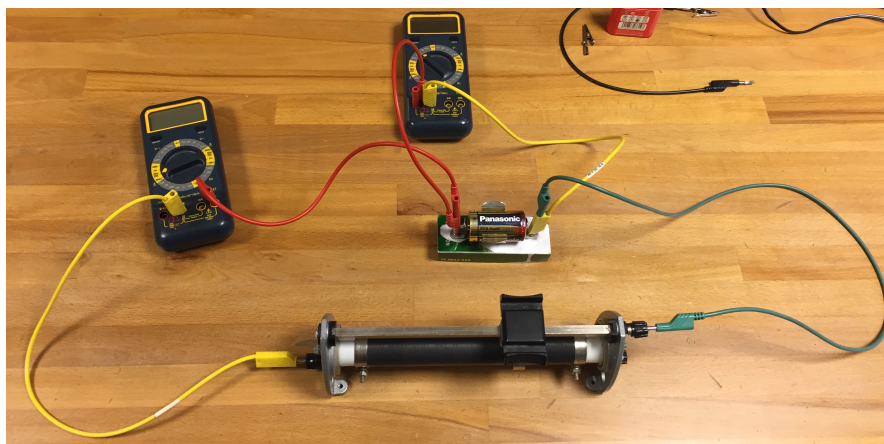
Liður 1

Til að byrja með skulum við ákvarða íspennu rafhlöðunnar. Það er gert með því að tengja rafhlöðuna við spennumæli eins og sést á myndinni hér til hægri. Þá streymir enginn straumur í gegnum innra viðnámið svo að pólspegnan sem við mælum milli skauta rafhlöðunnar er jöfn íspennu hennar. Best er að stilla fjölmælinn á $V = 20$. Skráið hjá ykkur íspennu rafhlöðunnar, $\mathcal{E}$, ásamt óvissu.

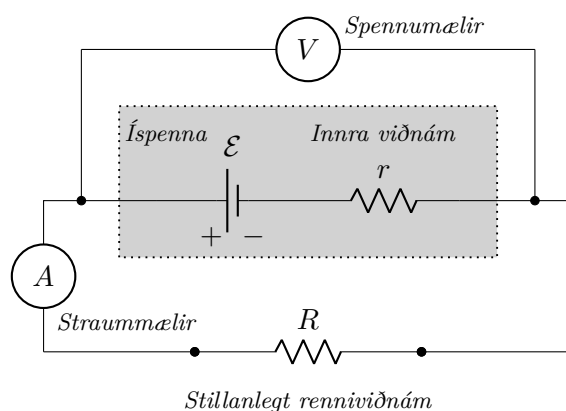


Liður 2

Nú skulum við tengja rásina sem við ætlum að nota til þess að ákvarða innra viðnám rafhlöðunnar. Þá tengjum við rásina eins og á myndinni hér fyrir neðan:



Tilheyrandi rafrásamynd fyrir þessa uppstillingu væri eftirfarandi:



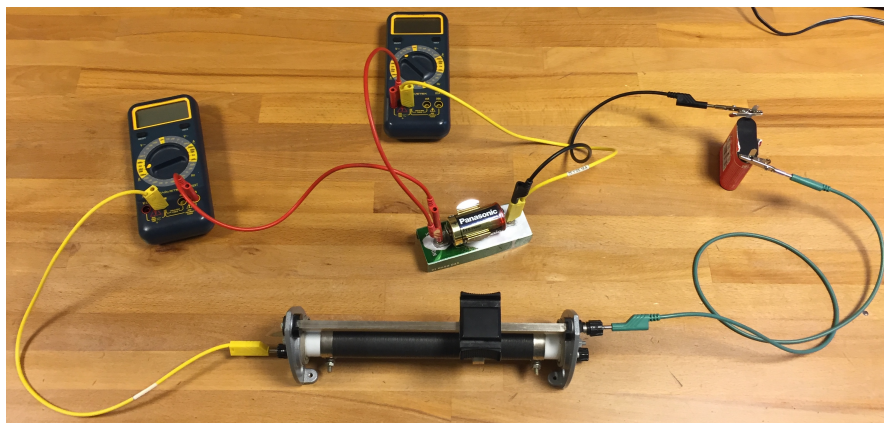
Best er að halda spennumælinum á $V = 20$ stillingunni en að setja straummælin á $A = \frac{20\text{m}}{20\text{A}}$.

Gerið töflu þar sem að þið skráið hjá ykkur straumgildin, I , sem að straummælirinn sýnir og tilheyrandi gildi pólspegnunnar, V_P , sem að spennumælirinn sýnir. Til að breyta straumnum (og þar með pólspegnunni) þá getiði breytt stillingunni á stíllanlega ytra rennivíðnáminu. Gerið að minnsta kosti sjö mælingar.

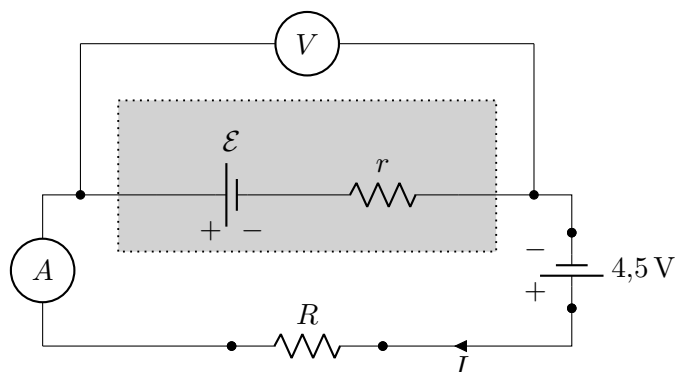
V_P [V]	I [mA]

Liður 3

Nú bætum við annarri rafhlöðu inn í rásina til þess að knýja strauminn í hina áttina. Þá verður straumurinn sem við mælum neikvæður (í öfuga stefnu miðað við strauminn í lið 2). Þetta mun hafa þau áhrif að pólsþennan sem við mælum verður hærri heldur en íspenna rafhlöðunnar. Við tengjum þá rafrásina eins og á myndinni hér fyrir neðan:



Tilheyrandi rafrásarmynd væri þá:



Við höldum núna áfram að fylla út í sömu töflu og í lið 2, nema núna með neikvæðum straumgildum. Skráið hjá ykkur straumgildin, I , sem að straummælirinn sýnir og tilheyrandi gildi pólsþennunnar, V_P , sem að spennumælirinn sýnir. Breytið straumnum (og þar með pólsþennunni) með stillanlega ytra rennivíðnáminu. Gerið að minnsta kosti sjö mælingar.

V_P [V]	I [mA]

Liður 4

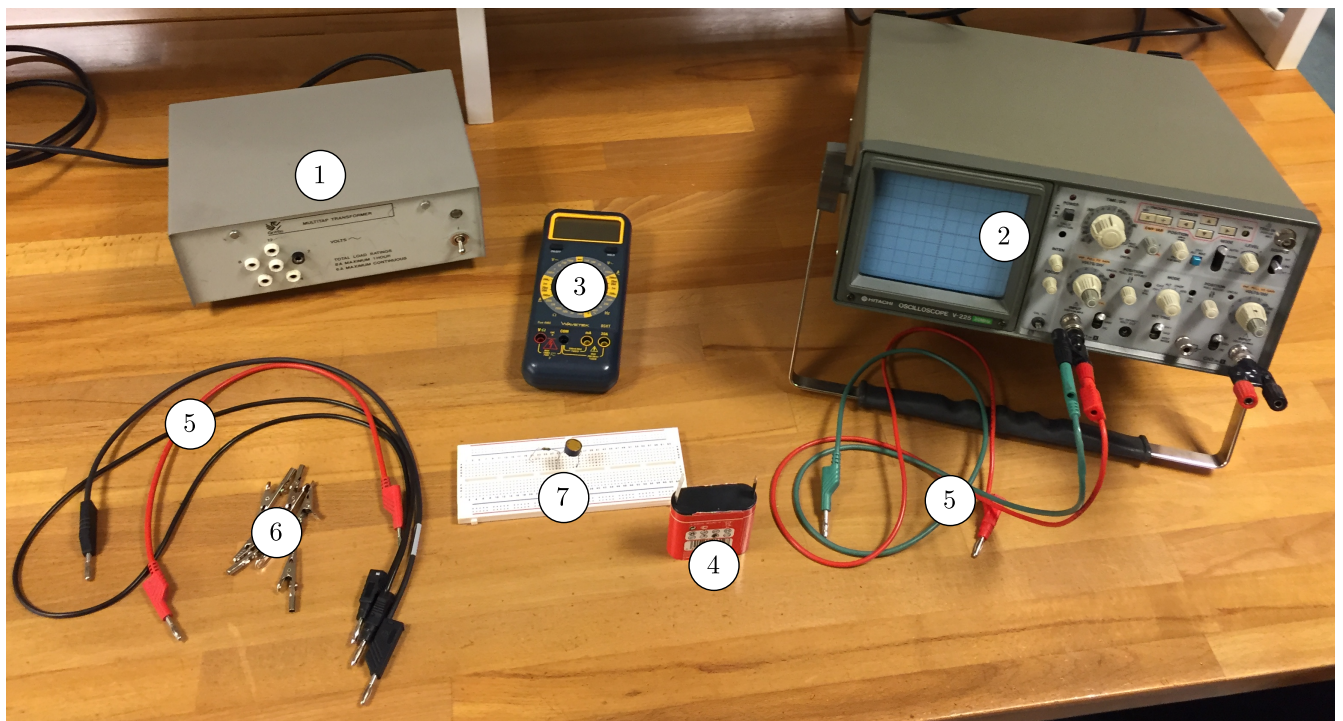
Gerið eitt sameiginlegt graf af V_P sem fall af I með mæliniðurstöðunum úr liðum 2 og 3. Niðurstaðan ætti að vera í samræmi við líkanið í jöfnu (2). Notið hallatölu og skurðpunkt grafsins til þess að ákvarða (aftur) íspennu rafhlöðunnar, $\mathcal{E}$, og innra víðnámið, r , í rafhlöðunni. Skilið niðurstöðunum með tilheyrandi fjölda marktækra stafa ásamt mati á óvissu.

Riðspenna, sveiflusjá og ljósviðnám

Tilgangur

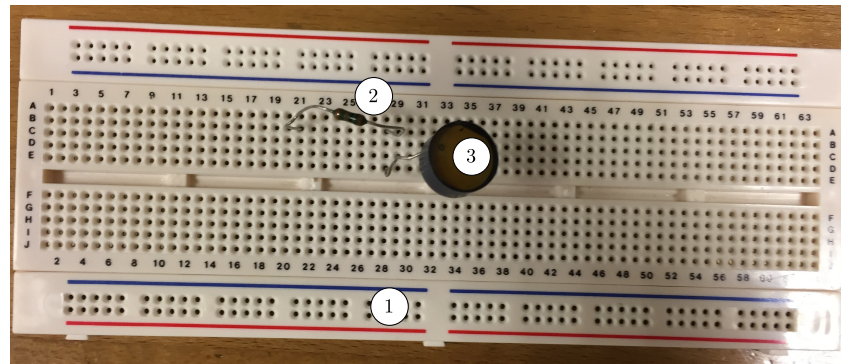
Að kynnast sveiflusjá, riðspennugjöfum og ljósviðnámum.

Tæki



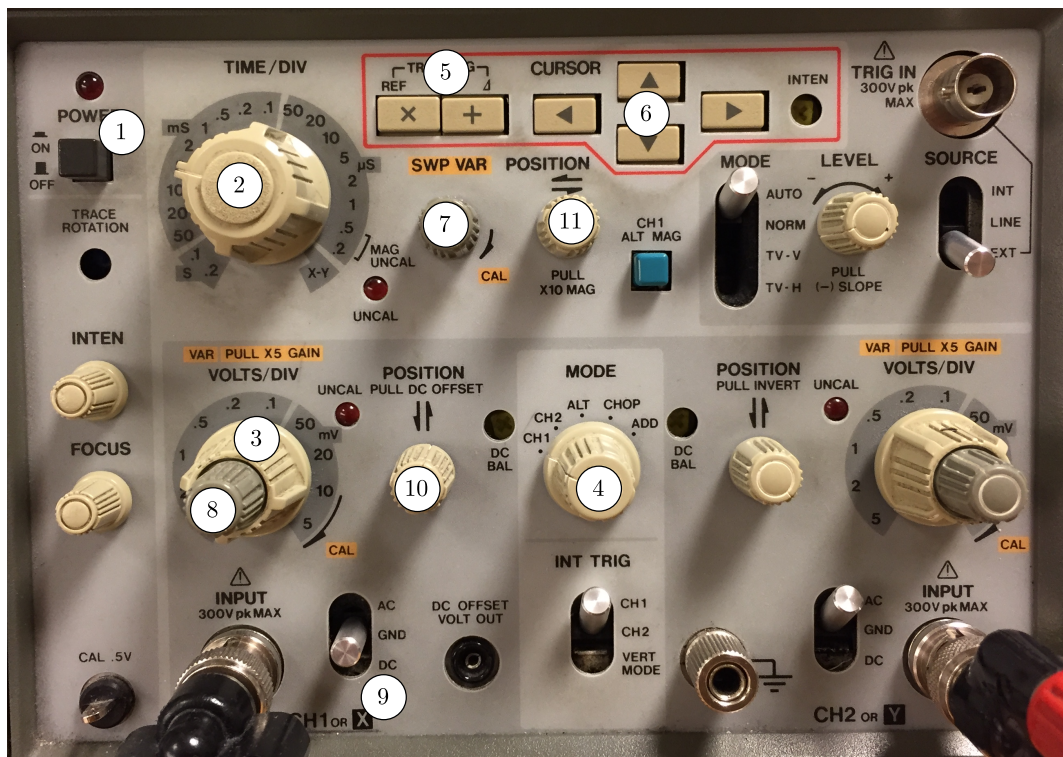
1	Riðspennugjafi (2-12 V)	4	Rafhlaða (4,5 V)	7	Tengibretti
2	Sveiflusjá	5	Tengisnúrur		
3	Fjölmaelir (spennumaelir)	6	Krókóðílaklemmur		

Á tengibrettinu höfum við síðan:



1	Tengibretti	2	Viðnám	3	Ljósviðnám
---	-------------	---	--------	---	------------

Sveiflusjáinn er síðan með mörgum tökkum svo það er líka fínt að hafa nærmynd af henni:

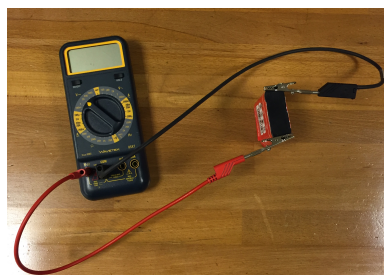


1	Kveikja/slökkva	2	Tímakvarði (x -ás)	3	Spennukvarði (y -ás)
4	Stillingarskrúfa	5	Velja hnit: $\times$ eða $+$	6	Örvar til að færa hnit
7	Kvörðunarskrúfa tíma	8	Kvörðunarskrúfa spennu	9	Inntaksrofi
10	Núllstilling á spennu	11	Stilliskrúfa fyrir tímaásinn		

Framkvæmd og úrvinnsla

Liður 1: Mæling á spennu rafhlöðunnar með fjölmæli

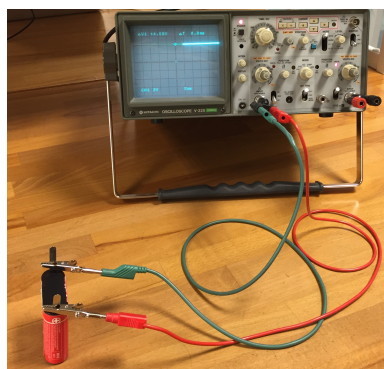
Stillið fjölmælinn á $V \text{ --- } 20$ og notið tengisnúrur með krókódílaklemmum til þess að mæla spennuna yfir rafhlöðuna. Annað skaut rafhlöðunnar ætti að vera tengt við COM tengið á fjölmælinum og hitt við $V-\Omega$ tengið. Skráið hjá ykkur spennuna í rafhlöðunni samkvæmt fjölmælinum, V_f , með óvissu.



Liður 2: Mæling á spennu rafhlöðunnar með sveiflusjá

Tengið næst rafhlöðuna við sveiflusjána. Tengid skaut rafhlöðunnar við inntakstengin í neðra vinstra horni sveiflusjárinnar þar sem stendur: INPUT. Notið spennukvarðann (3) til þess að stilla kvarðann þannig að VOLTS/DIV sé 1 V/cm. Stillið inntaksrofan (9) á GND og færið geislann á einhverja hentuga línu. Eftir að þið hafið valið hentuga línu þá stillið þið inntaksrofan (9) aftur á DC. Skráið hjá ykkur spennuna í rafhlöðunni skv. sveiflusjánni, V_s , með óvissu.

Uppstillingarmynd fyrir lið 1.



Liður 3: Riðspennumæling með sveiflusjá

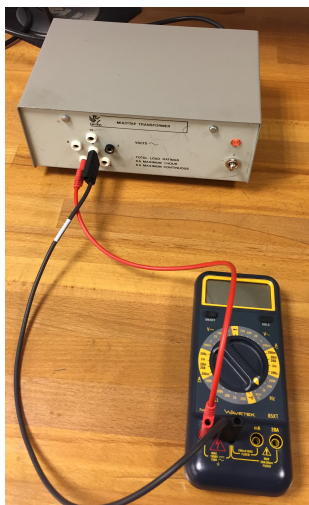
Hingað til höfum við verið að skoða jafnspennugjafa (DC) með fasta spennu, V . Nú ætlum við hinsvegar að skoða hvernig riðspenna (AC) lítur út. Riðspennan er tímaháð og gefin með:

Uppstillingarmynd fyrir lið 2.

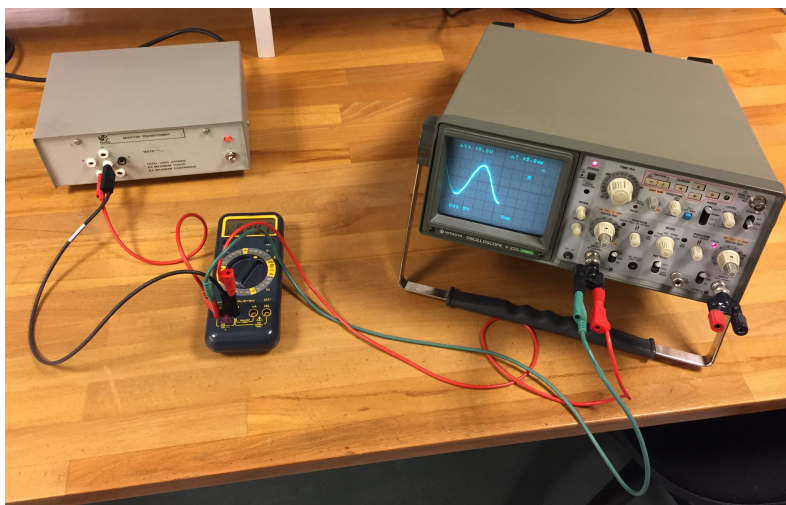
$$V(t) = V_0 \sin(\omega t) \quad (1)$$

Þar sem V_0 er útslag sveifluhreyfingarinnar, $\omega = 2\pi f$ er sveiflutíðnin þar sem að $f = \frac{1}{T}$ er tíðni sveifluhreyfingarinnar (hversu margar sveiflur á sekúndu) og T er lotutíminn.

Til að byrja með skulið þið tengja riðspennugjafann við fjölmælinn (sjá mynd hér fyrir neðan til vinstri). Tengid miðtengi riðspennugjafans við COM í fjölmælinum og tengid 6 V inntakið í riðspennugjafanum við $V-\Omega$ tengið á fjölmælinum. Stillið fjölmælinn á 2 kHz og lesið af tíðni riðstraumsins samkvæmt fjölmælinum, f_f , með óvissu.



Mæling á tíðni með fjölmæli.



Mæling á útslagi og tíðni með sveiflumæli.

Síðan skulið þið bæta við tveimur snúrum í rásina til þess að tengja fjölmælinn og þar með riðspennugjafann við sveiflusjána (sjá vinstri myndina neðst á blaðsíðunni á undan). Stillið fjölmælinn á $V \sim 20$. Á sveiflusjóni skulið velja eftirfarandi stillingar: Stillið MODE stillingarskrúfuna (4) á CH1. Stillið SOURCE á INT eða LINE (efst í hægra horni á sveiflusjóni). Stillið spennukvarðann (3) á 5 V/cm VOLTS/DIV eða meira. Látið inntaksrofann (9) annað hvort vera stilltan á AC eða DC. Mælið útslag bylgjunnar sem að sést á skjá sveiflusjárinnar, V_0 , ásamt óvissu. Spennumælirinn mun sýna ykkur annað gildi á spennunni heldur en gildið sem að þið mælið. Spennumælirinn sýnir svokallað *virkt meðalgildi* (eða *rms-gildi*), V_{rms} , sem er háð útslaginu samkvæmt:

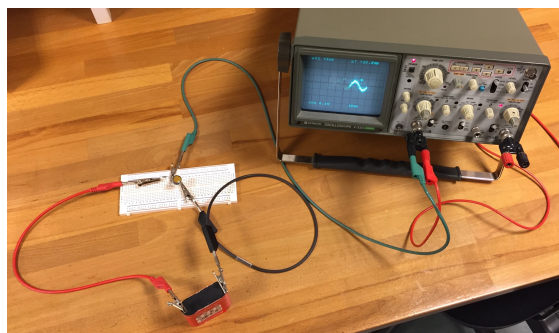
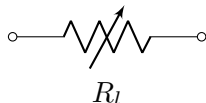
$$V_{\text{rms}} = \frac{1}{\sqrt{2}} V_0. \quad (2)$$

Mælið rms-gildið á spennunni sem að spennumælirinn sýnir með óvissu og sannreynið hvort að jafna (2) standist innan óvissumarka.

Mælið sveiflutíma sveifluhreyfingarinnar samkvæmt sveiflusjóni, T_s , ásamt óvissu með því að lesa hana af skjá sveiflusjárinnar. Reiknið tíðni sveifluhreyfingarinnar, $f_s = 1/T_s$, ásamt óvissu og berðið saman stærðirnar f_f og f_s . Eru stærðirnar innan óvissumarka hvors annars?

Liður 4: Ljósæmt viðnám

Ljósæmt viðnám hafa þann eiginleika að viðnám ljósnæma viðnámsins, R_l , er háð styrk ljóssins sem að fellur á það. Það er vegna þess að viðnámið er búið til úr ákveðnu efni sem hefur þann eiginleika að í myrkri þá eru engar lausar rafeindir á sveimi í efninu (og því er viðnámið stórt). Viðnámið minnkar síðan þegar að styrkur ljóssins eykst því að þá losnar um rafeindirnar og efnið verður leiðandi (þá minnkar viðnámið). Við getum notað ljósæmt viðnám sem íhluti í rafrás. Við táknum íhlutinn þá með:



Uppstillingarmynd fyrir lið 4.

Til að byrja með tengið þið ljósnæma viðnámið við fjölmælinn með tveimur krókóðilaklemmum. Stillið fjölmælinn á Ω 2k til þess að gera viðnámsmælingar á ljósnæma viðnáminu. Skráið hjá ykkur nokkur viðnámsgildi á ljósnæma viðnáminu, R_l , fyrir breytileg birtustig (lítill/miðlungs/mikil birta). Næst tengið þið rásina sem sést á myndinni hér fyrir ofan til hægri. Tengid rafhlöðuna annars vegar við ljósnæma viðnámið og hinsvegar við hefðbundna viðnámið. Tengid sveiflusjána síðan inn í rásina við hina hlið ljósnæma viðnámsins. Veljið eftirfarandi stillingar á sveiflusjóni: Stillið MODE stillingarskrúfuna (4) á CHOP (gefur stöðugri skjámynd á lágrí tíðni eins og hér). Stillið inntaksrofann (9) á AC. Þið ættuð þá að fá fram sveifluhreyfingu á skjá sveiflusjárinnar.

Teiknið tilheyrandi rafrásarmynd fyrir rafrásina sem að þið bjuggið til inn í verkbókina ykkar. Hvers vegna kemur fram sveifluhreyfing á styrk ljósnæma viðnámsins á skjá sveiflusjárinnar? Hver er tíðni sveifluhreyfingarinnar sem kemur fram? Hvernig tengist hún tíðninni í lið 3?

Afhleðsla þéttis

Tilgangur

Afhleðsla þéttis í RC -rás verður skoðuð með tveimur mismunandi uppsetningum. Annars vegar með því að láta stóran þétti afhlaðast í gegnum spennumæli og hinsvegar með því að skoða afhleðsluna með hjálp sveiflusjár.

Tæki

Fræði

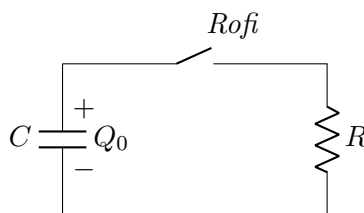
Lítum á rafrás þar sem að hleðslu Q_0 hefur verið komið á þétti í rafrás með viðnámi R sem er til að byrja með rofin þannig að enginn straumur flæðir í rásinni. Við tímann $t = 0$ s lokum við fyrir rofan svo að straumur geti flætt í rásinni. Þá mun þéttirinn afhlaðast og hleðslan á þéttinum eftir tímann, t , verður gefin með:

$$Q(t) = Q_0 e^{-t/RC}$$

Eins verður spennufallið yfir þéttinn gefið með:

$$V_C(t) = \frac{Q(t)}{C} = V_0 e^{-t/RC}. \quad (1)$$

Þar sem $V_0 = \frac{Q_0}{C}$. Stærðin $\tau = RC$ kallast tímafasti rásarinnar.



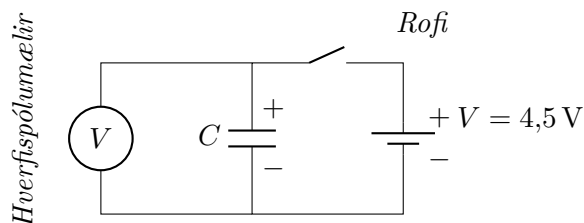
Með því að taka ln af báðum hliðum fæst að:

$$\ln\left(\frac{V_C(t)}{V_0}\right) = -\frac{1}{RC}t \quad (2)$$

Framkvæmd og úrvinnsla

Liður 1

Takið stóra þéttinn (10 mF) og gamaldags hverfispólumælinn (ekki stafræna spennumælinn) og tengið eftirfarandi rás:



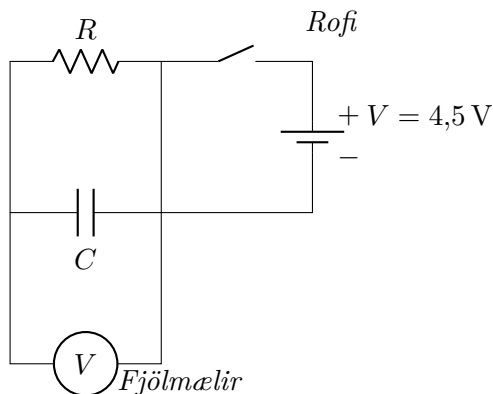
Á meðan að rofinn er lokaður þá mun rafhlaðan fullhlaða þéttinn (þið getið þá lesið hvert mesta gildið á spennufallinu yfir þéttinn verður, V_0). Um leið og rafhlaðan er aftengd úr rásinni þá mun þéttirinn afhlaðast í gegnum innra viðnám hverfispólumælisins. Með því að nota skeiðklukku í snjallsíma (eða betra, myndbandsupptöku) þá getið þið fyllt út í töflu af eftirfarandi formi:

$V_C(t)$ [V]	t [s]

Gerið síðan tvö gröf. Á fyrra grafinu skulið þið gera graf af $V_C(t)$ sem fall af t og á seinna grafinu skulið þið gera graf í samræmi við jöfnu (2). Notið seinna grafið til þess að ákvarða innra viðnám hverfispólumælisins.

Liður 2

Þessi liður varð eiginlega bara til útaf því hvað ég er vitlaus. Takið stillanlega viðnámið, R , og stillið það á frekar hátt gildi eins og t.d. $R \approx 5555 \Omega$. Tengið síðan eftirfarandi rás:



Eins og í lið 1 þá skulið gera tímatöku með snjallsíma þegar að rásin er rofin við $t = 0$ s. Fyllið aftur út í töflu af gerðinni:

$V_C(t)$ [V]	t [s]

Gerið síðan viðeigandi graf til þess að ákvarða innra viðnám fjölmælisins!

Segulsvið umhverfis beinan langan leiðara

Tilgangur

Segulsvið umhverfis beinan langan straumleiðara er mælt sem hlutfall af segulsviði jarðar með hjálp áttavita. Leitast er við að staðfesta fræðin um að sviðið sé í réttu hlutfalli við strauminn og öfugu hlutfalli við fjarlægðina frá leiðaranum. Láréttur þáttur segulsviðs jarðar er reiknaður út frá mælingunum og reynt að meta heildarsegulsviðið út frá mældum segulhalla.

Tæki

Spennugjafi með innbyggðum straummæli. Löng straumleiðsla, áttaviti og lengdarkvarðað bord.

Fræði

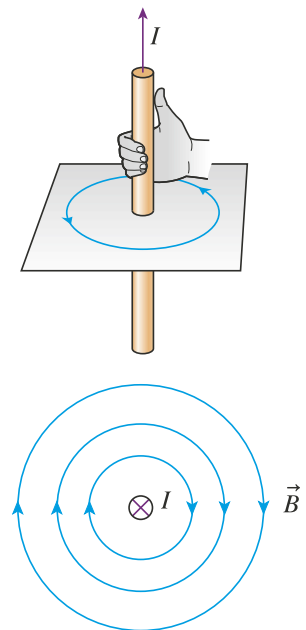
Hægt er að leiða út frá lögmáli Biot-Savart, að umhverfis óendanlega langan, grannan og beinan straumleiðara sem flytur strauminn I , sé segulsvið í fjarlægð a frá leiðaranum gefið með jöfnunni:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}. \quad (1)$$

Stefna segulsviðsins m.v. strauminn er gefinn með skrúfureglu. Í tilrauninni er vírnum stillt þannig upp að segulsviðið sem myndast í kringum hann togast á við lárétta þáttinn af segulsviði jarðar ($\vec{M}$), þar sem vírinn er lóðréttur og $\vec{B}$ er í láréttu plani.

Áður en straumur er settur á vírinn er bordinu stillt þannig upp að kvarðinn á bordinu stefni í (segul)norður. Það kallast þá *0-stefna*. Þegar straumur er kominn á leiðarann bendir nálin í stefnu *vigursummu sviðanna* tveggja, $\vec{M}$ og $\vec{B}$ (þetta er bein afleiðing af skilgreiningu á segulstefnu). Hornið α verður þá útsláttur segulnálar frá 0-stefnu. Sjá mynd 2. Af myndinni má ráða að $\tan(\alpha) = \frac{B}{M}$.

Tangens af útslagi segulnálarinnar verður þannig *mælikvarði á styrk segulsviðsins frá leiðaranum*.

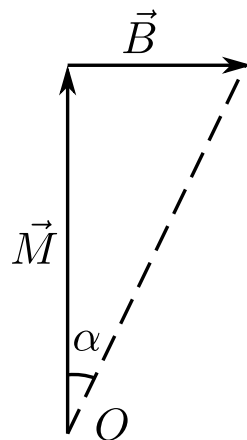


Mynd 1: Skrúfuregla

Framkvæmd

Leiðarinn er hafður lóðréttur þ.a. segulsviðið sem myndast í kringum hann er í láréttu plani, eins og áður sagði. Hann er strengdur úr krók í loftinu niður á gólf þar sem honum er haldið með þungri plötu. Áttavitinn er hafður á borði í þannig stöðu að að *nálin vísi beint á vírinn þegar enginn straumur er á*. Búið er að líma pappír og kvarða á borðið.

Annar möguleiki væri að hafa vírinn láréttan í N-S stefnu. Áttavitanum væri þá komið fyrir beint fyrir neðan (eða ofan) hann. Þetta væri líklega nákvæmari aðferð, einkum við litlar fjarlægðir (af sömu stærðargráðu og lengd segulnálar), og einnig gæti þannig reynst auðveldara að minnka endaáhrif á þennan hátt (þ.e. lengri leiðari). Í öllu falli verður að gæta þess að straumgjafinn sjálfur og hvers kyns segulmagnaðir hlutir séu *nógu langt í burtu til að trufla ekki áttavitann*. Þetta á einnig við um leiðsluna sjálfa til straumgjafa - þær þurfa að liggja þannig að þær hafi sem minnst áhrif á áttavitann. Beini hluti leiðarans verður að vera nógu langur (miðað við fjarlægð áttavita frá vír) til að endaáhrif verði lítil þ.e. áhrif af endanlegri lengd leiðarans.



Mynd 2: Mæling á horni

1. Könnun á áhrifum straumstyrks

Stillið áttavitanum (miðju áttavitans) í 5 til 10 cm fjarlægð frá vírnum og mælið útslag hans (α) fyrir átta miðmunandi straumgildi en fasta fjarlægð, a . Hafið strauminn ekki hærri en um 8,0 A. Takið mælingar fyrir báðar straumstefnur og notið meðalhornið (frá 0-stefnu) í úrvinnslunni.

I [A]	α_1 [°]	α_2 [°]	$\bar{\alpha}$ [°]	$\tan(\bar{\alpha})$ []

Sýnið með því að teikna viðeigandi graf að segulsvið vísins sé í réttu hlutfalli við straumstyrkinn.

2. Áhrif fjarlægðar

Í þessum lið hafið þið straumstyrkinn 8,0 A en breytið fjarlægð áttavita frá vírnum, í 2,5 cm skrefum. Hagið mælingum að öðru leyti eins og í lið 1 og setjið mælingarnar í hliðstæða töflu. Setjið niðurstöðu í graf þannig að þið fáið beina vaxandi línu, þ.a. nota megí hallatöluna til að reikna M út frá jöfnu (1). Athugið að það ætti að vera öfugt hlutfall milli a og B .

Frekari úrvinnsla

Notið jöfnu (1) um segulsvið umhverfis beina taug til að reikna út gildið á M , láréttum þætti segulsviðs jarðar á tilraunastað. Reiknið gildið á M út frá sitthvoru grafinu úr liðum 1 og 2. Mælið að lokum halla segulsviðsins og notið hann til að reikna styrk heildarsegulsviðs jarðar, M_{heild} á tilraunastað. Almennit er jarðarsegulsviðið eitthvað nálægt $50 \mu\text{T}$ en segulsviðið innanhúss mælist sjálfsagt lægra.

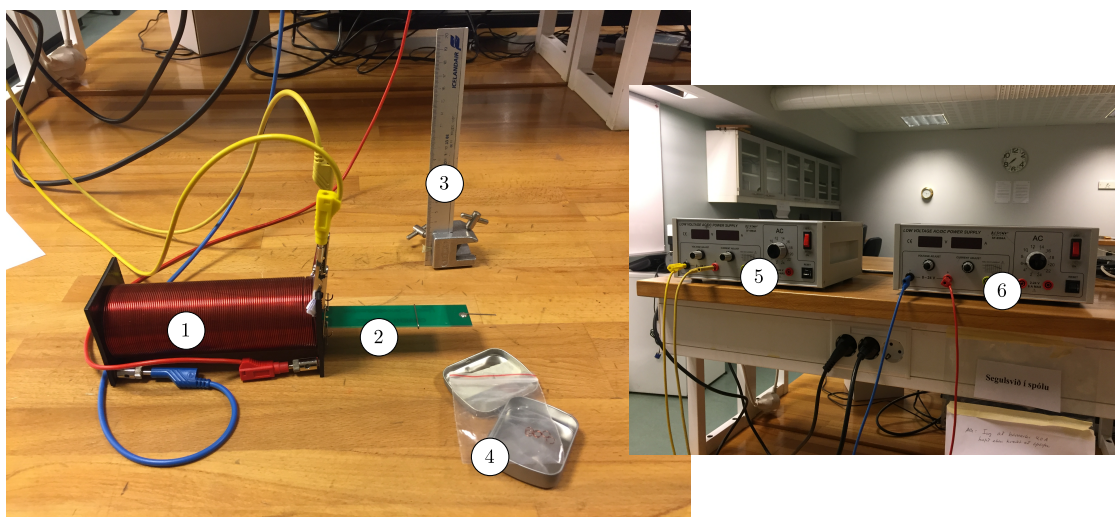
Segulsvið í langspólu

Tilgangur

Að skoða tillfelli þar sem segulkraftur vegur salt við þyngdarkraft. Jafnvægi kraftanna er notað til þess að mæla segulsvið inni í langspólu sem fall af straumi í spólunni.

Tæki

Langspóla með upphengjum fyrir straumvog, straumvog, tveir jafnstraumsgjafar sem sýna straumgildi, nokkur lítil lóð. Kvarði til þess að ákvarða hvor straumvog sé í jafnvægisstöðu. *Athuga ber að hvorki straumvog né spóla þola að straumur fari yfir 4A nema örstutta stund.* Rjúfið strauminn alltaf þegar ekki er verið að mæla.



1	Langspóla	2	Straumvog	3	Lóðrétt reglustika
4	Málmhringir	5	Vogarstraumgjafi	6	Spólustraumgjafi

Fræði

Segulsvið langspólu af lengd ℓ og með vafningafjölda N sem að ber strauminn I_s er gefið með:

$$B_{\text{spóla}} = \frac{\mu_0 I_s N}{\ell}. \quad (1)$$

Hinsvegar þá finnur vírbútur af lengd $\vec{\ell}$ sem að ber straum I_v í segulsviði $\vec{B}$ fyrir krafti:

$$\vec{F}_B = I \vec{\ell} \times \vec{B} \quad (2)$$

Í þessari tilraun ætlum við að koma fyrir straumvog inni í langspólunni þannig að helmingurinn af voginni liggur inni í segulsviðinu og hinn helmingurinn liggur fyrir utan segulsviðið. Við ætlum þá að láta segulkraftinn vega salt við þyngdarkraftinn. Þar sem að armar kraftanna eru jafn langir og báðir kraftarnir eru hornréttir á snúningsásinn þá höfum við að:

$$F_g = F_B \implies mg = I_v d B_{\text{spóla}}, \quad (3)$$

þar sem að d er lengd þess hluta af straumvoginni sem liggur þvert á segulsviðsstefnunni inni í spólunni og m er massi lóðanna sem að við festum við þann hluta straumvogarinnar sem stendur út úr langspólunni. Með því að stinga inn jöfnu (1) þá getum við umritað þetta á eftirfarandi form:

$$mg = I_v d \frac{\mu_0 I_s N}{\ell} = \mu_0 N \frac{d}{\ell} I_v I_s. \quad (4)$$

Framkvæmd og úrvinnsla

Liður 1

Mælið lengd spólunnar, ℓ . Mælið þvermál spólunnar, $\mathbb{P}$, og þvermál víranna sem að spólan er búin til úr, $\mathbb{P}$. Mælið lengd vírbútsins, d , sem að mun liggja hornrétt á segulsviðið inni í spólunni, ásamt óvissu. Mælið massa litlu málmhringjanna, m , ásamt óvissu. Með slökkt á báðum straumgjöfum skulið þið setja straumvogina inn í spóluna og nota lóðréttu reglustikuna til þess að finna hæðina á jafnvægisstöðunni. Skráið hjá ykkur jafnvægisstöðuna, h , ásamt óvissu.

Liður 2

Í þessum lið ætlum við að halda spólustraumnum, I_s , föstum í t.d. $I_s = 3,5$ A. Þá verður segulsviðið inni í spólunni fast. **Passið að slökkva á báðum straumgjöfunum á milli mælinga til þess að hvorki spólan né straumvogin ofhitni.** Setjið lítinn massa á þann enda straumvogarinnar sem að stendur út úr spólunni. Stillið síðan vogarstrauminn, I_v , þannig að jafnvægi náist á milli þyngdarkraftsins og segulkraftsins. Fyllið út í eftirfarandi töflu með viðeigandi mati á óvissu:

m [kg]	I_v [A]

Liður 3

Í þessum lið ætlum við að halda massanum m föstum og skoða hvernig spólustraumurinn, I_s , er háður vogarstrauminum, I_v . Veljið eitthvað heppilegt gildi á m sem að er þannig að gildin á spólustraumnum og vogarstraumnum haldast bæði undir 4,0 A. Fyllið út í eftirfarandi töflu með viðeigandi mati á óvissu:

I_v [A]	I_s [A]

Liður 4

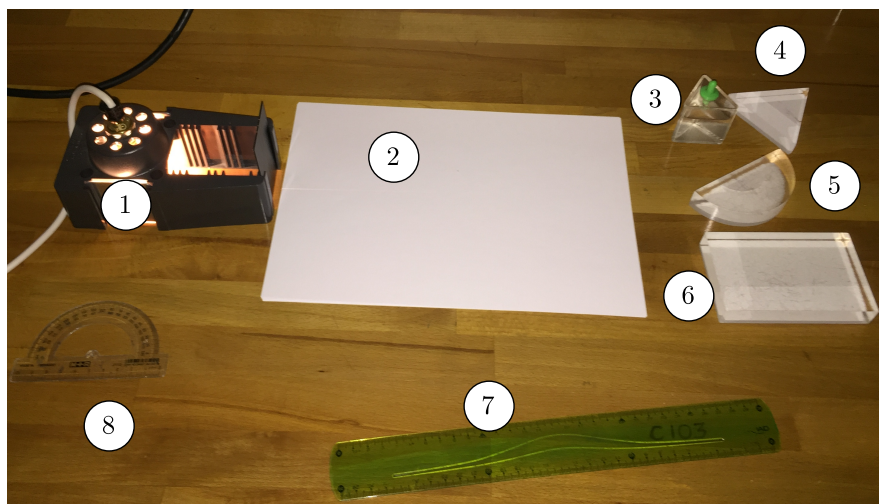
- (i) Gerið graf af m sem fall af I_v samkvæmt mælingunum í töflunni í lið 2 og sýnið að grafið sé bein lína. Notið hallatölu grafsins til þess að ákvarða segulsviðið, $B_{\text{spóla}}$, ásamt óvissu, þegar að spólustraumnum, I_s , er haldið föstum. Athugið að þið getið notað niðurstöðuna til þess að ákvarða vafningafjölda spólunnar, N .
- (ii) Gerið graf af $\frac{1}{I_v}$ sem fall af I_s samkvæmt mælingunum í töflunni í lið 3 og sýnið að grafið sé bein lína. Notið hallatölu grafsins til þess að ákvarða vafningafjölda spólunnar, N .

Ljósbrott

Tilgangur

Að kanna tengslin milli innfallshorns og brothorns við skil efna með mismunandi brotstuðla samkvæmt lögmáli Snells.

Tæki



1	Ljósgeislagjafi	2	Pappír	3	Vatnsfyllt prisma	4	Prisma
5	Hálfringlaga akrýlkubbur	6	Rétthyrndur akrýlkubur	7	Reglustika	8	Gráðubogi

Fræði

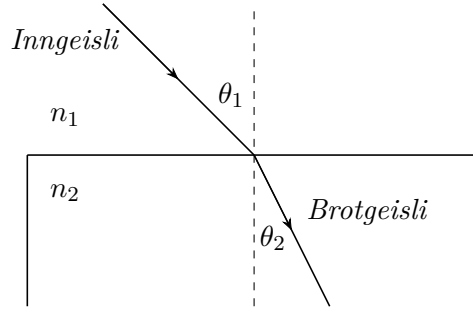
Brotstuðull efnis er skilgreindur þannig að:

$$n_{\text{efni}} = \frac{c}{c_{\text{efni}}} \quad (1)$$

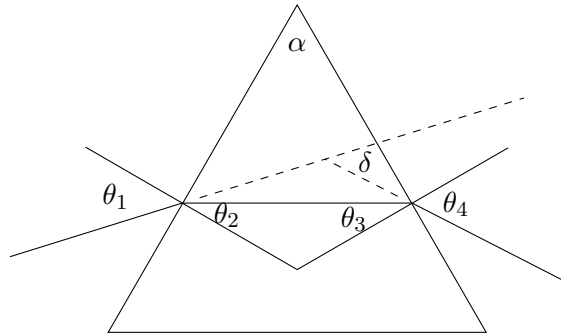
Þar sem að $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ táknar hraða ljóss í tómarúmi og c_{efni} táknar hraða ljóssins í efninu. Til að sannfæra sig um að hraði ljóssins í efninu sé lægri er hægt er að ímynda sér að ljósið lendi í mörgum litlum árekstrum á leiðinni sinni í gegnum efnið. Þar með sjáum við að brotstuðullinn er alltaf $n_{\text{efni}} \geq 1$. Fyrir loft er til dæmis brotstuðullinn $n_{\text{loft}} = 1,0003$, brotstuðull vatns er $n_{\text{vatn}} = 1,333$ og akrýl hefur brotstuðul $n_{\text{akrýl}} = 1,489$. Í þessari tilraun munum við nota nokkrar mismunandi leiðir til þess að ákvarða brotstuðla efna. En allar aðferðirnar munu þó byggja á lögmáli Snells sem segir að:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad (\text{Lögmál Snells}) \quad (2)$$

Þar sem n_1 og n_2 tákna brotstuðla í tveimur aðliggjandi efnum. Ljósgeislinn ferðast úr efni 1 í efni 2 og innfallsgeislinn myndar horn θ_1 miðað við þverillinn á yfirborðið á meðan að brotgeislinn myndar horn θ_2 miðað við þverilinn á yfirborðið (sjá mynd hér fyrir neðan).



Lítum nú á glerstrending með topphorn α . Gerum ráð fyrir að brotstuðull lofts sé um það bil 1 en að brotstuðull glerstrendingsins sé n . Látum $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ og θ_4 vera hornin sem ljósgeisli myndar við fleti glerstrendingsins (sjá mynd hér fyrir neðan). Hornið δ á myndinni nefnist vikhorn og er hornið sem að upphafleg stefna geislans myndar miðað við stefnu geislans í lokin.



Af myndinni sést að $\alpha + (90^\circ - \theta_2) + (90^\circ - \theta_3) = 180^\circ$ þ.e. $\alpha = \theta_2 + \theta_3$. Auk þess sjáum við að $\delta = (\theta_1 - \theta_2) + (\theta_4 - \theta_3)$ þ.e. $\delta = \theta_1 + \theta_4 - \alpha$. Við viljum lágmarka δ og því athugum við:

$$\frac{d\delta}{d\theta_1} = 0 \implies 1 + \frac{d\theta_4}{d\theta_1} = 0 \implies \theta_1 = \theta_4.$$

En ef $\theta_1 = \theta_4$ þá er þar með einnig $\theta_2 = \theta_3$ fyrir minnsta vikhornið samkvæmt lögmáli Snells.

Önnur leið til að komast að því að fyrir minnsta vikhornið gildir að $\theta_1 = \theta_4$ er eftirfarandi óbeina sönnun: Gerum ráð fyrir að hornin séu ekki jöfn. Þá eru til tvö mismunandi horn sem gefa minnsta vikhornið (þ.e. bæði θ_1 og θ_4) vegna samhverfu glerstrendingsins og af því að geislagangurinn er óbreyttur þó að hann ferðist í öfuga átt. En það er mótsögn því mælingar sýna að það er aðeins eitt minnsta vikhorn á glerstrending. Forsendan um að hornin séu ekki jöfn fæst því ekki staðist. Við ályktum því að minnsta vikhornið myndast þegar $\theta_1 = \theta_4 = \frac{\alpha + \delta_{\min}}{2}$ og $\theta_2 = \theta_3 = \frac{\alpha}{2}$ sem gefur því samkvæmt lögmáli Snells að:

$$\sin \theta_1 = n \sin \theta_2 \implies n = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{\sin \left(\frac{\alpha + \delta_{\min}}{2} \right)}{\sin \left(\frac{\alpha}{2} \right)}. \quad (3)$$

Loks skulum við skoða **alspeglun**. Það getur gerist þegar að ljós reynir að sleppa út úr efni með hærri brotstuðul $n_1 \geq n_2$ (t.d. úr akrýl í loft) ef að innfallshornið θ_1 er nógu stórt þá verður brothornið $\theta_2 \geq 90^\circ$ og ljósið getur ekki sloppið út. Innfallshornið, θ_1 , sem er þannig að brothornið, $\theta_2 = 90^\circ$, kallast **markhorn** og er gefið með:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin(90^\circ) \implies \theta_m = \arcsin \left(\frac{n_2}{n_1} \right). \quad (4)$$

Framkvæmd og úrvinnsla

Liður 1

Stillið rétthyrnda akrýlkubbum (6 á myndinni) upp á blaðinu og beinið ljósgeislanum í gegn undir um það bil 40° horni. Rissið upp geislaganginn á blaðið og teiknið útlínur akrýlkubbsins á blaðið. Teiknið þverlínur á myndina ykkar. Notið síðan gráðuboga til þess að ákvarða innfallshornin og brothornin og metið óvissurnar á hornunum. Reiknið síðan brotstuðul akrýlkubbsins ásamt óvissu með því að nota lögmál Snells (2).

Liður 2

Endurtakið þessa mælingu fyrir hálfhringlaga akrýlkubbin (5 á myndinni). Látið inngeislann falla á miðpunkt beinu hliðarinnar (þá er hægt að merkja brotgeislan með sem mestri nákvæmni). Reiknið síðan brotstuðul hálfhringlaga akrýlkubbsins ásamt óvissu með því að nota lögmál Snells (2).

Liður 3

Í þessum lið ætlum við að nýta okkur niðurstöðuna í jöfnu (3) til þess að reikna brotstuðul prismanna. Ákvarðið topphorn prismanna, α og vikhornið, $\delta_{\min}$ ásamt óvissu og nýtið ykkur niðurstöðuna til þess að reikna brotstuðlana. Teiknið tilheyrandi geislagang og berið saman við niðurstöðuna sem að þið fáið með því að nota lögmál Snells (2) eins og í liðum 1 og 2 hér á undan.

Liður 4

Loks skulum við skoða alspeglunina sem að getur orðið inni í akrýlkubbum eða prismunum. Reynið að staðfesta jöfnu (4) með mælingum.

Samliðun ljóss í raufagleri

Tilgangur

Í þessari tilraun munið þið bera saman annars vegar samliðunarmynstur vegna tveggja eða fleiri raufa og hinsvegar ljósbognunarmynstur vegna einnar raufar.

Varúð

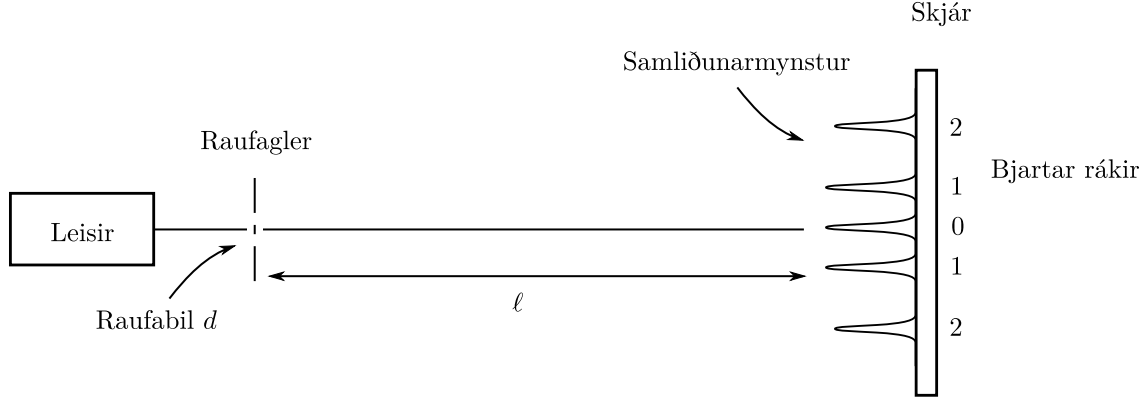
Ljósið frá þessum leisigeisla er svo sterkt að það getur valdið varanlegum augnsk-
aða ef það nær að skína beint eða speglast inn í auga. Sýnið því fyllstu aðgát í
umgengni við leisinn og munið að hann er ekki leikfang.

Tæki

- Grænn leisir með bylgjulengd $\lambda_g = 532 \text{ nm}$ og rauður leisir með bylgjulengd $\lambda_r = 635 \text{ nm}$.
- Raufagler með tveimur raufum eða fleiri.
- Einnar raufar gler.
- Hár eða þunnur vír.
- Safnlinsa (með nokkurra sentímetra brennivídd eða svo).
- Ljósbekkur með þrem höldurum.
- Lítill, lengdarkvarðaður skermur eða blað.

Fræði

Í þessari tilraun erum við fyrst að skoða samliðunarmynstur frá tveimur raufum (mynstrið kemur fram útaf fjarlægðinni á milli raufanna). Fyrir tveggja raufa samliðunarmynstrið höfum við áhuga á **ljóshámörkum**. Leisigeisla með bylgjulengd λ er þá skotið í gegnum raufagler með raufabil d í fjarlægð ℓ frá skjá (t.d. pappírsörk).



Mynd 1: Uppstillingin fyrir lið 2 þar sem að tveggja raufa samliðunarmynstur er skoðað.

Rúmfræðilega má lýsa lóðréttri staðsetningu ljóshámarkanna, y_n , frá núllstöðu með:

$$y_n = \ell \tan \theta_n, \quad n \in \mathbb{Z}. \quad (1)$$

Hinsvegar með því að skoða bylgjusamliðunina þá getum við sýnt að ef raufabilið, $d \ll \ell$, þá gildir:

$$d \sin \theta_n = n\lambda, \quad n \in \mathbb{Z}. \quad (2)$$

Þar sem að λ er bylgjulengd leisigeislans.

Hinsvegar þegar að við skoðum ljósbogun frá einni rauf (mynstrið kemur fram útaf breidd raufarinnar). Fyrir einnar raufar ljósbogunarmynstur höfum við áhuga á **ljóslágmörkum**. Ef breidd raufarinnar er táknuð með a þá fáum við með svipaðri röksemdarfærslu og áður að **ljóslágmörkin** uppfylla bylgjuvenslin:

$$a \sin \theta_m = m\lambda, \quad m \in \mathbb{Z}. \quad (3)$$

Ásamt sömu rúmfræðilegu vensla og áður:

$$y_m = \ell \tan \theta_m \lambda, \quad m \in \mathbb{Z}. \quad (4)$$

Við ættum að nefna á þessum tímapunkti að það er algengt í þessum fræðum að fólk notist við fyrsta stigs Taylor-nálganirnar $\tan \theta \approx \theta$ og $\sin \theta \approx \theta$ fyrir lítil horn $\theta \ll 1$. En þá sér í lagi getum við sagt að $\tan \theta \approx \sin \theta$ fyrir lítil $\theta \ll 1$. Við getum notað þessar nálganir í samsetningu með jöfnum (1) og (2) til þess að álykta að:

$$y_n = L \tan \theta_n \approx L \sin \theta_n = \frac{n\lambda L}{d}. \quad (5)$$

Sem þýðir að svo lengi sem að $\theta \ll 1$ má með góðri nálgun segja að bilið á milli rákanna haldist fast og er því gefið með:

$$\Delta y = \frac{\lambda L}{d}. \quad (6)$$

Framkvæmd og úrvinnsla

Liður 1: Ákvörðun raufabils með safnlinsu

Í þessum fyrsta lið ætlum við að byrja á því að mæla raufabilið, d , sem að ljósgreiðan okkar hefur. Til þess ætlum við að nota safnlinsu. Stillið linsunni upp í fjarlægð a frá raufaglerinu og fjarlægð b frá skjánum. Myndin sem að þið fáið fram á að vera stækkuð mynd af raufunum.

Það er einfaldast að nota blað og teikna inn á blaðið rákirnar tvær sem koma fram með blýanti og mæla síðan vegalengdina, Y , á milli rákanna. Stillið afstöðuna þannig að safnlinsan sé sem næst raufaglerinu (lítið a) því þá fæst sem mest stækkun. Mælið síðan vegalengdirnar a, b og Y ásamt óvissu og nýtið ykkur að stækkunin fylgir:

$$Y = \frac{b}{a}d. \quad (7)$$

Til þess að ákvarða raufabilið, d , ásamt óvissu.

Liður 2: Tveggja raufa samliðunarmynstur

Takið núna safnlinsuna úr geislaganginum og skoðið samliðunarmynstrið sem kemur fram á skjánum þegar að leisigeislanum er beint í gegnum raufarnar. Mynstrið sem kemur fram kallast samliðunarmynstur eða Young-mynstur. Merkið inn á blaðið eins mörg **ljóshámörk** (bjartar rákir) og þið getið og mælið hæðirnar, y_n , frá miðju hámarkinu og fyllið út í töflu af gerðinni:

n []	y_n [cm]

Notið síðan mælingarnar ásamt jöfnum (1) og (2) til þess að ákvarða bylgjulengd leisigeislans ásamt óvissu.

Liður 3: Einnar raufar ljósbognun

Loks skulum við skoða ljósbognun sem verður þegar að leisigeislanum er beint í gegnum eina rauf með breidd a (þar sem a er af sömu stærðargráðu og bylgjulengd ljóssins, λ). Þá kemur fram á skjánum mynstur sem er mjög líkt og mynstrið í tveggja-raufa liðnum hér á undan. Hinsvegar, þá höfum við núna áhuga á **ljóslágmörkunum**. Með sömu framkvæmd og í liðnum hér á undan skulið þið mæla fjarlægð ljóslágmarkanna, y_m , frá miðjunni og fylla út í töflu af gerðinni: Nú skulið

m []	y_m [cm]

Þið hinsvegar notar jöfnur (3) og (4) fyrir einnar raufar ljósbognunarmynstur til þess að ákvarða raufarbreiddina, a , ásamt óvissu.

Liður 4: Hár

Takið nú eitt hár og setjið í stað raufaglers. Teiknið mynstrið sem kemur fram. Er þetta tveggja raufa samliðunarmynstur eða einnar raufar ljósbognunarmynstur? Eða er þetta eitthvað annað?

Ákvörðun Plancksfasta

Tilgangur

Markmið tilraunarinnar er að ákvarða gildið á fasta Plancks, h , með ljósröfunartilraun.

Tæki

- Ljóssemi ásamt spennumagnara
- Kvikasilfursljós
- Sambyggt raufagler og safnlinsa
- Stafrænn spennumælir

Bakgrunnur

Árið 1905 hefur stundum verið kallað Annus Mirabilis eða ár undranna en það ár birti Albert Einstein fjórar greinar sem hver og ein hefur sett sitt spor á sögu vísindanna. Margir kannast við þriðju og fjórðu greinina sem fjalla um takmörkuðu afstæðiskenninguna, færri kannast við aðra greinina um Brown-hreyfingu (sem að sýndi fram á tilvist atómsins). Í þessari tilraun munum við hinsvegar skoða afleiðingar af fyrstu grein Einsteins (sem er reyndar sú grein sem að hann hlaut nóbelsverðlaunin fyrir). Í þeirri grein þá fullyrti Einstein að orka ljóss kæmi í skömmtum, svokölluðum ljóseindum, og að skammtastærðin væri háð tíðni ljóssins samkvæmt:

$$E_{\text{ljós}} = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

Þar sem að $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$ er fasti sem nefnist fasti Plancks, c er hraði ljóssins, f er tíðni þess og λ er bylgjulengd þess. Einstein notaði þessa hugmynd um orkuskömmtun ljóseinda til þess að útskýra svokallaða **ljósröfun** en það er fyrirbæri sem getur átt sér stað þegar að ljósgeisla er beint að málmi - þá geta rafeindir losnað frá málminum. Þessar rafeindir sem losna eru stundum kallaðar **ljósrafeindir**. Eðlisfræðingar þess tíma áttu í miklu basli með að útskýra þessa ljósröfun þar sem að ljósrafeindir losnuðu. Það var aðallega útaf tvennu: Aðallega því það kom í ljós að

hreyfiorka ljósrafeindanna sem losnuðu var ekki háð ljósstyrknum! Það sem meira var, ef að tíðni ljóssins sem var notuð var of lítil (með öðrum orðum ef bylgjulengdin var of há) þá var engin von að losa ljósrafeindir frá málminum sama hversu mikill ljósstyrkleikinn var!

Menn áttu í mestum erfiðleikum með að útskýra þetta. Það sem kom mönnum svo mikið á óvart var að það var einhver minnsta tíðni, $f_{\min}$, sem þurfti til þess að örva ljósrafeindirnar og þá einhver lágmarksorka á ljóseindunum,

$$E_{\min} = hf_{\min}, \quad (1)$$

Sem þurfti til þess að losa ljósrafeindirnar frá málminum. Þetta minnsta orkugildi, $E_{\min}$, er breytilegt fyrir mismunandi málma og kallast **vinnufall málmsins**. Ljósstyrkurinn hafði einungis áhrif á það hversu margar ljósrafeindir losnuðu en ekki hver hreyfiorka þeirra var! Mesta hugsanlega hreyfiorka ljósrafeindanna var þá gefin með:

$$K = hf - E_{\min} = h(f - f_{\min}). \quad (2)$$

Ljósið fæst frá kvikasilfurlampa. Það er greint upp í litróf sitt með raufagleri þannig að fram koma þrjú litróf. Bylgjulengdir hinna sýnilegu litrófslína kvikasilfurs sjást í eftirfarandi töflu:

Litur	Bylgjulengd [nm]	Tíðni [THz]
Gult	578	519
Grænt	546	549
Blátt	436	688
Fjólublátt 1	405	741
Fjólublátt 2	365	822

Þar að auki eru í litrófinu ósýnilegar útfjólubláar línur. Þegar gulu og grænu línurnar eru notaðar er rétt að nota með þeim gula og græna filtera til að stöðva útfjólublátt ljós úr hærri litrófum (og ljós frá umhverfinu) sem annars gæti blandast með. Filterarnir loða við hvíta skerminn með segulmagni.

Framkvæmd og úrvinnsla

Liður 1: Stilling tækja

- Tækið ætti að vera rétt stillt þegar að þið komið að því og þið ættuð ekki að fíka í því að óþörfu.
- Ef að tækið er ekki rétt stillt þegar að þið komið að því skulið þið biðja kennarann ykkar um að stilla það fyrir ykkur.
- Að því gefnu að tækið sé rétt stillt skulið þið kveikja á Hg-lampanum og gefa honum nokkrar mínútur til að hitna og ná fullum ljósstyrk. Ekki slökkva á lampanum fyrr en að tilrauninni er lokið. Látið lampann loga samfellt.

Liður 2: Mælingar

Framkvæmið eftirfarandi aðgerðir fyrir allar sýnilegu litrófslínurnar, bæði í fyrsta og öðru litrófi: Látið ljóslínu falla á raufina á hvíta spjaldinu.

- Ýtið á ZERO-hnappinn á hlið tækisins til að afhlaða rafrásina.
- Gefið anóðunni (neikvæða hliðin) tíma til þess að hlaðast upp í þröskuldsspennuna sem lesa má af spennumælinum (þetta tekur smá stund vegna þess að hleðsla lekur stöðugt af anóðunni gegnum magnarann þrátt fyrir geysihátt viðnám hans, og einnig hefur kerfið ofurlitla rýmd).
- Lesið þröskuldsspennuna af mælinum og töflusetjið hana ásamt lit og tíðni ljóssins (þið gætuð vilja nota gulan og grænan filter fyrir gulu og grænu línurnar).
- Samkvæmt klassískri eðlisfræði ætti hreyfiorka rafeindanna að aukast með auknum ljósstyrk. Eru athuganir ykkar í samræmi við klassíska eðlisfræði?

Liður 3: Graf

- Teiknið graf af þröskuldsspennunni sem fall af tíðni ljóssins og notið aðhvarfsstuðlana til þess að ákvarða fasta Plancks af grafinu sem og vinnufall málmisins.

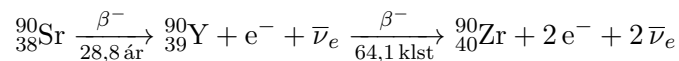
Geislavirkni

Tilgangur

Í þessari tilraun munið þið kynnst Geiger-mælum sem notaðir eru til þess að mæla geislavirkni.

Tæki

- Geigermælir sem er tengdur við tölvu.
- Álbaut með lengdarkvarða (reglustika)
- Sýni af geislavirku efni. Nánar tiltekið sýni af $^{90}_{38}\text{Sr}$ sem hrörnar samkvæmt:



Varúð

Geislavirknin frá sýninu sem að þið eruð að nota í þessari tilraun er ekki mikil. Hinsvegar, þá getur geislun, sama hversu mikil, valdið varanlegum skaða. Það er því mikilvægt að þið forðist það að handleika sýnið sem mest. Athugið einnig að geilsunarneminn er dýrt mælitæki. Ekki taka plasthlífina af mælinum!

Fræði

Óstöðug frumefni geta hrörnað niður í stöðugri frumefni. Slík ferli eru skammtaferli og stjórnað því af líkindum. Sum efni eru stöðugri en önnur og óstöðugleika þeirra má lýsa með líkindastuðli, λ , sem er háður efninu og segir til um líkur þess að efnið hrörni á gefnum tíma. Ef við erum með mikið magn af atómum þá getum við lýst þessu þannig að heildarfjöldi einda eftir tímann, t , er gefinn með:

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}.$$

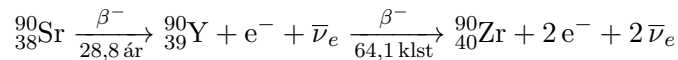
Þetta er oft sett fram miðað við helmingunartíma geislavirka efnisins, τ , en við getum athugað að:

$$N(\tau) = \frac{1}{2}N_0 \implies \tau = \frac{\ln(2)}{\lambda}.$$

Geislavirknin (sem er mæld í Bq eða Ci) sem að þessari hrörnun fylgir er hinsvegar gefin með:

$$G(t) = -\frac{dN}{dt} = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = G_0 e^{-\lambda t},$$

og er mælikvarði á það hversu margar eindir hrörna á tímaeiningu. Hrörnunarhrvarið sem að á sér stað í sýninu ykkar samanstendur af keðjuhvarfinu:



En það þýðir að geislavirknin frá sýninu ykkar samanstendur af tveimur þáttum. Annars vegar β -agnirnar (með öðrum orðum rafeindirnar) sem að losna í fyrra hvarfinu og hins vegar β -agnirnar sem að losna í seinna hvarfinu. Massar frumefnanna í sýninu ykkar eru gefnir með:

$$m_{\text{Sr}} = 89,90773u, \quad m_{\text{Y}} = 89,907142u, \quad m_{\text{Zr}} = 89,9046988u,$$

og með því að nýta jöfnu Einsteins, $\Delta E = \Delta mc^2$, þá getum við sýnt að orkan sem að losnar í fyrra hvarfinu er gefin með:

$$\Delta E_1 = 0,546 \text{ MeV}, \quad \text{og orkan sem losnar í seinna hvarfinu er} \quad \Delta E_2 = 2,28 \text{ MeV}.$$

Svo gott sem öll orkan fer í hreyfiorku β -agnanna þegar að þær losna. En drægni þeirra er háð hreyfiorkunni þeirra svo að við búumst við því að eftir einhverja tiltekna fjarlægð munum við einungis finna framlag frá orkuríkari eindunum.

Styrkleikinn er gefinn með:

$$I = \frac{P}{A} = \frac{G_0 \Delta E}{A}$$

þar sem að $A = 4\pi r^2$ er yfirborðsflatarmál kúlunnar sem að geislunin hefur dreifst yfir. Þá höfum við að:

$$I_{\text{heild}} = I_1 + I_2 = \frac{P_1}{A} + \frac{P_2}{A} = \frac{G_1 \Delta E_1}{A} + \frac{G_2 \Delta E_2}{A}$$

Með því að

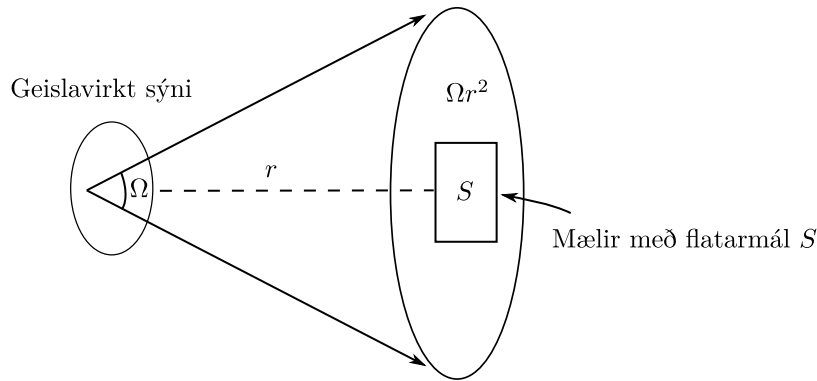
Óstöðug frumefni

Massar geislavirku efnanna eru gefnir með:

$$m_{\text{Sr}} = 89,90773u, \quad m_{\text{Y}} = 89,907142u, \quad m_{\text{Zr}} = 89,9046988u,$$

Látum orkuna sem að losnar í einu hrörnunarhrvari geislavirku samsætunnar ${}^{90}_{38}\text{Sr}$ vera táknaða með ΔE . Það er auðvelt að sýna að heildarorkan sem að losnar í fyrra efnahvarfinu er gefin með: $\Delta E_1 = 0,55 \text{ MeV}$. Heildarorkan sem að losnar í seinna efnahvarfinu er $\Delta E_2 = 2,53 \text{ MeV}$. Heildarorkan sem að losnar er þá $\Delta E_{\text{heild}} = 2,82 \text{ MeV}$ Við getum síðan gert þá nálgun að öll orkan fari í hreyfiorku β -agnanna (nánar tiltekið rafeindanna tveggja).

Athugum síðan að ef að sýnið gefur frá sér geislavirkni $G_0 = \lambda R_0 = \frac{\ln(2)R_0}{\tau}$ þá er



Mynd 1: Mynd sem sýnir hvernig β -agnirnar dreifast meira með vaxandi fjarlægð.

En þá höfum við að:

$$\frac{G_{\text{mæling}}}{G_0} = \frac{S}{\Omega r^2}$$

En geislavirka sýnið sendir frá sér β -agnir í allar stefnur yfir hálfkúlu (yfirborðsflatarmál hálfkúlu er $2\pi r^2$) svo við höfum að:

$$\frac{G_{\text{mæling}}}{G_0} = \frac{S}{2\pi r^2} \implies \ln(G_{\text{mæling}}) = \ln\left(\frac{G_0 S}{2\pi}\right) - 2 \ln(r).$$

Framkvæmd og úrvinnsla

Liður 1: Bakgrunnsgeislunin

- Setjið geislavirka sýnið langt í burtu frá Geiger-mælinum.
- Mælið bakgrunnsgeislunina, $G_{\text{bakgrunns}}$, inni í kennslustofunni ásamt óvissu. (Það er sú geislun sem að þið verðið fyrir á hverjum einasta degi).
- Stillið tölvuna þannig að hún taki mælingar í 30 sekúndur og takið síðan meðaltalið af bakgrunnsgeisluninni yfir mælingarunur. Skráið hjá ykkur gildið á bakgrunnsgeisluninni ásamt óvissu.

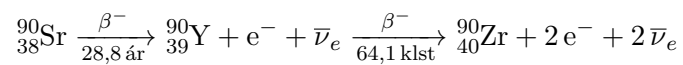
Liður 2: Geislavirknin sem fall af fjarlægð

- Setjið geislavirka sýnið á enda álbrautarinnar. Passið ykkur að snúa sýninu rétt!
- Snúið Geiger-mælinum að geislavirka sýninu og mælið geislunina fyrir 7-8 mismunandi fjarlægðir. Notið sama tíma og sama fjölda meðaltalsmælinga og í lið 1 hér á undan.
- Setjið niðurstöðurnar ykkar skipulega fram ásamt óvissu og fyllið út í eftirfarandi töflu:

Fjarlægð: r [cm]	Fjöldi talninga: N []	V [V]

Liður 3: Geislunarálag

Sýnið ykkar samanstendur af tveimur geislavirkum frumefnum og hrörnar samkvæmt:



Massar frumefnanna í sýninu ykkar eru gefnir með:

$$m_{\text{Sr}} = 89,90773u, \quad m_{\text{Y}} = 89,907142u, \quad m_{\text{Zr}} = 89,9046988u,$$

Notið jöfnu Einsteins, $\Delta E = \Delta mc^2$, til þess að ákvarða hreyfiorku β -agnanna (rafeindanna) sem losna í hvoru efnahvarfi fyrir sig.