

Landskeppni í eðlisfræði 2010

Úrslitakeppni

13. mars 2010, kl. 09:00 - 12:00

- Vinsamlega opnaðu ekki verkefnið fyrr en þér er gefið leyfi til þess.
- Leyfileg hjálpargögn: Reiknivél sem geymir **ekki** texta.
- Verkefnin eru alls sex talsins og vægi hvers dæmis er 10 stig.
- Verkefnin eru öll í nokkrum liðum. Ef einhverjum lið er svarað rangt og svarið notað í síðari liðum verður ekki dregið frá seinni liðnum svo framarlega sem útreikningarnir eru réttir.

Tafla yfir þekkta fasta

Nafn	Tákn	Gildi
Hraði ljóss	c	$3.00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
Þyngdarhröðun jarðar	g	9.82 m/s^2
Massi rafeindar	m_e	$9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
Rafsvörunarstuðull tómarúms	ϵ_0	$8.85 \cdot 10^{-12} \text{ s}^2 \text{C}^2 / \text{m}^3 \text{kg}$
Grunnhleðslan	q	$1.60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Þyngdarfastinn	G	$6.67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 / \text{kg} \text{s}^2$
Radíus Sólar	R_\odot	$6.96 \cdot 10^8 \text{ m}$
Massi Sólar	M_\odot	$1.98 \cdot 10^{30} \text{ kg}$
Stjarnfræði eining	1 AU	$1.49 \cdot 10^{11} \text{ m}$

1 Aðgerðarmagnari

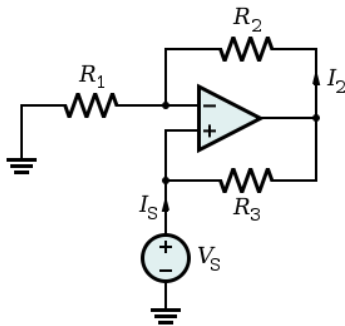
Aðgerðarmagnarar eru meðal mest notaðra hluta í rafrásum og má finna þá jafnt í hefðbundum heimilis-tækjum sem og vísindalegum búnaði. Á mynd 1 má sjá einfalda rás sem inniheldur aðgerðarmagnara og á mynd 2 má sjá ótengdan magnara.

Aðgerðarmagnarinn hefur tvær innspennur, V_- og V_+ og eina útspennu V_{out} , auk þess má sjá á mynd 2 tvö V_S en við þau er tengdur fljótandi aflgjafi sem kemur ekkert við sögu í útreikningum á rásinni, en veitir aðgerðarmagnaranum orku til að magna spennu.

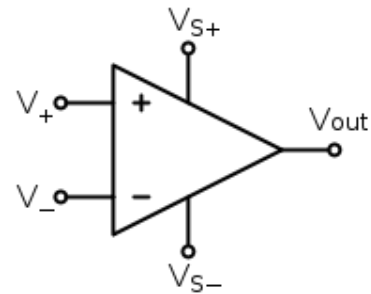
Það sem aðgerðarmagnari gerir í raun er að magna spennunum milli innspennanna sem skilar sér sem útspennan. Hins vegar gerum við hér ráð fyrir að þetta sé fullkominn aðgerðarmagnari sem og þá gilda ákveðnar gullnar reglur:

1. Spennunumur milli innspennanna er $0 V$ (þ.e. inntökin hjá V_- og V_+ eru við sömu spennu)
2. Innspennurnar (inntökin hjá V_- og V_+) draga engan straum, þ.e. enginn straumur flæðir inn eða út um þau.

Auk þess að gott að hafa í huga að V_{out} reynir að gera spennunum milli innspennanna $0 V$.



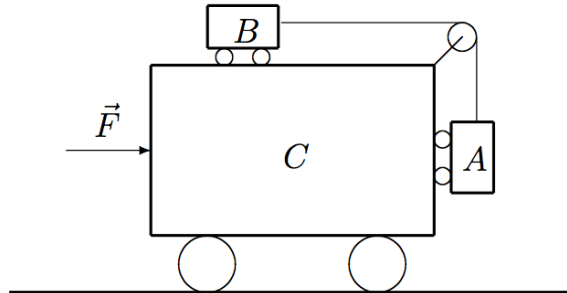
Mynd 1: Aðgerðarmagnararás



Mynd 2: Ótengdur aðgerðarmagnari

1. Notið upplýsingar að ofan og sérstaklega reglurnar tvær til að leysa eftirfarandi verkefni varðandi rásina á mynd 1.
 - (a) Hver er straumurinn I_2 , ritið m.t.t. V og einhverra eða allra viðnámana?
 - (b) Hvert er V_{out} ? Ritið m.t.t. V_S og einhverra eða allra viðnámana.
 - (c) Finnið I_S m.t.t. V_S og einhverra eða allra viðnámana.
 - (d) Hvert er viðnámið milli tveggja punkta sitthvorum megin við spennugjafann?

2 Tengdir vagnar



Mynd 3

Á mynd 3 sjást þrjú vagnar, A , B og C . A og B eru tengdir saman með bandi sem ekki getur teygst (hefur fasta lengd). Gerðu ráð fyrir að enginn núningur sé í þessu dæmi.

Fyrri hluti

Ýtt er á C með kraftinum \vec{F} eins og sýnt er á myndinni. Stærðin á \vec{F} er þannig að A og B eru kyrrstæðir ef miðað er við vagninn C .

- (i) Finndu spennuna/togkraftinn í bandinu.
- (ii) Finndu stærðina á kraftinum \vec{F}

Seinni hluti

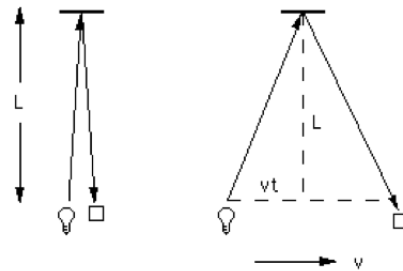
Nú virkar enginn kraftur á C .

- (i) Finndu hröðun A og B .
- (ii) Finndu togkraftinn í bandinu.

3 Afstæðiskenning

Athugið að liðir 1 og 2 eru ótengdir.

3.1



Mynd 4

Ljós ferðast alltaf með sama hraða í lofttæmi. Þessi staðreynd hefur margt forvitnilegt í för með sér. Laser er í fjarlægð L frá spegli. Laserinn sendir frá sér ljóspúls. Helgi stendur hjá lasernum og mælir að það taki ljósið tíma t að fara fram og til baka með hraða c .

Tryggvi ferðast með hraða v hornrétt á stefnu lasersins. Hann sér ljósið fara fram og til baka eftir annari leið (sjá mynd 4). Hins vegar sér hann ljósið fara með hraða c , eins og Helgi. Tryggvi mælir að það taki ljósið tíma t' að fara fram og til baka.

- (a) Finnið samband milli t og t' .

Hugsum okkur nú prik sem liggur frá lasernum og að speglinum (en ljósið kemst samt ennþá sína leið). Tryggvi breytir núna um stefnu og ferðast með hraða v í stefnu lasersins. Hann mælir að prikið sé L' að lengd.

- (b) Finnið samband milli L og L' . (Hér þurfið þið að taka inn í reikninginn að tíminn líður mishratt hjá Helga og Tryggva.)
 (c) Ákvarðið hvort t eða t' er stærra. Hvað með L eða L' ? (Rökstyðja verður svarið)

3.2

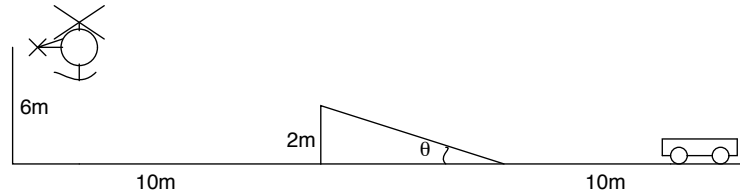
Jafngildislögmál Einsteins segir að ekki sé hægt að gera greinamun á því hvort maður sé staddur í þyngdarsviði með þyngdarhröðun g eða í tilraunastofu með fasta hröðun g . Öll eðlisfræði er eins. Oft getur verið auðveldara að reikna út hvað gerist í tilraunastofunni og sjá þannig hvað gerist í þyngdarsviði.

Hugsum okkur tilraunastofu með breidd L sem ferðast með hröðun a upp á við. Það er lítið gat á einni hliðinni þar sem ljósgeisla er lýst inn í tilraunastofuna. Þar sem ljósið ferðast með endanlegum hraða c mun tilraunastofan hreyfast á meðan ljósið nær að ferðast þvert yfir stofuna, vegalengdina L . Þetta veldur því að geislinn lendir neðar en hann kom upphaflega inn.

- (a) Leiðið út jöfnu fyrir þetta frávík.
 (b) Ef við vildum mæla þessi áhrif hér, hver þyrfti lengd tilraunastofunnar að vera til þess að við sæjum frávík upp á 1 mm (Hvað þyrfti L að vera)?

4 Þyrla og bíll

Í einu hasaratriði þarf Bruce Willis að berjast við illmennni á þyrlu. Í æði sínu ákveður Bruce að reyna að granda þyrlunni með bílnum sínum. Honum til mikillar lukku finnur hann ramp í 10 m fjarlægð sem hallar nákvæmlega um hornið $\theta = 30^\circ$ og er 2 m á hæð. Bíllinn þarf að fljúga í lausu lofti 10 m til að hitta á þyrluna sem flýgur í 6 m hæð. (Sjá mynd 5). Gert er ráð fyrir að bíllinn hefji för í 0 m .



Mynd 5

- Finnið hraða bílsins þegar hann yfirgefur rampinn
- Bíll Willis hefur jafna hröðun \vec{a} þegar hann keyrir að og upp rampinn. Finnið þessa hröðun.
- Ef þyngdarhröðun er eina hröðunin sem verkar á bíllinn þegar hann flýgur áfram reiknið hve mikil orka losnar við áreksturinn. (Gert er ráð fyrir að áreksturinn sé algerlega ófjaðrandi)

5 Kúla í brekku

Gegnheil kúla með massa m og radíus R hefur ferð sína í kyrrstöðu og rennur niður brekku með hæð h (sjá mynd 6). Efri helmingur brekkunnar er með stamt yfirborð og því fer kúlan niður þann hluta brekkunnar án þess að renna (þ.e. hún rúllar niður). Neðri helmingur brekkunnar er aftur á móti með núningslaust yfirborð og þar rennur því kúlan án þess að snúningshraði hennar breytist. Eftir að kúlan hefur runnið niður brekkuna tekur við lárétt núningslaust svæði með kassa M . Kúlan klessir á kassann þannig að eftir árekstur loðir hún við kassann (hún tapar þó engum hverfiþunga og snýst því ennþá). Kassinn og kúlan renna svo áfram upp núningslausa brekku með hæð $h/7$. Gefið er að hverfitregða gegnheillar kúlu er $I = \frac{2}{5}mR^2$



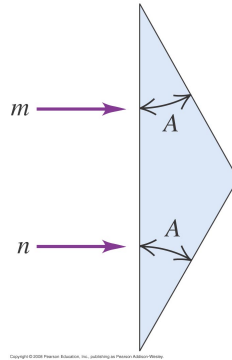
Mynd 6

- Hver er hraði kúlunnar rétt eftir að hún er búin að fara niður fyrri helming brekkunnar
- Hvert þarf hlutfallið $\frac{m}{M+m}$ að vera til þess að kassinn og kúlan staðnæmist á toppnum á seinni hæðinni? Ath. að enginn núnungur er milli kúlunnar og kassans.
- Hve há má hæðin vera til að kúlan og kassinn komist alla leið upp?

6 Ljósfræði

6.1

Þrístrendingurinn á mynd 7 er með brotstuðul n og tvö horn A . Tveir ljósgeislar m og n eru samsíða þegar þeir lenda á þrístrendingnum og fara í gegn um hann án þess að alspeglast.

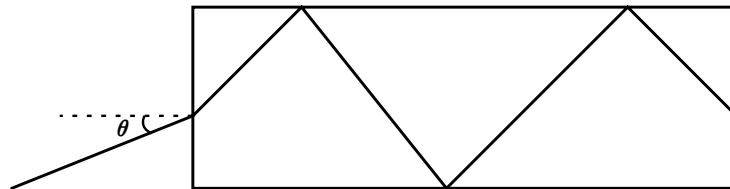


Mynd 7

Hvert er innbyrðis horn þeirra þegar þeir koma út úr þrístrendingnum?

6.2

Ljósleiðari með brotstuðul n liggur í lofttæmi eins og sést á mynd 8



Mynd 8

Hvert þarf innfallshornið θ að vera til þess að allt ljósið berist í gegn um ljósleiðarann, þ.e. alspeglun fáiist?