

Nynorsk

Eksamensinformasjon	
Eksamenstid	Eksamen varer i 5 timar. Del 1 skal leverast inn etter 2 timar. Del 2 skal leverast inn seinast etter 5 timar. Du kan byrje å løyse oppgåvene i del 2 når som helst, men du kan ikkje bruke hjelpemiddel før etter 2 timar – etter at du har levert svara for del 1.
Tillatne hjelpemiddel under eksamen	Del 1: skrivesaker, passar, linjal, vinkelmålar og vedlegg i oppgåvesettet Del 2: Alle hjelpemiddel er lov, bortsett frå opent internett og andre verktøy som gjer det mogleg å kommunisere, som mobiltelefon, programvare for samskriving, chat eller liknande. Du har ikkje lov til å bruke kunstig intelligens som hjelpemiddel under eksamen. Programmeringsprogram o.l. må vere installert lokalt på din eining før eksamen. GeoGebra klassisk (versjon 6.0) vil vere tilgjengeleg som nettbasert hjelpemiddel.
Bruk av kjelder	Dersom du bruker kjelder i svaret ditt, skal du alltid føre dei opp på ein slik måte at lesaren kan finne fram til dei. Du skal føre opp forfattar og fullstendig tittel på både lærebøker og annan litteratur. Dersom du bruker utskrifter eller sitat frå internett, skal du føre opp nøyaktig nettadresse og nedlastingsdato.
Vedlegg	1 Faktavedlegg 2 Formelvedlegg 3 Programmeringsvedlegg 4 Eige svarark for oppgåve 1
Vedlegg som skal leverast inn	Vedlegg 4: Eige svarark for oppgåve 1 finn du bakerst i eksamenssettet.

Informasjon om oppgåvene	Oppgåve 1 har 20 fleirvalsoppgåver med fire svaralternativ: A, B, C og D. Det er berre <i>eitt</i> rett svaralternativ for kvar fleirvalsoppgåve. Blankt svar blir rekna som feil svar. Dersom du er i tvil, bør du derfor skrive det svaret du meiner er mest korrekt. Du kan berre svare med <i>eitt</i> svaralternativ: A, B, C eller D. Skriv svara for oppgåve 1 på eige svarark i vedlegg 4, som ligg heilt til sist i eksamenssettet. Svararket skal du rive laus frå oppgåvesettet og levere inn. Du skal altså ikkje levere inn sjølve eksamensoppgåva med oppgåveteksten. Del 1 har 2 oppgåver. Del 2 har 5 oppgåver.
Informasjon om vurderinga	Vurderingskriteria er grupperte i fire kompetanseområde: • problemløysing • databehandling • programmering • presentasjon Dei to delane av svaret, del 1 og del 2, vil bli vurderte som ein heilskap ved bruk av vurderingskriteria og sensorane sitt faglege skjønn. Sensorane skal først og fremst sjå etter fysikkforståinga i svaret. Det er derfor viktig at svara på oppgåve 2 og del 2 er grunngitt, og at resonnementa kjem tydeleg fram. Du vil ikkje nødvendigvis tene på å skrive svært langt. Eit kortare og klart svar er ofte betre enn eit langt og utflytande svar. Karakteren ved sluttvurderinga blir fastsett etter ei heilskapleg vurdering av eksamenssvaret. Dei to delane av svaret, del 1 og del 2, blir vurderte under eitt. Oppgåve 1 og 2 på del 1 tel omtrent likt. Del 2 tel omtrent 60 prosent av heile settet.
Kjelder	Grafar, bilete og figurar: Utdanningsdirektoratet

Del 1

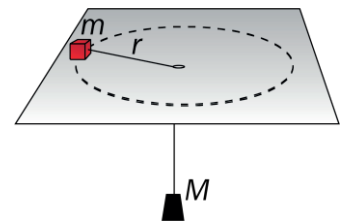
Oppgave 1 Fleirvalsoppgåver

Skriv svara for oppgave 1 på eige svarark i vedlegg 4.

(Du skal altså *ikkje* levere inn sjølve eksamensoppgåva med oppgåveteksten.)

- a) Ein kloss med masse m og eit lodd med masse M er festa i kvar sin ende av ei snor. Klossen beveger seg med konstant fart i ein sirkelbane med radius r på overflata av eit bord. Snora går gjennom eit hol i bordet slik at loddet heng i ro på undersida av bordet. Tyngdeakselerasjonen kan skrivast som

$$g = \frac{m}{M} \cdot \frac{4\pi^2 r}{T^2}.$$



Den relative usikkerheita i rundetida T er 1 %, og den relative usikkerheita i radiusen r er 4 %.

Kva blir den relative usikkerheita i g ?

- A 2 %
- B 4 %
- C 5 %
- D 6 %

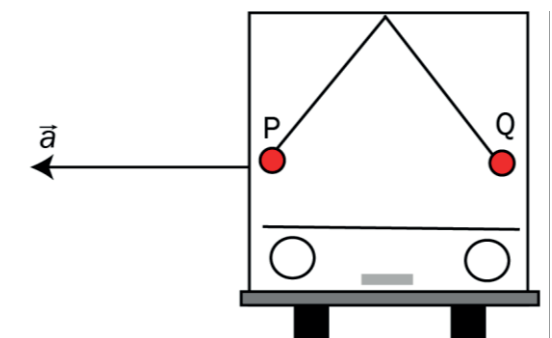
- b) Ein bil køyrer med konstant banefart v i ein horisontal, sirkelforma sving. I figuren er bilen sett framanfrå. I taket i bilen er det festa ein pendel. I figuren blir det vist to posisjonar til pendelen, P og Q, der ein av dei er rett. Retninga til akselerasjonen a til bilen er vist i figuren.

Det er gitt to påstandar:

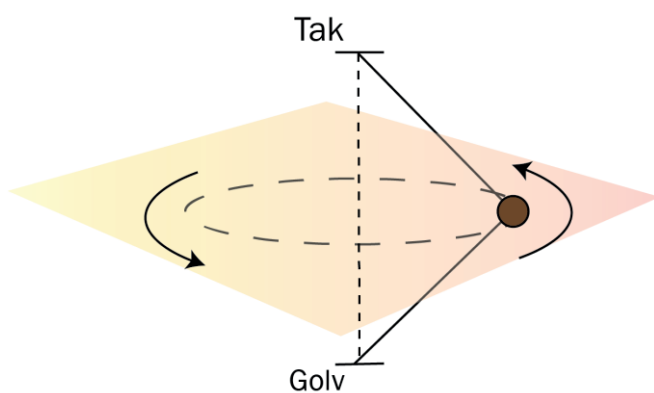
- 1 Dersom v blir dobla, vil a bli dobbelt så stor.
- 2 Rett posisjon til pendelen er P.

Kva er rett?

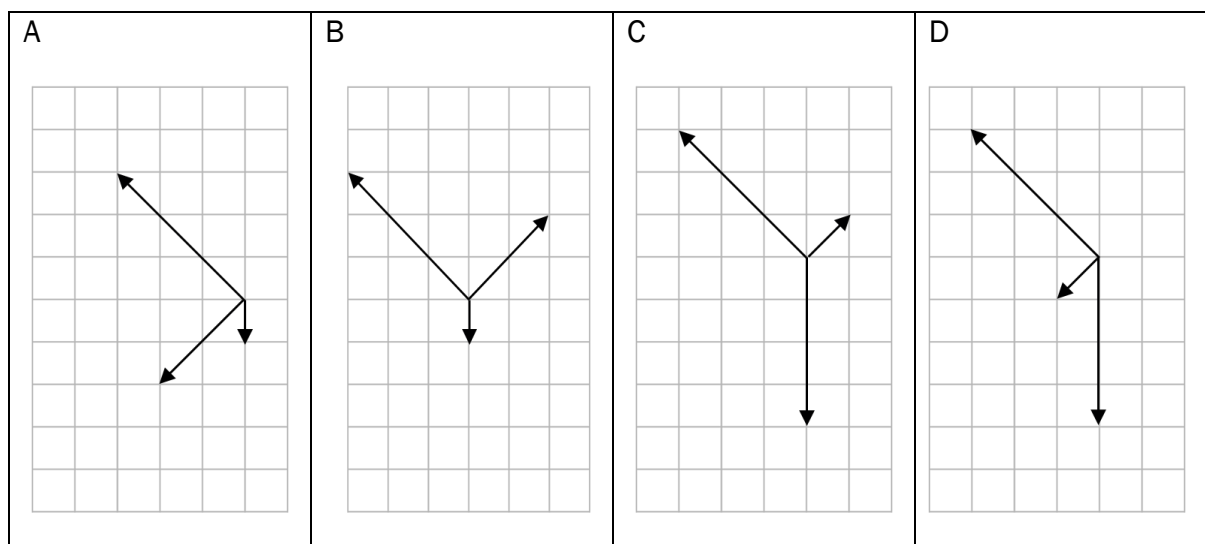
- A ingen av påstandane
- B berre påstand 1
- C berre påstand 2
- D begge påstandane



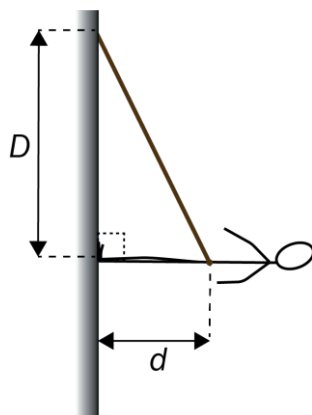
- c) Ei kule beveger seg med konstant banefart i ein horisontal sirkelbane. Kula heng i to like lange rette snorer som er festa i taket og golvet. Begge snorene er stramme under bevegelsen. Festepunkta til snorene i taket og golvet er rett ovanfor kvarandre. Sjå bort frå luftmotstand.



Kva for eit alternativ viser best kreftene som verkar på kula, når kula er i den posisjonen som er vist i figuren?



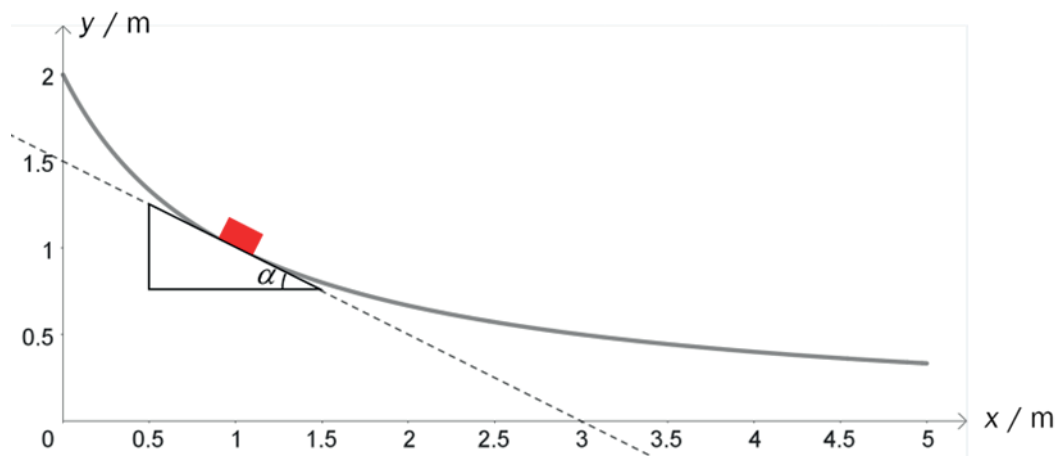
- d) Ein fjellklatrar står horisontalt inntil ein fjellvegg ved hjelp av eit tau. Den eine enden av tauet er festa til fjellveggen, og den andre enden er festa til klatraren. Massen til klatraren er m . D og d er avstandar som vist i figuren. Sjå bort frå friksjon.



Kor stor er normalkrafta frå fjellveggen på klatraren?

- A $N = \frac{mgd}{D}$
- B $N = \frac{mgD}{d}$
- C $N = \frac{mgd}{\sqrt{D^2 + d^2}}$
- D $N = \frac{mgD}{\sqrt{D^2 + d^2}}$

- e) Ein kloss glir ned ein bakke som vist i figuren. Klossen startar frå ro i toppen av bakken. Sjå bort frå friksjon og luftmotstand.



Programmet skal rekne ut kor lang tid klossen bruker ned bakken.

```

1  from numpy import *
2
3  g = 9.81
4  x = 0
5  dx = 0.0001
6  v = 0
7  t = 0
8  dt = 0.001
9
10 def f(x):                                # Definerer bakkeprofilen
11     return 2/(x + 1)
12
13 while x < 5:
14     alfa = arctan(abs((f(x + dx) - f(x))/dx)) # Bestemmer vinkelen alpha (alfa)
15     a =
16     v =
17     x = x + v*cos(alfa)*dt
18     t = t + dt
19     print(t)

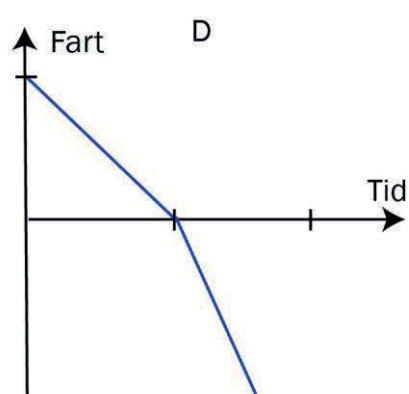
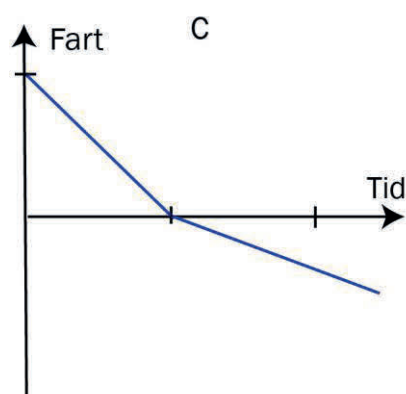
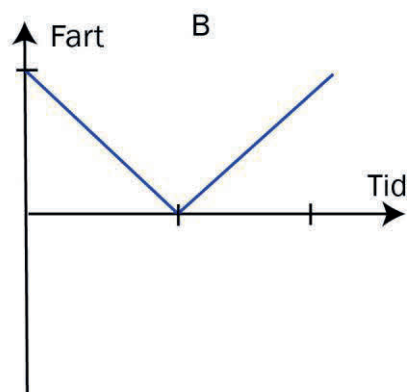
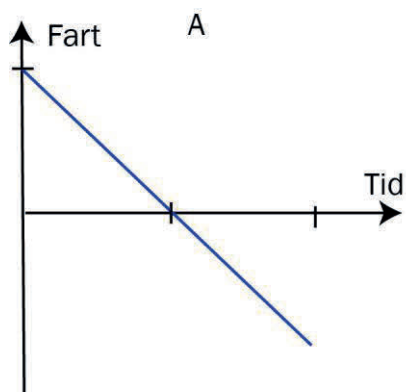
```

Kva skal stå på linje 15 og linje 16?

	Linje 15	Linje 16
A	$a = g \cdot \cos(\text{alfa})$	$v = v - a \cdot dt$
B	$a = g \cdot \sin(\text{alfa})$	$v = v - a \cdot dt$
C	$a = g \cdot \cos(\text{alfa})$	$v = v + a \cdot dt$
D	$a = g \cdot \sin(\text{alfa})$	$v = v + a \cdot dt$

f) Ein kloss blir send oppover eit skråplan. Sjå bort frå luftmotstand, men ikkje friksjon.

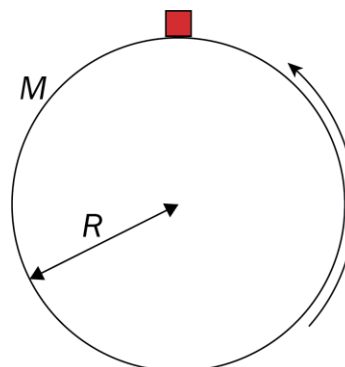
Kva for ein fartsgraf viser best bevegelsen til klossen opp og ned skråplanet?



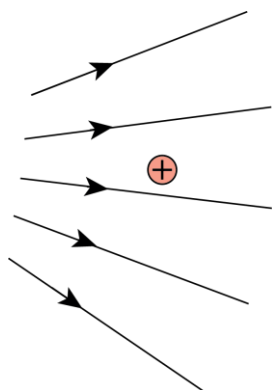
- g) Ein planet med masse M og radius R roterer så fort at ein gjenstand som ligg ved ekvator på planeten, så vidt ikkje mister kontakt med underlaget. Figuren viser planeten sett ovanfrå.

Kor lang tid bruker planeten på å rotere éin runde?

- A $2\pi\sqrt{\frac{\gamma M}{R}}$
 B $2\pi\sqrt{\frac{R}{\gamma M}}$
 C $2\pi\sqrt{\frac{R^2}{\gamma M}}$
 D $2\pi\sqrt{\frac{R^3}{\gamma M}}$



- h) Ein partikkel med positiv elektrisk ladning blir halden i ro i eit inhomogent elektrisk felt. Posisjonen til partikkelen og retninga til feltet er vist i figuren. Sjå bort frå alle andre felt enn det elektriske.



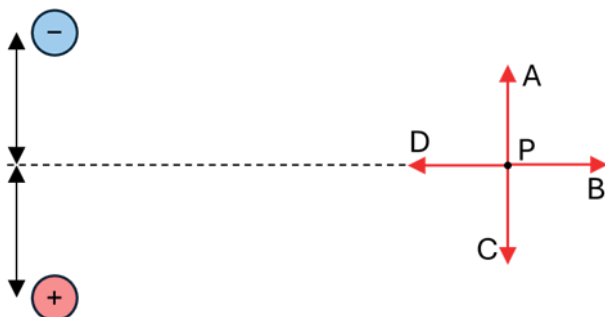
Partikkelen blir sleppt. Han vil då byrje å bevege seg med aukande fart.

Kva er rett?

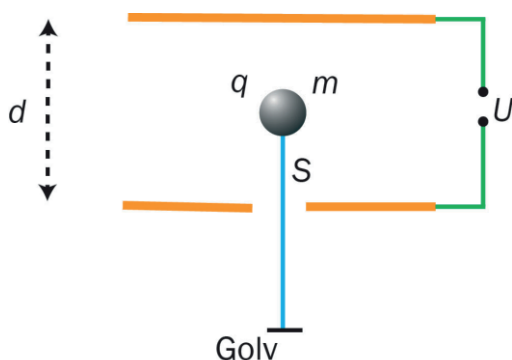
	Retninga til farten er mot	Absoluttverdien til akselerasjonen
A	venstre	aukar
B	venstre	er konstant
C	høgre	minkar
D	høgre	er konstant

- i) Eit punkt P ligg like langt frå to ladde partiklar. Dei to partiklane har like stor ladning. Den øvste partikkelen er negativt ladd, og den nedste er positivt ladd.

Kva for ei pil viser retninga på det totale elektriske feltet i punktet P?



- j) Ei kule blir halden i ro av ei snor mellom to horisontale, ladde plater. Snora er festa til golvet og er ikkje-leiande. Massen til kula er m , og ladningen er q . Plateavstanden er d , og spenninga mellom platene er U . Snorkrafta er S . Sjå bort frå massen til snora.

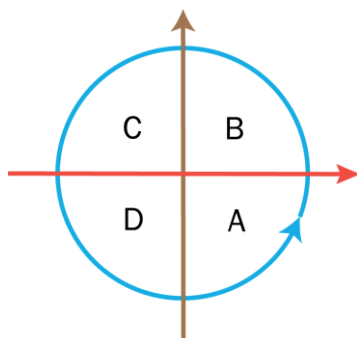


Kva er rett?

	Ladningen på den øvre plata er	Absoluttverdien av ladningen q på kula er
A	positiv	$\frac{(S + mg)d}{U}$
B	positiv	$\frac{(S - mg)d}{U}$
C	umogleg å vite	$\frac{(S + mg)d}{U}$
D	umogleg å vite	$\frac{(S - mg)d}{U}$

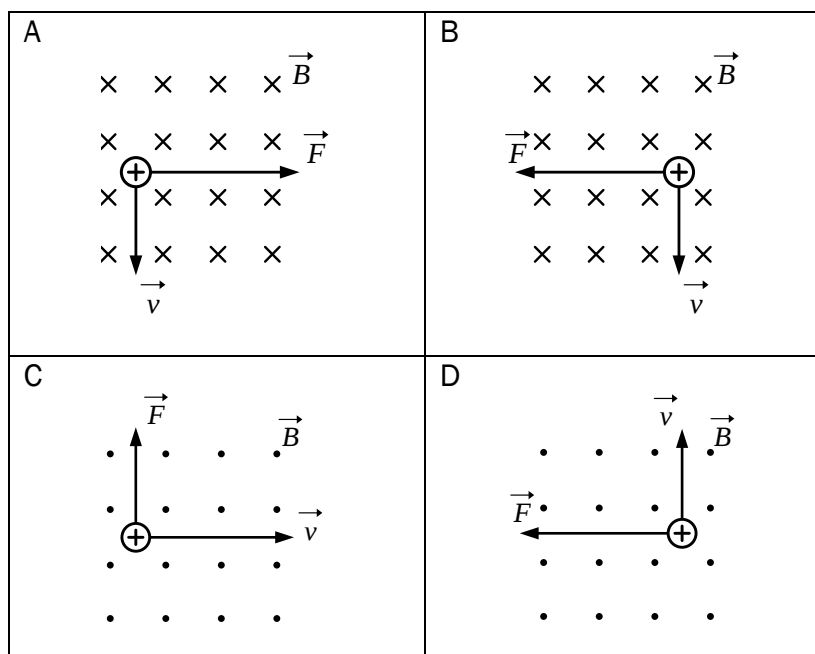
- k) Tre isolerte leiarar ligg oppå kvarandre. Ein av leiarane er sirkelforma, og dei to andre er rette. Leiarane dannar fire sirkelsektorar: A, B, C og D. Straumretninga i leiarane er vist i figuren.

I kva for ein sektor er det samla magnetfeltet størst?



- l) Ein partikkel med positiv ladning beveger seg med ein fart v vinkelrett på eit homogent magnetfelt med flukstettleik (feltstyrke) B . Det verkar ei magnetisk kraft F på ladningen.

Kva for ein figur er rett?



- m) Figuren viser to parallelle metallskjener som danner vinkelen α med horisontalplanet. Vinkelrett på metallskjenene ligg ein koparstav PQ i ro. Det går ein straum gjennom koparstaven. Eit homogent magnetfelt peikar loddrett nedover. Sjå bort frå friksjon mellom koparstaven og skjenene.



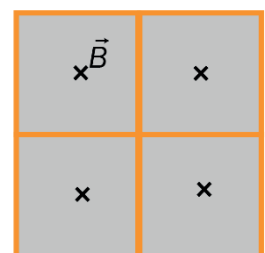
Kva er rett?

	Sett frå sida peikar den magnetiske krafta på koparstaven	Straumretninga gjennom koparstaven er
A	mot venstre	frå P til Q
B	mot venstre	frå Q til P
C	mot høgre	frå P til Q
D	mot høgre	frå Q til P

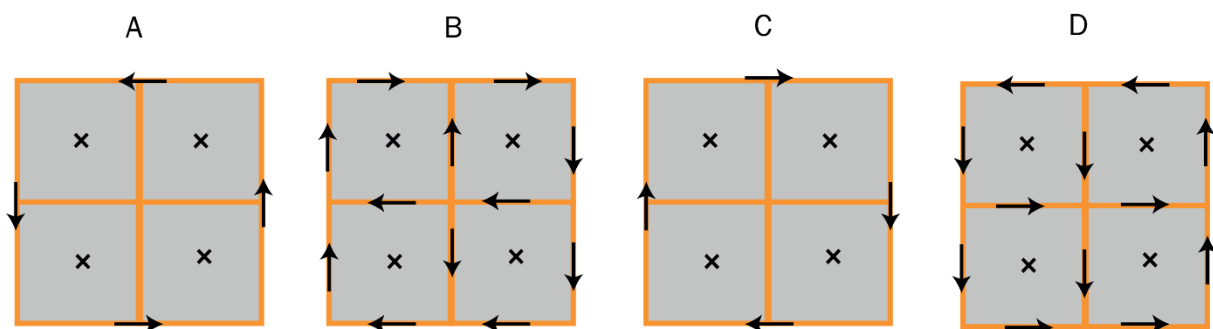
- n) Fleire leiingar er kopla saman og danner eit kvadratisk rutenett. Heile det kvadratiske rutenettet ligg i eit homogent magnetfelt som peikar inn i papiret.

Den magnetiske flukstettleiken **aukar**.

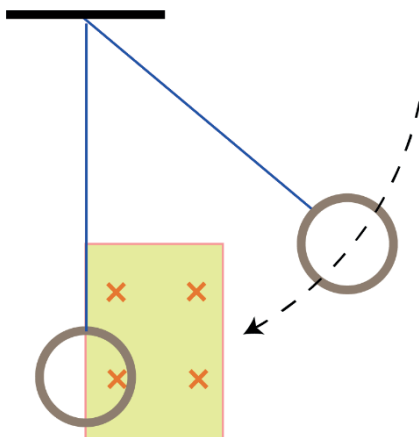
Kva for ein av figurane nedanfor viser rett induisert straumretning i rutenettet?



Der det ikkje er angitt straumretning, går det ingen straum.



- o) Ein pendel består av ein metallring og ei snor. Ringen har elektrisk resistans. Pendelen blir sleppt med stram snor og beveger seg i papirplanet mot eit magnetfelt som peikar inn i papiret. Pendelen fortset ut på den andre sida. Sjå bort frå friksjon og luftmotstand.



Per og Kari diskuterer kva som vil skje.

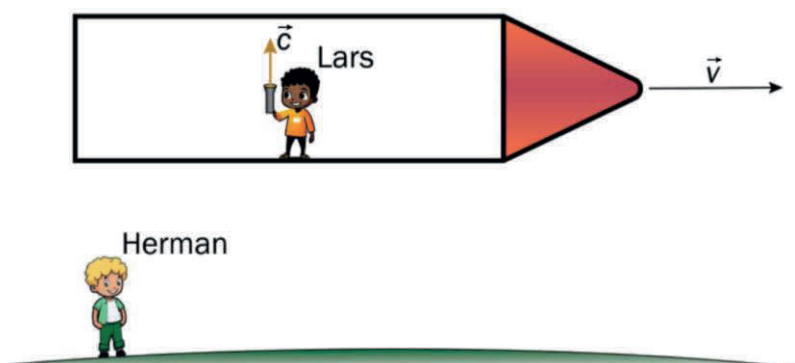
Per seier: Når ringen er på veg inn i feltet, er straumretninga i ringen med klokka. Når ringen er på veg ut av feltet, er straumretninga mot klokka.

Kari seier: Pendelen vil gå saktare og saktare for kvar gong han går gjennom feltet.

Kven har rett?

- A Per
- B Kari
- C begge
- D ingen

- p) Eit romskip har svært stor horisontal fart v i forhold til bakken. Lars står i romskipet og lyser med ei lommelykt. I treglekssystemet til Lars beveger lyset seg vertikalt med farten c . Herman står i ro på bakken.



Kva er rett om farten og retninga til lyset i Herman sitt treglekssystem?

	Farten	Retninga
A	c	vertikalt
B	c	på skrått mot høgre
C	$\sqrt{c^2 + v^2}$	vertikalt
D	$\sqrt{c^2 + v^2}$	på skrått mot høgre

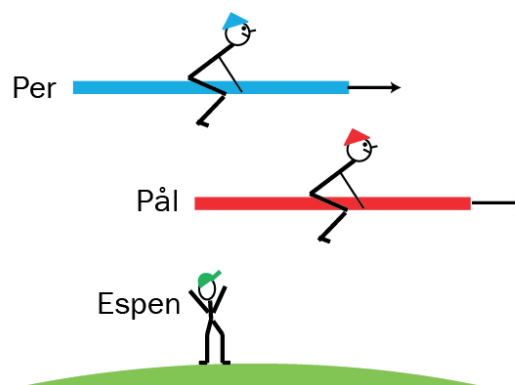
- q) Per og Pål sit på kvar sin tømmerstokk og flyr parallelt med ulik fart i same retning forbi Espen. Espen står i ro på bakken. Espen måler at farten til Per gir ein større lorentzfaktor enn farten til Pål. Per måler sin tømmerstokk til 8,0 m. Pål måler sin tømmerstokk til 8,0 m.

Det er gitt to påstandar om kva Espen måler i treglekssystemet sitt:

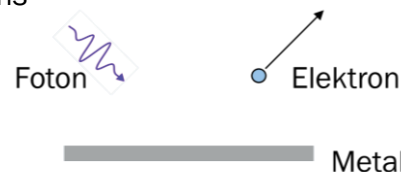
- 1 Pål har større fart enn Per.
- 2 Pål har lengre tømmerstokk enn Per.

Kva er rett?

- A ingen av påstandane
- B berre påstand 1
- C berre påstand 2
- D begge påstandane



- r) I eit forsøk med fotoelektrisk effekt blir lys med ein bestemt frekvens sendt inn mot ei metallplate, og det blir frigitt elektron.



Det er gitt to påstandar:

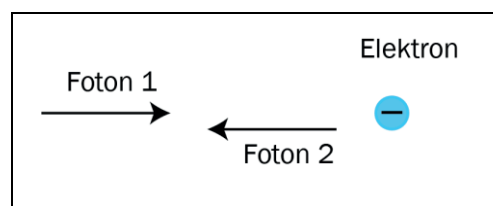
- 1 Dersom vi aukar frekvensen til lyset, blir det frigitt fleire elektron.
- 2 Det finst ein minste frekvens lyset kan ha for at det skal bli frigitt elektron.

Kva er rett?

- A ingen av påstandane
- B berre påstand 1
- C berre påstand 2
- D begge påstandane

- s) I ein comptonstøyt treffer eit foton 1 med bølglengda λ_1 eit elektron som er i ro. Etter støyten går eit foton 2 med bølglengda λ_2 i motsett retning av foton 1.

Samanhengen mellom bølglengdene før og etter støyten er gitt ved formelen



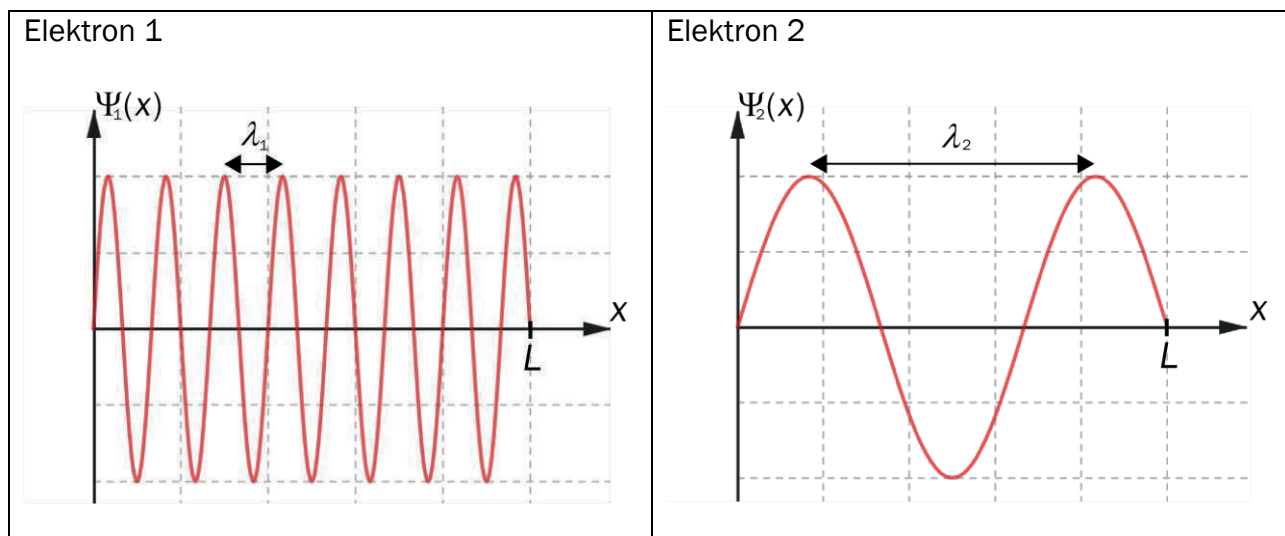
$$\lambda_2 - \lambda_1 = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos \theta)$$

der vinkelen θ er vinkelen mellom fartsretningane til dei to fotona.

Kva er rett?

	Skilnaden i bølglengd mellom fotona er	Kinetisk energi til elektronet etter støyten er
A	$\frac{h}{m_e c}$	$\frac{hc}{\lambda_1} + \frac{hc}{\lambda_2}$
B	$\frac{2h}{m_e c}$	$\frac{hc}{\lambda_1} + \frac{hc}{\lambda_2}$
C	$\frac{2h}{m_e c}$	$\frac{hc}{\lambda_1} - \frac{hc}{\lambda_2}$
D	$\frac{h}{m_e c}$	$\frac{hc}{\lambda_2} - \frac{hc}{\lambda_1}$

- t) Figurane viser bølgefunksjonane Ψ_1 og Ψ_2 til to elektron. Bølgjelengdene λ_1 og λ_2 til elektronane er markerte i figurane. Posisjonen til begge elektronane er $0 < x < L$.



Kva for eit elektron har høgast energi?

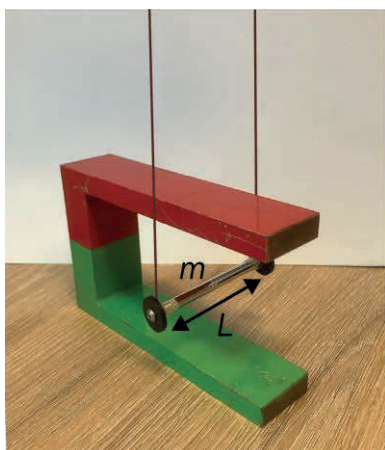
- A elektron 1
- B elektron 2
- C Elektronane har like mykje energi.
- D Det er umogleg å avgjere.

Oppgave 2

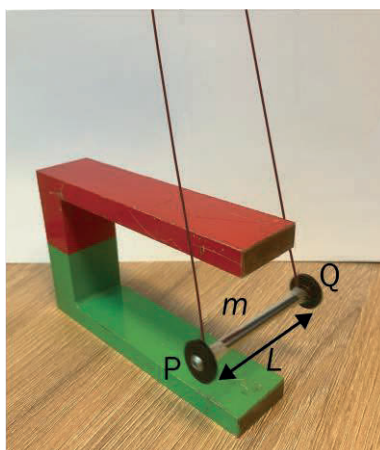
a) (3 poeng)

Ein straumleiare med masse m og lengd L heng i to tilnærma masselause kopartrådar. Straumleiaren er i eit tilnærma homogent magnetfelt med flukstettleik B . Retninga til magnetfeltet er vertikalt nedover. Når det går ein straum I gjennom straumleiaren, får han eit utslag mot høgre og blir hengande i ro slik at vinkelen mellom kopartrådane og vertikalen er α .

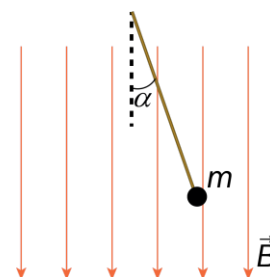
Når det ikkje går straum
(heng rett ned):



Når det går straum
(utslag mot høgre):



Når det går straum
(utslag mot høgre):



- 1 Teikn kreftene som verkar på straumleiaren når han heng i ro og det går ein straum I gjennom straumleiaren.
- 2 Går straumen frå P til Q, eller frå Q til P, gjennom straumleiaren? Sjå figuren.
- 3 Bestem eit uttrykk for den magnetiske flukstettleiken B .

b) (1 poeng)

Kva seier ekvivalensprinsippet i den generelle relativitetsteorien?

c) (2 poeng)

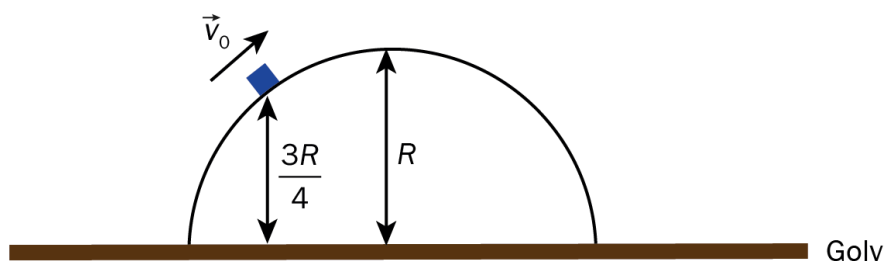
Lys blir sendt ut frå overflata på ei stjerne. På jorda mottek vi lyset frå stjerna. Massen til stjerna er mykje større enn massen til jorda. Sjå bort frå alle andre gravitasjonsfelt enn felta til stjerna og jorda. Sjå også bort frå bevegelsen til jorda og stjerna.

Lag ein figur og forklar kva som skjer med lyset frå det forlèt stjerna si overflate, og til det blir observert på jorda.

d) (4 poeng)

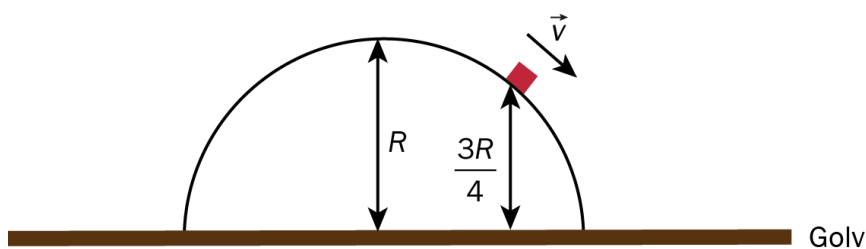
Ei halvsirkelforma bane med radius R står på eit golv. Ein kloss blir send oppover bana med startfarten v_0 , slik at han akkurat mistar kontakt med underlaget på toppen av bana.

Startposisjonen til klossen har ei høgd $\frac{3R}{4}$ over golvet. Sjå bort frå friksjon og luftmotstand.



1 Bestem eit uttrykk for startfarten v_0 .

Ein annan kloss mistar kontakt med bana når han er i ei høgd $\frac{3R}{4}$ over golvet.

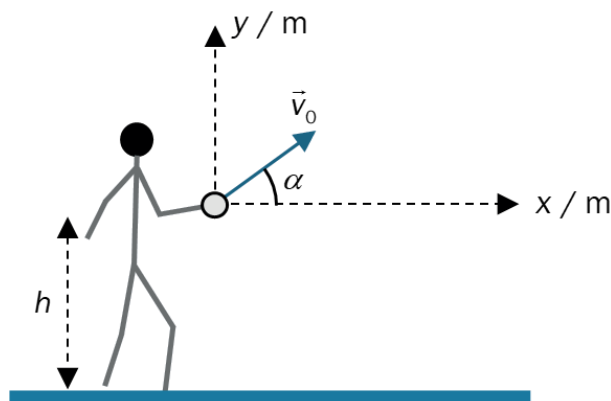


2 Kor stor er farten v der klossen mistar kontakt med bana?

Del 2

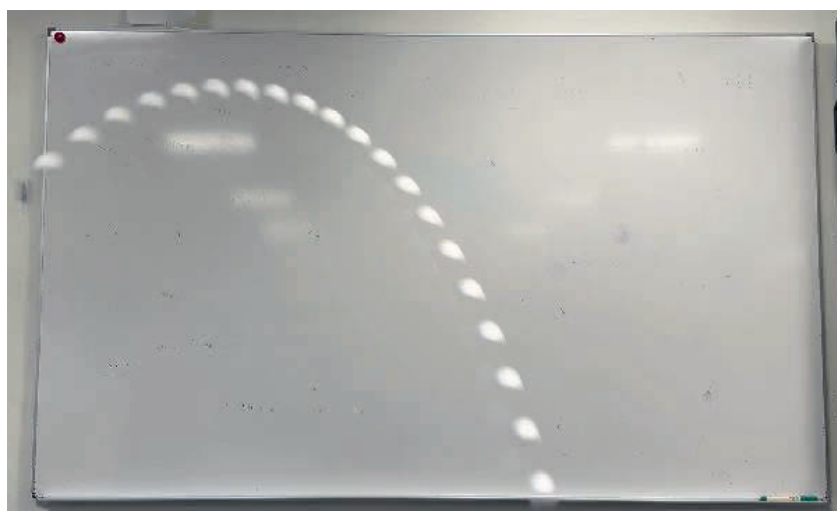
Oppgave 3 (6 poeng)

Trond kastar ein ball på skrått med startfart $v_0 = 5,0$ m/s. Startfarten dannar utgangsvinkelen $\alpha = 35^\circ$ med horisontalen. Starthøgda $h = 1,50$ m over golvet. Sjå bort frå luftmotstand.

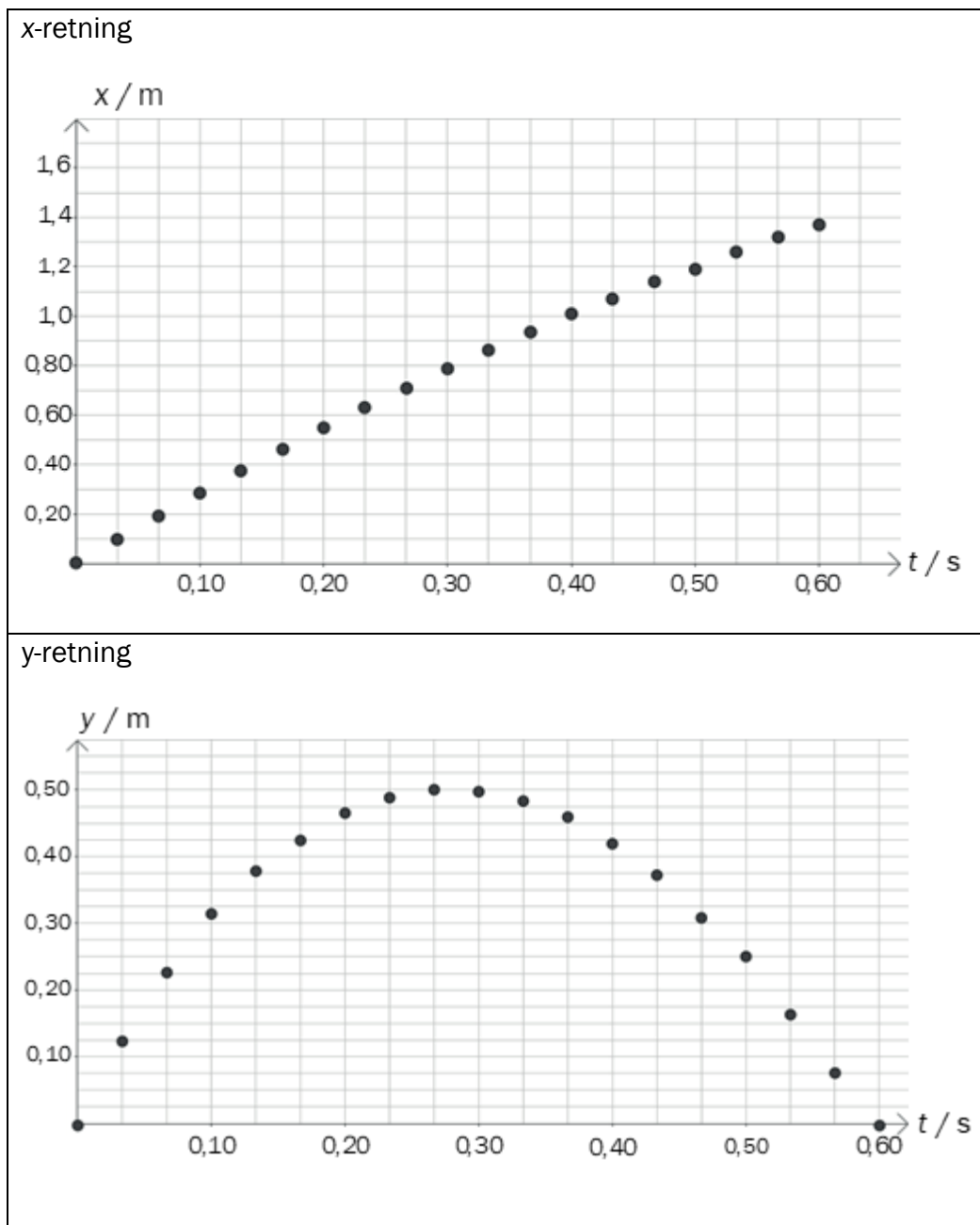


- a) Kor høgt over golvet kjem ballen?
- b) Kor langt har ballen bevegde seg i horisontal retning når han treffer golvet?

Nokre fysikkelevar vil undersøkje om det er rimeleg å sjå bort frå luftmotstanden når ei isoporkule blir kasta på skrå. Dei filmar bevegelsen til isoporkula og måler posisjonen til kula ved ulike tidspunkt.



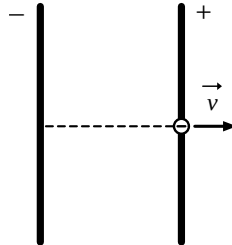
På neste side blir det vist grafar av isoporkula sin posisjon i x - og y -retning som funksjon av tid.



- c) Bruk begge grafane til å argumentere for at luftmotstanden har ein påverknad på isoporkula. Du treng ikkje gjere regresjon eller berekningar her.
- d) Bruk grafane til å bestemme ein verdi for storleiken til startfarten.

Oppgåve 4 (5 poeng)

Eit elektron blir akselerert fr  ro i eit homogent elektrisk felt i ein elektronkanon. Spenninga mellom platene er 6000 V.



- a) 1 Rekn ut farten v til elektronet når det passerer den positive plata, dersom vi reknar klassisk.
- 2 Rekn ut farten til elektronet når det passerer den positive plata, dersom vi reknar relativistisk. Du kan bruke formelen $E_k = (\gamma - 1)mc^2$.

Eit **proton** blir akselerert fr  ro i eit homogent elektrisk felt av ei spenning på 6000 V.

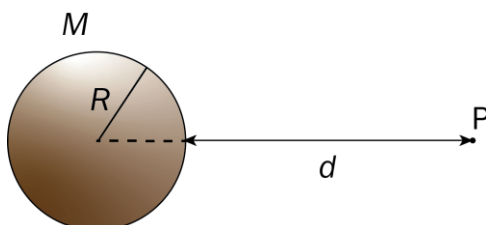
- b) Rekn ut de Broglie-bølgjelengda til protonet etter at det har passert det elektriske feltet.

Vi antek at uskarpleiken i posisjonen til protonet er lik de Broglie-bølgjelengda til protonet i oppgåve b.

- c) Bestem den minste moglege uskarpleiken i bevegelsesmengda til protonet.

Oppgave 5 (6 poeng)

Ein planet utan atmosfære har masse $M = 2,60 \cdot 10^{26}$ kg og radius $R = 2,30 \cdot 10^7$ m. Eit punkt P er ein avstand $d = 5,50 \cdot 10^7$ m frå overflata til planeten. Sjå bort frå alle andre felt enn planeten sitt gravitasjonsfelt i oppgåve a og b. Sjå bort frå luftmotstand i heile oppgåva.

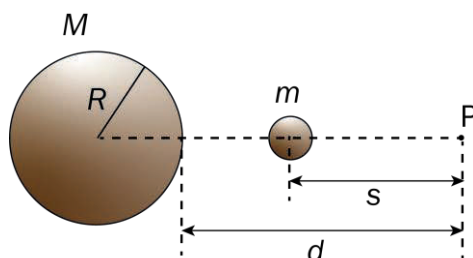


- a) Kor stor er gravitasjonsfeltstyrken i punktet P?

Ein gjenstand fell rett mot sentrum av planeten. I fallet passerer han punktet P med farten 9,80 km/s.

- b) Bestem kor stor fart gjenstanden treffer overflata på planeten med.

I eit anna tilfelle er det ein måne på linja mellom sentrum av planeten og punktet P. Månen har masse $m = 1,50 \cdot 10^{23}$ kg og radius $r = 1,20 \cdot 10^5$ m. Avstanden frå punktet P til sentrum av månen $s = 1,00 \cdot 10^7$ m. Figuren nedanfor er ikkje i rett storleiksforhold. Sjå bort frå alle andre felt enn planeten og månen sitt gravitasjonsfelt i oppgåve c.



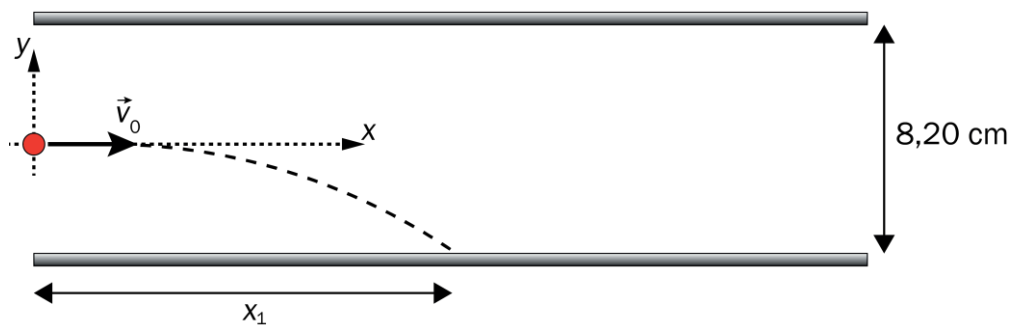
Ein gjenstand blir sleppt frå ro i punktet P. Sjå bort frå bevegelsen til planeten og månen.

- c) Kor lang tid tek det før gjenstanden treffer månen?
Du kan ta utgangspunkt i koden ved sida av.

1	gamma = 6.67E-11
2	M = 2.60E26
3	m = 1.50E23
4	v = 0
5	t = 0
⋮	
	dt = 0.01
	while ... :
	print(t)

Oppgåve 6 (7 poeng)

Eit proton har ein startfart $v_0 = 1,00 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ i x-retning når det kjem inn midt mellom to horisontale plater. Det er eit elektrisk felt med feltstyrken $E = 300 \text{ V/m}$ mellom platene. Sj  lengdemål i figuren. Sj  bort frå gravitasjonsfeltet.

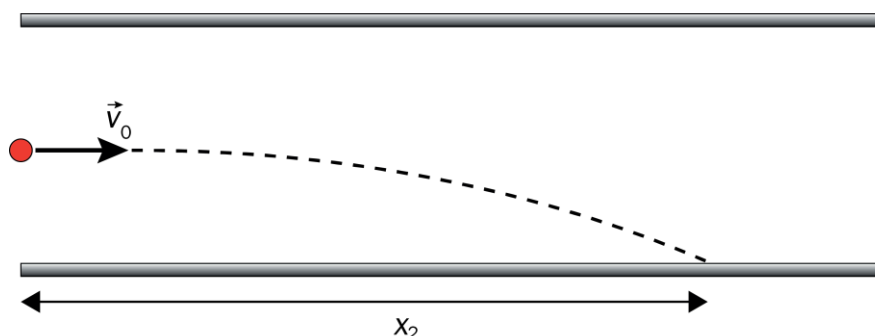


- Bestem kor lang tid det tek f r protonet treffer den nedste plata.
- Kor langt x_1 har protonet bevegdd seg i horisontal retning når det treffer den nedste plata?

Eit nytt proton blir sendt inn mellom platene. Farten er like stor og har same retning som farten til det første protonet. I tillegg til det elektriske feltet med feltstyrke E er det no også eit homogent magnetfelt med flukstettleik B i området mellom platene.

- 1 Kva retning har det magnetiske feltet dersom protonet går rett fram i x-retning?
2 Vis at protonet går rett fram dersom $B = 3,00 \text{ mT}$.

Dersom magnetfeltet peikar i same retning som i oppgåve c1 og har feltstyrke $B = 2,00 \text{ mT}$, beveger protonet seg ein avstand x_2 i horisontal retning f r det treffer den nedste plata.



- Bestem kor stor fart protonet treffer den nedste plata med.

Oppgave 7 (4 poeng)

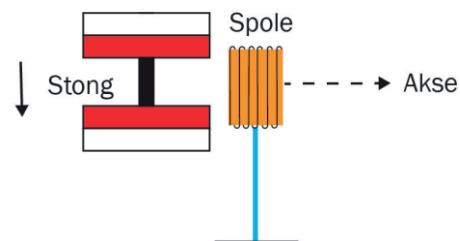
To sylinderforma magnetar ligg med nordpolane vende mot kvarandre.



Sett frå sida

- a) Ta utgangspunkt i figuren til høgre ovanfor og teikn det samla feltet frå dei to magnetane i området mellom dei og rundt dei.

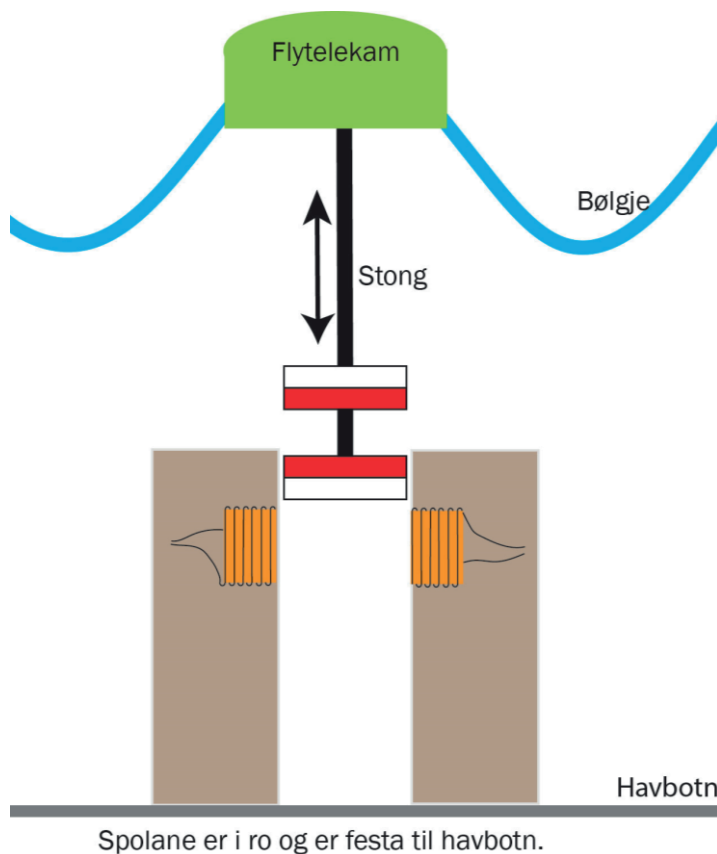
Figuren til høgre viser ei stong som er festa mellom dei to magnetane. Stonga påverkar ikkje magnetfeltet. Ein spole er festa til eit stativ og blir plassert ved sida av magnetane. Spoleplanet er vinkelrett på papirplanet. Magnetane blir sleppte frå posisjonen vist i figuren til høgre.



- b) Lag ein hensiktsmessig figur og gjer greie for straumretninga i spolen like etter at han er sleppt frå posisjonen vist i figuren ovanfor.

Figuren til høgre viser prinsippet til eit bølgekraftverk.

- c) Beskriv korleis bølgekraftverket hentar energi frå bølgiene.
- d) Vurder om det vil hentast ut meir eller mindre energi dersom den øvste magneten blir montert med sørpolen nedst.



Faktavedlegg

Vedlegget kan brukast under både del 1 og del 2 av eksamen.

Fysikkkonstantar	Atommasseeininga (u)	$1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
	Biot-Savart-konstanten (k_m)	$2 \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$ (eksakt)
	Coulombkonstanten (k_e)	$8,99 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$
	Elementærladninga (e)	$1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
	Gravitasjonskonstanten (γ)	$6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$
	Lysfarten i vakuum (c)	$3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
	Planckkonstanten (h)	$6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$
	Bohrs konstant (B)	$2,18 \cdot 10^{-18} \text{ J}$
Partikkelmassar	Elektron (m_e)	$9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
	Muon (m_μ)	$1,884 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$
	Ladd pi-meson (m_π)	$2,488 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$
	Nøytralt pi-meson (m_{π^0})	$2,406 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$
	Proton (m_p)	$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
	Nøytron (m_n)	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
	Alfapartikkel/heliumkjerne (m_α)	$6,645 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Jorda	Ekvatorradius	6378 km
	Polradius	6357 km
	Middelradius	6371 km
	Masse	$5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$
	Tyngdeakselerasjon (standardverdi)	$9,80665 \text{ m/s}^2$
	Middelavstand frå sola	$1,496 \cdot 10^{11} \text{ m}$
Sola	Radius	$6,96 \cdot 10^8 \text{ m}$
	Masse	$1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$
Månen	Middelradius	1737 km
	Masse	$7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}$
	Tyngdeakselerasjon	$1,62 \text{ m/s}^2$
	Middelavstand frå jorda	$3,84 \cdot 10^8 \text{ m}$

Formelvedlegg

Vedlegget kan brukes under både del 1 og del 2 av eksamen.

Mekanikk	$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$	$v = v_0 + at$	$v^2 - v_0^2 = 2as$	$s = \frac{v_0 + v}{2} \cdot t$
	$v(t) = s'(t)$	$s(t) = \int v(t) dt$	$a(t) = v'(t)$	$v(t) = \int a(t) dt$
	$a = \frac{v^2}{r}$	$v = \frac{2\pi r}{T}$	$\omega = \frac{2\pi}{T}$	$f = \frac{1}{T}$
	$\Sigma F = 0 \Leftrightarrow v = \text{konstant}$	$\Sigma F = ma$	$F^* = -F$	$R = \mu N$
	$W = F \cdot s = Fs \cos(\alpha)$	$W = \int_a^b F ds$	$E = E_0 + W_a$	$E_p = mgh$
	$P = \frac{W}{t} = \frac{E}{t}$	$p = mv$	$L = kv, L = kv^2$	$E_k = \frac{1}{2} mv^2$
				$m = \rho V$
Gravitasjon	$G = \gamma \frac{Mm}{r^2}$	$g = \frac{G}{m}$	$E_p = -\gamma \frac{Mm}{r}$	
Elektrisitet og magnetisme	$F_e = k_e \frac{Qq}{r^2}$	$E = \frac{F_e}{q}$	$U = \frac{W}{q}$	$E = \frac{U}{d}$
	$I = \frac{Q}{t}$	$R = \frac{U}{I}$	$P = UI$	$B = k_m \frac{I}{r}$
	$F_m = qv \times B$	$F_m = IL \times B$	$F_m = k_m \frac{I_1 I_2}{r} \cdot L$	
	$\Phi = B \cdot A = BA \cos(\alpha)$	$\bar{\mathcal{E}} = -N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$	$\mathcal{E} = -N \cdot \Phi'(t)$	$\mathcal{E} = vBL$
	$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{maks}} \sin(\omega t)$	$\mathcal{E}_{\text{maks}} = NBA\omega$	$U_s I_s = U_p I_p$	$\frac{U_s}{U_p} = \frac{N_s}{N_p}$
Relativitetsteori	$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$	$t = \gamma t_0$	$L = \frac{L_0}{\gamma}$	$p = \gamma mv$
	$E^2 = (mc^2)^2 + (pc)^2$	$E = E_k + E_0$	$E_k = (\gamma - 1)mc^2$	$E_0 = mc^2$
Kvantefysikk	$E = hf$	$hf = W + E_k$	$\lambda = \frac{h}{p}$	$p = \frac{E}{c} = \frac{h}{\lambda}$
	$c = \lambda f$	$E_n = -\frac{B}{n^2}$	$\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$	$\Delta E \Delta t \geq \frac{h}{4\pi}$

Fortsettelse vedlegg 2

Databehandling	$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$	$\Delta x = \frac{x_{\text{maks}} - x_{\text{min}}}{2}$
	$\Delta(x \pm y \pm \dots) = \Delta x + \Delta y + \dots$	$\frac{\Delta(x^n \cdot y^m \cdot \dots)}{x^n \cdot y^m \cdot \dots} = \frac{ n \cdot \Delta x}{\bar{x}} + \frac{ m \cdot \Delta y}{\bar{y}} + \dots$

Andregradslikninger	$ax^2 + bx + c = 0 \Leftrightarrow x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$		
Derivasjonsregler	$(x^r)' = r \cdot x^{r-1}$	$(u+v)' = u' + v'$	
	$(u \cdot v)' = u' \cdot v + u \cdot v'$	$\left(\frac{u}{v}\right)' = \frac{u' \cdot v - u \cdot v'}{v^2}$	
	$(g(u))' = g'(u) \cdot u'$	$(e^{kx})' = k \cdot e^{kx}$	
	$(\sin(kx))' = k \cdot \cos(kx)$	$(\cos(kx))' = -k \cdot \sin(kx)$	
Integrasjon	$\int f(x) dx = F(x) + C$, hvor $F'(x) = f(x)$		$\int_a^b f(x) dx = F(b) - F(a)$
Vektorregning	$a \cdot b = a \cdot b \cos(v)$		$ a \times b = a \cdot b \sin(v)$
	$[x_1, y_1] + [x_2, y_2] = [x_1 + x_2, y_1 + y_2]$		$a \times b \perp a \quad a \times b \perp b$
Geometri	$O_{\text{sirkel}} = 2\pi r$	$A_{\text{sirkel}} = \pi r^2$	$A_{\text{kule}} = 4\pi r^2$
	$V_{\text{kule}} = \frac{4\pi r^3}{3}$	$\sin v = \frac{\text{mot. kat.}}{\text{hyp.}}$	$\cos v = \frac{\text{hos. kat.}}{\text{hyp.}}$
	$\tan v = \frac{\text{mot. kat.}}{\text{hos. kat.}}$	$\frac{\sin(A)}{a} = \frac{\sin(B)}{b} = \frac{\sin(C)}{c}$	

	0°	30°	45°	60°	90°
sin v	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1
cos v	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0
tan v	0	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	1	$\sqrt{3}$	

Programmeringsvedlegg

Vedlegget kan brukes under både del 1 og del 2 av eksamen.

En del av kommandoene er avhengig av å bruke ulike python-bibliotek. Det er ikke kommentert spesifikt hvilke kommandoer som krever dette.

Utskrift	<code>print()</code>
Regneoperatorer	<code>+</code> <code>-</code> <code>*</code> <code>**</code> <code>/</code> <code>//</code>
Definere variabel	<code>a = <verdi></code>
Tilordne variabel ny verdi	<code>=</code> <code>+=</code> <code>-=</code> <code>*=</code> <code>/=</code>
Heltall og desimaltall	<code>int(<tall>)</code> <code>float(<tall>)</code>
Konstanter	<code>pi</code> <code>e</code>
Tall på standardform	Eksempel: 6.67E-11 eller 6.67e-11
Lister og arrays (vektorer)	<code>L = []</code> <code>L.append(<verdi>)</code> <code>v = array(L)</code> <code>v = zeros(<antall elementer>)</code> <code>x = linspace(<start>, <slutt>, <antall elementer>)</code>
Definere funksjon	<code>def <navn og argument til funksjon>:</code> <code> return <funksjon></code>
Innebygde funksjoner	<code>exp()</code> <code>log()</code> <code>sqrt()</code> <code>abs()</code> <code>sin()</code> <code>arcsin()</code> <code>cos()</code> <code>arccos()</code> <code>tan()</code> <code>arctan()</code> <code>radians()</code> <code>degrees()</code> <code>min()</code> <code>max()</code> <code>sum()</code> <code>mean()</code> <code>std()</code> <code>len()</code> <code>random()</code> <code>round()</code> <code>float()</code> <code>int()</code> <code>sign()</code>
Informasjon fra brukeren	<code>input()</code>

Fortsettelse vedlegg 3

Plotte	<code>plot(<x-verdier>, <y-verdier>, <farge og layout>)</code> <code>title(<tittel>)</code> <code>xlabel(<navn på førsteakse>)</code> <code>ylabel(<navn på andreakse>)</code> <code>grid()</code> <code>axis('equal')</code> <code>show()</code>
Sammenligne	<code>==</code> <code>!=</code> <code><</code> <code>></code> <code><=</code> <code>>=</code>
Logikk	<code>and</code> <code>or</code> <code>not</code>
if-test	<code>if <betingelse>:</code> <hva som skal skje> <code>elif <betingelse>:</code> <hva som skal skje> <code>else:</code> <hva som skal skje> <code>if <betingelse>:</code> <code>break</code>
Løkker/iterasjoner	<code>for n in range(<verdier>):</code> <hva som skal skje> <code>for n in <liste>:</code> <hva som skal skje> <code>while <betingelse>:</code> <hva som skal skje>

Blank side

Blank side

Kandidatnummer: _____

Svarark nr 1 av totalt _____ på del 1.

Oppgave 1 / Oppgave 1	Svaralternativ A, B, C eller D
a)	
b)	
c)	
d)	
e)	
f)	
g)	
h)	
i)	
j)	
k)	
l)	
m)	
n)	
o)	
p)	
q)	
r)	
s)	
t)	

Vedlegg 4 skal leverast kl. 11.00 saman med svaret for oppgave 2.
Vedlegg 4 skal leveres kl. 11.00 sammen med besvarelsen for oppgave 2.