

Bokmål

Eksamensinformasjon	
Eksamenstid	Eksamen varer i 5 timer. Del 1 skal leveres inn etter 2 timer. Del 2 skal leveres inn senest etter 5 timer. Du kan begynne å løse oppgavene i del 2 når som helst, men du kan ikke bruke hjelpemidler før etter 2 timer – etter at du har levert svarene for del 1.
Tillatte hjelpemidler under eksamen	Del 1: skrivesaker, passer, linjal, vinkelmåler og vedlegg i oppgavesettet Del 2: Alle hjelpemidler er tillatt, bortsett fra åpent internett og andre verktøy som gjør det mulig å kommunisere, som mobiltelefon, programvare for samskriving, chat eller lignende. Du har ikke lov til å bruke kunstig intelligens som hjelpemiddel under eksamen. Programmeringsprogrammer o.l. må være installert lokalt på din enhet før eksamen. GeoGebra klassisk (versjon 6.0) vil være tilgjengelig som nettbasert hjelpemiddel.
Bruk av kilder	Dersom du bruker kilder i svaret ditt, skal du alltid føre dem opp på en slik måte at leseren kan finne fram til dem. Du skal føre opp forfatter og fullstendig tittel på både lærebøker og annen litteratur. Dersom du bruker utskrifter eller sitat fra internett, skal du føre opp nøyaktig nettadresse og nedlastingsdato.
Vedlegg	1 Faktavedlegg 2 Formelvedlegg 3 Programmeringsvedlegg 4 Eget svarark for oppgave 1
Vedlegg som skal leveres inn	Vedlegg 4: Eget svarark for oppgave 1 finner du bakerst i eksamenssettet.

Informasjon om oppgavene	Oppgave 1 har 20 flervalgsoppgaver med fire svaralternativer: A, B, C og D. Det er bare ett riktig svaralternativ for hver flervalgsoppgave. Blankt svar blir regnet som feil svar. Dersom du er i tvil, bør du derfor skrive det svaret du mener er mest korrekt. Du kan bare svare med ett svaralternativ: A, B, C eller D. Skriv svarene for oppgave 1 på eget svarark i vedlegg 4, som ligger helt til sist i eksamenssettet. Svararket skal du rive løs fra oppgavesettet og levere inn. Du skal altså ikke levere inn selve eksamensoppgaven med oppgaveteksten. Del 1 har 2 oppgaver. Del 2 har 5 oppgaver.
Informasjon om vurderingen	Vurderingskriteriene er gruppert i fire kompetanseområder: • problemløsning • databehandling • programmering • presentasjon De to delene av besvarelsen, del 1 og del 2, vil bli vurdert som en helhet ved bruk av vurderingskriteriene og sensorenes faglige skjønn. Sensorene skal først og fremst se etter fysikkforståelsen i besvarelsen. Det er derfor viktig at svarene på oppgave 2 og del 2 er begrunnet, og at resonnementene kommer tydelig fram. Du vil ikke nødvendigvis tjene på å skrive svært langt. Et kortere og klart svar er ofte bedre enn et langt og utflytende svar. Karakteren ved sluttvurderingen blir fastsatt etter en helhetlig vurdering av eksamenssvaret. De to delene av svaret, del 1 og del 2, blir vurdert under ett. Oppgave 1 og 2 på del 1 teller omtrent likt. Del 2 teller omtrent 60 prosent av hele settet.
Kilder	Grafer, bilder og figurer: Utdanningsdirektoratet

Del 1

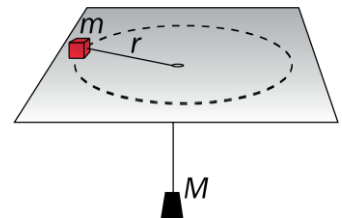
Oppgave 1 Flervalgsoppgaver

Skriv svarene for oppgave 1 på eget svarark i vedlegg 4.

(Du skal altså *ikke* levere inn selve eksamensoppgaven med oppgaveteksten.)

- a) En kloss med masse m og et lodd med masse M er festet i hver sin ende av ei snor. Klossen beveger seg med konstant fart i en sirkelbane med radius r på overflata av et bord. Snora går gjennom et hull i bordet slik at loddet henger i ro på undersiden av bordet. Tyngdeakselerasjonen kan skrives som

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



Den relative usikkerheten i rundetiden T er 1 %, og den relative usikkerheten i radien r er 4 %.

Hva blir den relative usikkerheten i g ?

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

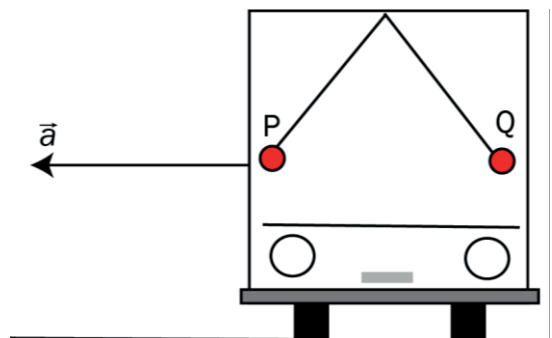
- b) En bil kjører med konstant banefart v i en horisontal, sirkelformet sving. I figuren er bilen sett forfra. I taket i bilen er det festet en pendel. I figuren vises to posisjoner til pendelen, P og Q, der en av dem er riktig. Retningen til akselerasjonen a til bilen er vist i figuren.

Det er gitt to påstander:

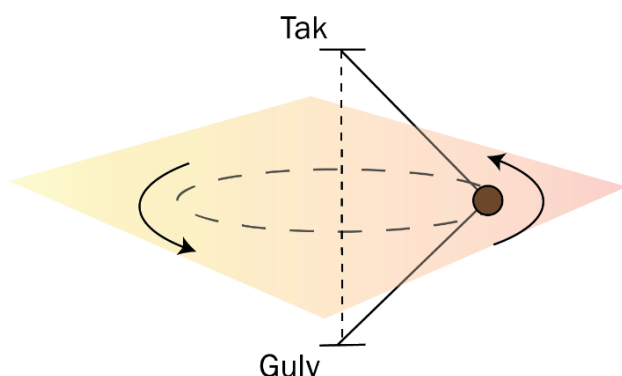
- 1 Hvis v dobles, vil a bli dobbelt så stor.
- 2 Riktig posisjon til pendelen er P.

Hva er riktig?

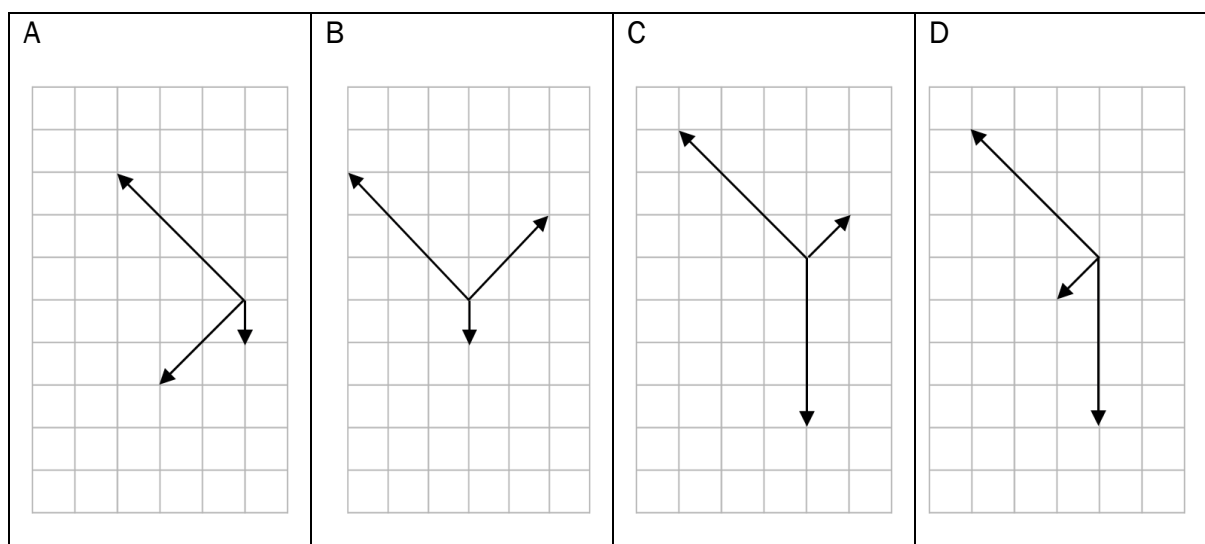
- A ingen av påstandene
- B bare påstand 1
- C bare påstand 2
- D begge påstandene



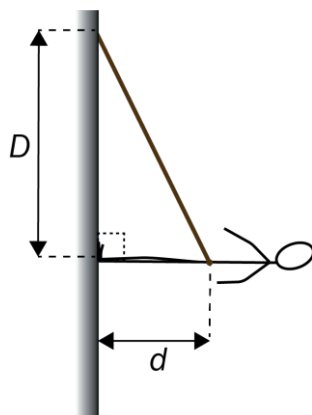
- c) Ei kule beveger seg med konstant banefart i en horisontal sirkelbane. Kula henger i to like lange rette snorer som er festet i taket og gulvet. Begge snorene er stramme under bevegelsen. Festepunktene til snorene i taket og gulvet er rett ovenfor hverandre. Se bort fra luftmotstand.



Hvilket alternativ viser best kreftene som virker på kula, når kula er i den posisjonen som er vist i figuren?



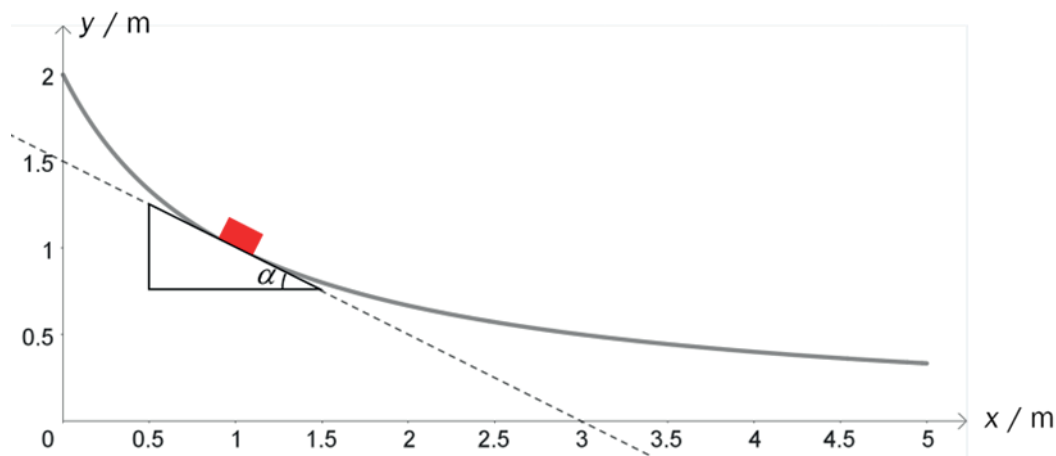
- d) En fjellklatrer står horisontalt inntil en fjellvegg ved hjelp av et tau. Den ene enden av tauet er festet til fjellveggen, og den andre enden er festet til klatreren. Massen til klatreren er m . D og d er avstander som vist i figuren. Se bort fra friksjon.



Hvor stor er normalkraften fra fjellveggen på klatreren?

- 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) En kloss glir ned en bakke som vist i figuren. Klossen starter fra ro i toppen av bakken. Se bort fra friksjon og luftmotstand.



Programmet skal regne ut hvor 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)

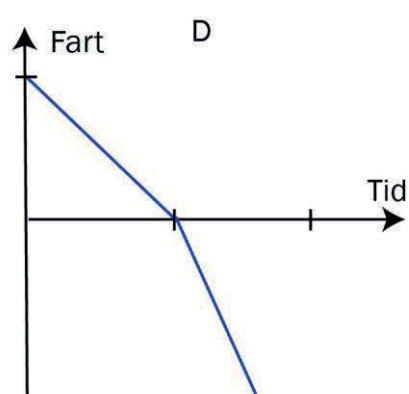
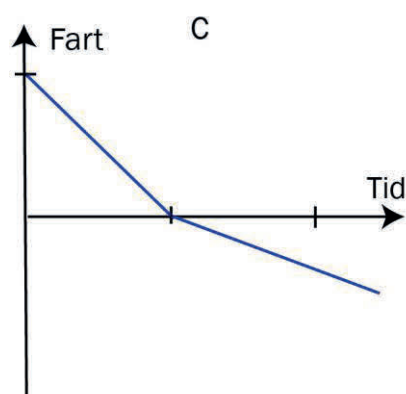
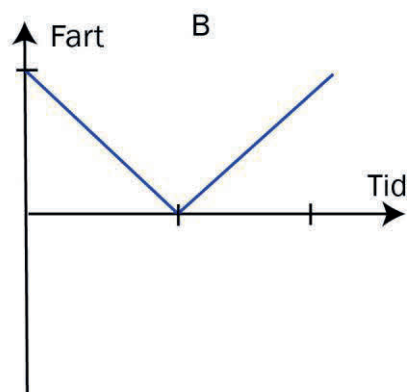
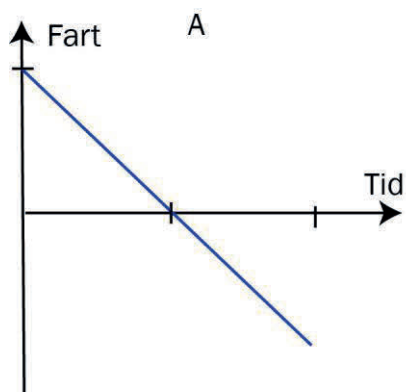
```

Hva 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) En kloss blir sendt oppover et skråplan. Se bort fra luftmotstand, men ikke friksjon.

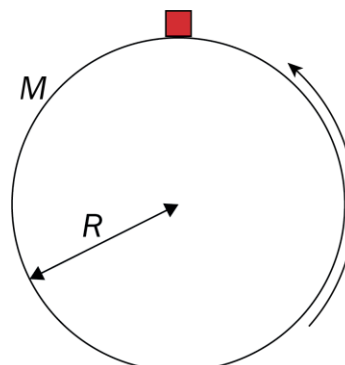
Hvilken fartsgraf viser best bevegelsen til klossen opp og ned skråplanet?



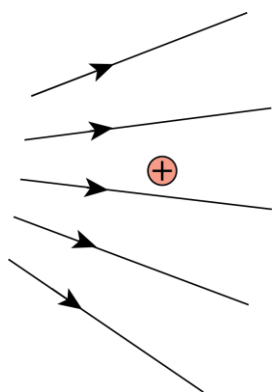
- g) En planet med masse M og radius R roterer så fort at en gjenstand som ligger ved ekvator på planeten, så vidt ikke mister kontakt med underlaget. Figuren viser planeten sett ovenfra.

Hvor lang tid bruker planeten på å rotere én 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) En partikkel med positiv elektrisk ladning holdes i ro i et inhomogent elektrisk felt. Posisjonen til partikkelen og retningen til feltet er vist i figuren. Se bort fra alle andre felt enn det elektriske.



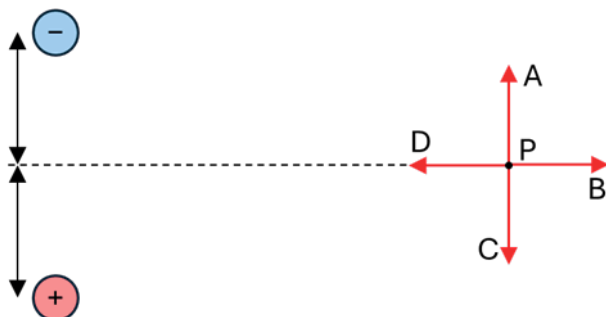
Partikkelen slippes. Den vil da begynne å bevege seg med økende fart.

Hva er riktig?

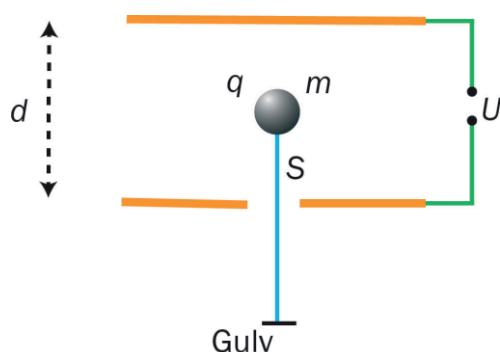
	Retningen til farten er mot	Absoluttverdien til akselerasjonen
A	venstre	øker
B	venstre	er konstant
C	høyre	avtar
D	høyre	er konstant

- i) Et punkt P ligger like langt fra to ladde partikler. De to partiklene har like stor ladning. Den øverste partikkelen er negativt ladd, og den nederste er positivt ladd.

Hvilken pil viser retningen på det totale elektriske feltet i punktet P?



- j) Ei kule blir holdt i ro av ei snor mellom to horisontale, ladde plater. Snora er festet til gulvet og er ikke-ledende. Massen til kula er m , og ladningen er q . Plateavstanden er d , og spenningen mellom platene er U . Snorkraften er S . Se bort fra massen til snora.

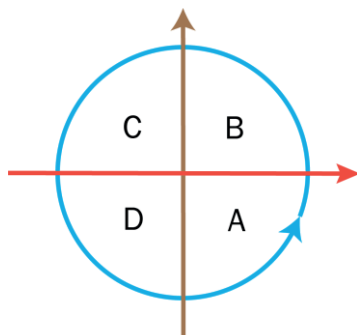


Hva er riktig?

	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	umulig å vite	$\frac{(S + mg)d}{U}$
D	umulig å vite	$\frac{(S - mg)d}{U}$

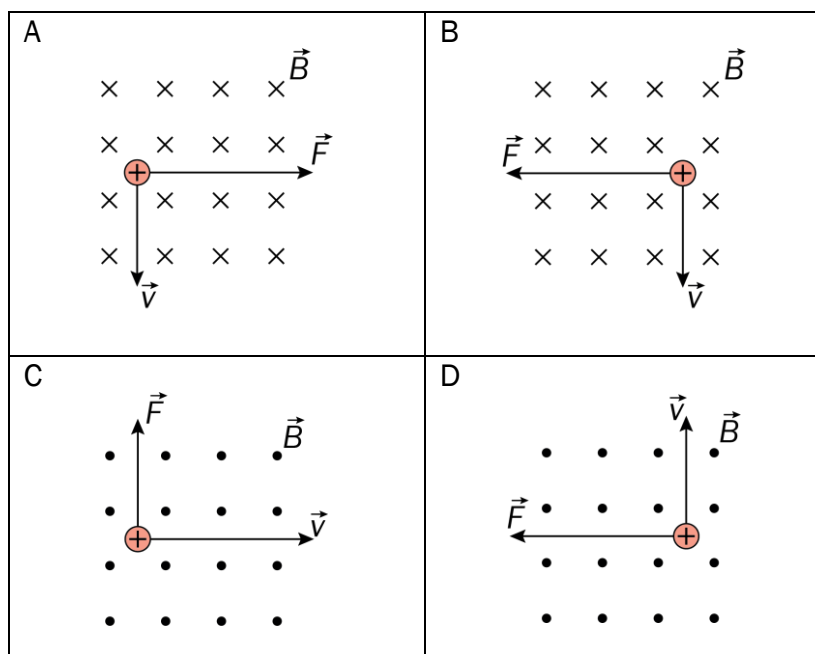
- k) Tre isolerte ledere ligger oppå hverandre. En av lederne er sirkelformet, og de to andre er rette. Lederne danner fire sirkelsektorer: A, B, C og D. Strømretningen i lederne er vist i figuren.

I hvilken sektor er det samlede magnetfeltet størst?



- l) En partikkel med positiv ladning beveger seg med en fart v vinkelrett på et homogent magnetfelt med flukstetthet (feltstyrke) B . Det virker en magnetisk kraft F på ladningen.

Hvilken figur er riktig?



- m) Figuren viser to parallelle metallskinner som danner vinkelen α med horisontalplanet. Vinkelrett på metallskinnene ligger en kobberstav PQ i ro. Det går en strøm gjennom kobberstaven. Et homogent magnetfelt peker loddrett nedover. Se bort fra friksjon mellom kobberstaven og skinnene.



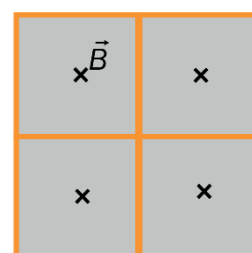
Hva er riktig?

	Sett fra siden peker den magnetiske kraften på kobberstaven	Strømretningen gjennom kobberstaven er
A	mot venstre	fra P til Q
B	mot venstre	fra Q til P
C	mot høyre	fra P til Q
D	mot høyre	fra Q til P

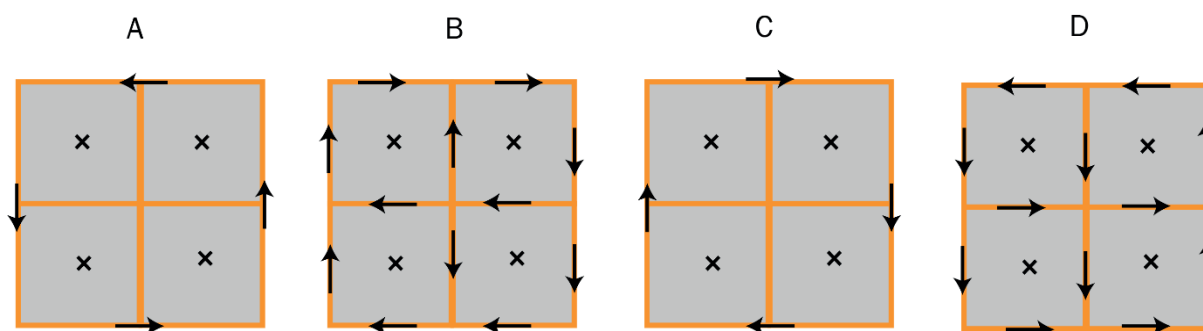
- n) Flere ledere er koblet sammen og danner et kvadratisk rutenett. Hele det kvadratiske rutenettet ligger i et homogent magnetfelt som peker inn i papiret.

Den magnetiske flukstettheten **øker**.

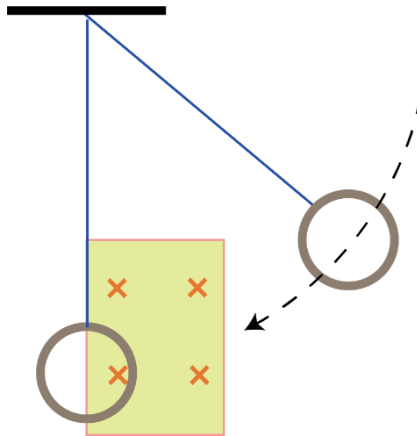
Hvilken av figurene nedenfor viser riktig indusert strømretning i rutenettet?



Der det ikke er angitt strømretning, går det ingen strøm.



- o) En pendel består av en metallring og ei snor. Ringen har elektrisk resistans. Pendelen slippes med stram snor og beveger seg i papirplanet mot et magnetfelt som peker inn i papiret. Pendelen fortsetter ut på den andre siden. Se bort fra friksjon og luftmotstand.



Per og Kari diskuterer hva som vil skje.

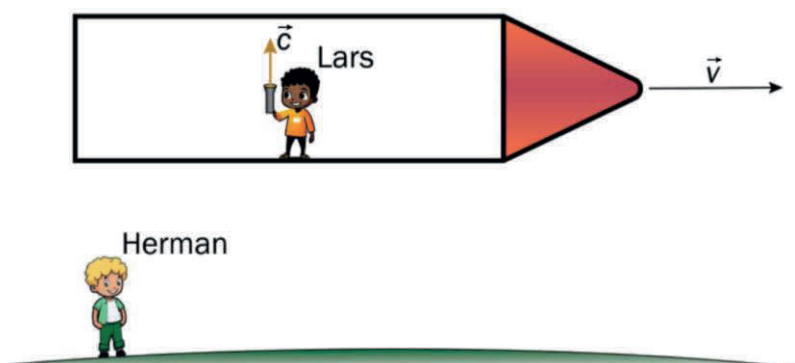
Per sier: Når ringen er på vei inn i feltet, er strømretningen i ringen med klokka. Når ringen er på vei ut av feltet, er strømretningen mot klokka.

Kari sier: Pendelen vil gå saktere og saktere for hver gang den går gjennom feltet.

Hvem har rett?

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

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



Hva er riktig om farten og retningen til lyset i Herman sitt treghetssystem?

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

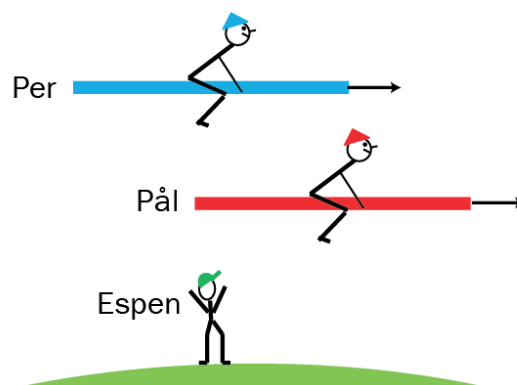
- q) Per og Pål sitter på hver sin tømmerstokk og flyr parallelt med ulik fart i samme retning forbi Espen. Espen står i ro på bakken. Espen måler at farten til Per gir en større lorentzfaktor enn farten til Pål. Per måler sin tømmerstokk til 8,0 m. Pål måler sin tømmerstokk til 8,0 m.

Det er gitt to påstander om hva Espen måler i sitt treghetssystem:

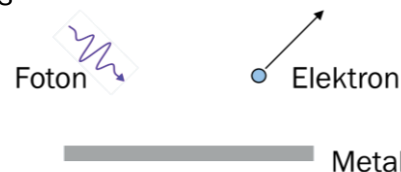
- 1 Pål har større fart enn Per.
- 2 Pål har lengre tømmerstokk enn Per.

Hva er riktig?

- A ingen av påstandene
- B bare påstand 1
- C bare påstand 2
- D begge påstandene



- r) I et forsøk med fotoelektrisk effekt blir lys med en bestemt frekvens sendt inn mot en metallplate, og det blir frigitt elektroner.



Det er gitt to påstander:

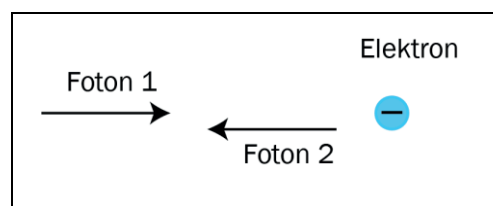
- 1 Dersom vi øker frekvensen til lyset, blir det frigitt flere elektroner.
- 2 Det finnes en minste frekvens lyset kan ha for at det skal bli frigitt elektroner.

Hva er riktig?

- A ingen av påstandene
- B bare påstand 1
- C bare påstand 2
- D begge påstandene

- s) I et comptonstøt treffer et foton 1 med bølglengden λ_1 et elektron som er i ro. Etter støtet går et foton 2 med bølglengden λ_2 i motsatt retning av foton 1.

Sammenhengen mellom bølglengdene før og etter støtet er gitt ved formelen



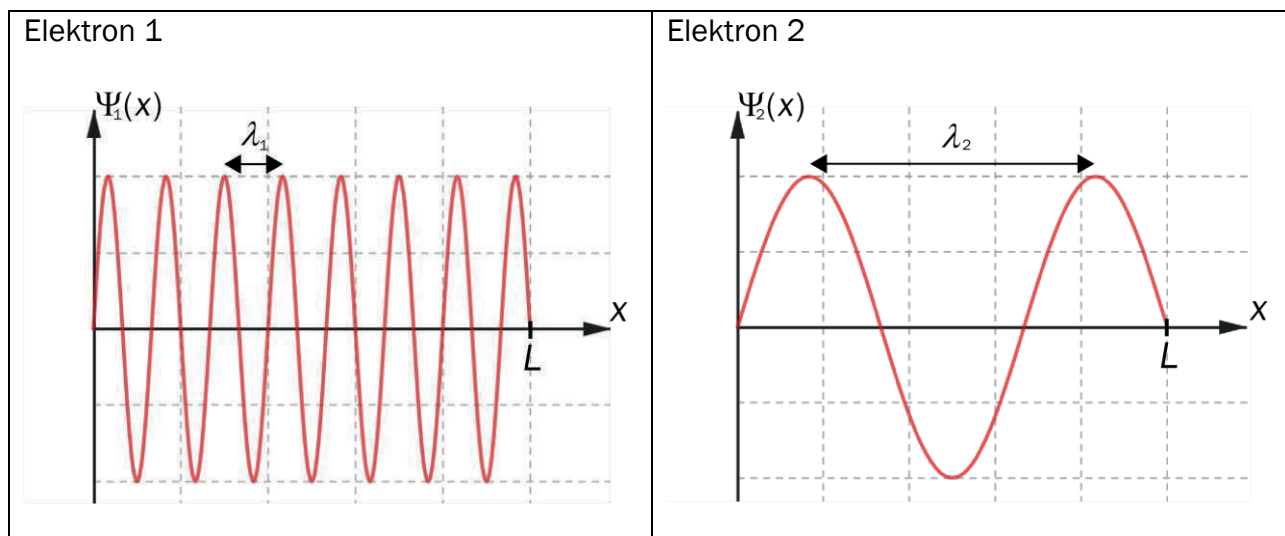
$$\lambda_2 - \lambda_1 = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos \theta)$$

der vinkelen θ er vinkelen mellom fartsretningene til de to fotonene.

Hva er riktig?

	Forskjellen i bølglengde mellom fotonene er	Kinetisk energi til elektronet etter støtet 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) Figurene viser bølgefunksjonene Ψ_1 og Ψ_2 til to elektroner. Bølgelengdene λ_1 og λ_2 til elektronene er markert i figurene. Posisjonen til begge elektronene er $0 < x < L$.



Hvilket elektron har høyest energi?

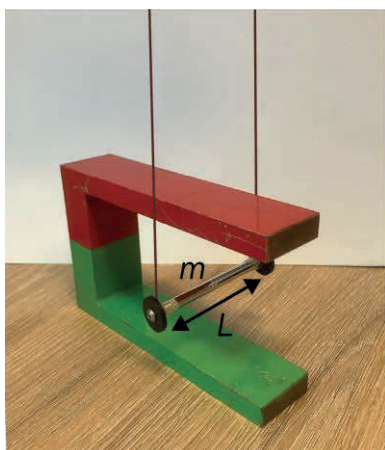
- A elektron 1
- B elektron 2
- C Elektronene har like mye energi.
- D Det er umulig å avgjøre.

Oppgave 2

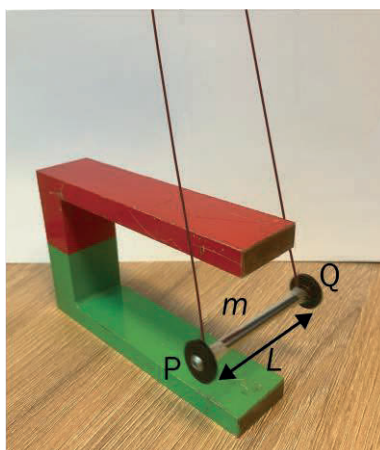
a) (3 poeng)

En strømleder med masse m og lengde L henger i to tilnærmet masseløse kobbertråder. Strømlederen er i et tilnærmet homogent magnetfelt med flukstetthet B . Retningen til magnetfeltet er vertikalt nedover. Når det går en strøm I gjennom strømlederen, får den et utslag mot høyre og blir hengende i ro slik at vinkelen mellom kobbertrådene og vertikalen er α .

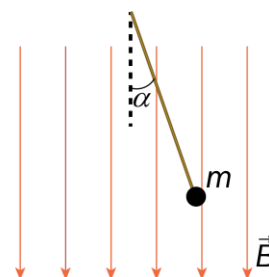
Når det ikke går strøm
(henger rett ned):



Når det går strøm
(utslag mot høyre):



Når det går strøm
(utslag mot høyre):



- 1 Tegn kreftene som virker på strømlederen når den henger i ro og det går en strøm I gjennom strømlederen.
- 2 Går strømmen fra P til Q, eller fra Q til P, gjennom strømlederen? Se figuren.
- 3 Bestem et uttrykk for den magnetiske flukstettheten B .

b) (1 poeng)

Hva sier ekvivalensprinsippet i den generelle relativitetsteorien?

c) (2 poeng)

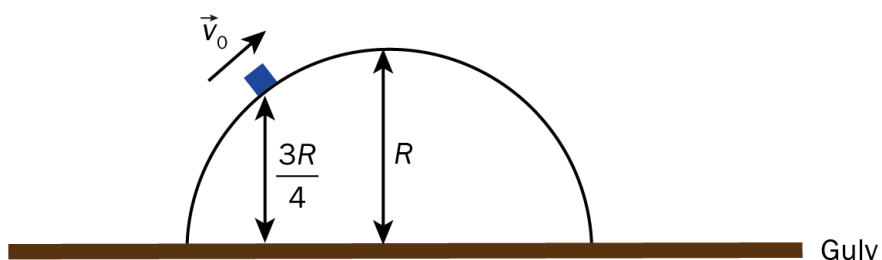
Lys sendes ut fra overflata på ei stjerne. På jorda mottar vi lyset fra stjerna. Massen til stjerna er mye større enn massen til jorda. Se bort fra alle andre gravitasjonsfelt enn feltene til stjerna og jorda. Se også bort fra bevegelsen til jorda og stjerna.

Lag en figur og forklar hva som skjer med lyset fra det forlater stjerna sin overflate, og til det observeres på jorda.

d) (4 poeng)

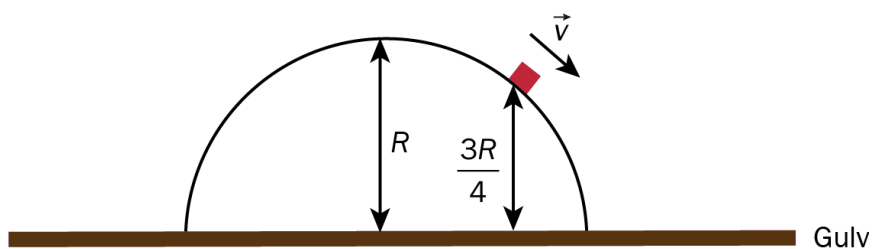
En halvsirkelformet bane med radius R står på et gulv. En kloss sendes oppover banen med startfarten v_0 , slik at den akkurat mister kontakt med underlaget på toppen av banen.

Startposisjonen til klossen har en høyde $\frac{3R}{4}$ over gulvet. Se bort fra friksjon og luftmotstand.



1 Bestem et uttrykk for startfarten v_0 .

En annen kloss mister kontakt med banen når den er i en høyde $\frac{3R}{4}$ over gulvet.

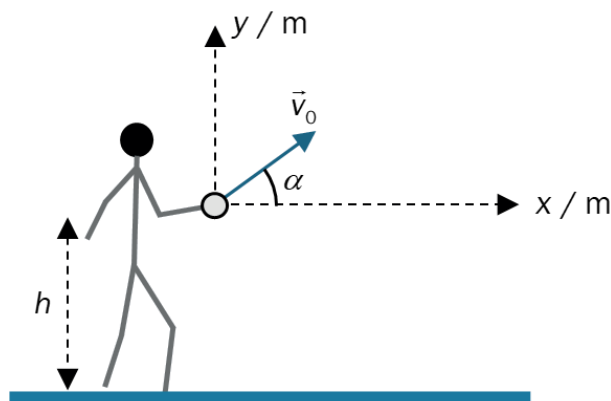


2 Hvor stor er farten v der klossen mister kontakt med banen?

Del 2

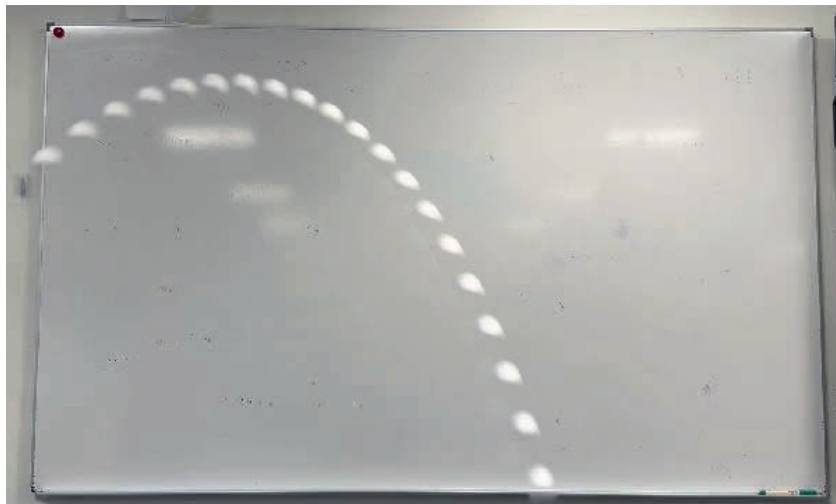
Oppgave 3 (6 poeng)

Trond kaster en ball på skrått med startfart $v_0 = 5,0$ m/s. Startfarten danner utgangsvinkelen $\alpha = 35^\circ$ med horisontalen. Starthøyden $h = 1,50$ m over gulvet. Se bort fra luftmotstand.

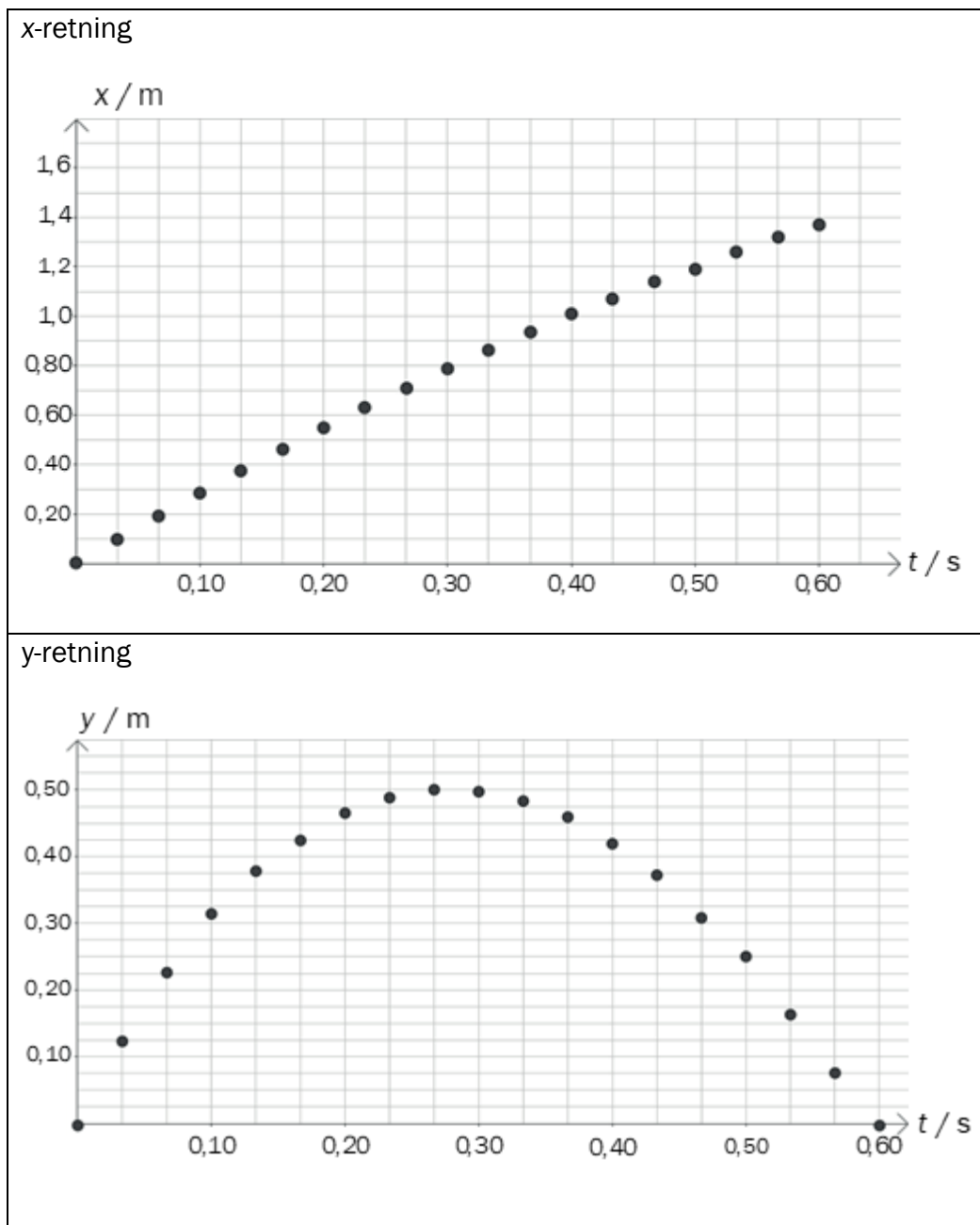


- a) Hvor høyt over gulvet kommer ballen?
- b) Hvor langt har ballen beveget seg i horisontal retning når den treffer gulvet?

Noen fysikkelever vil undersøke om det er rimelig å se bort fra luftmotstanden når ei isoporkule kastes på skrå. De filmer bevegelsen til isoporkula og måler kulas posisjon ved ulike tidspunkter.



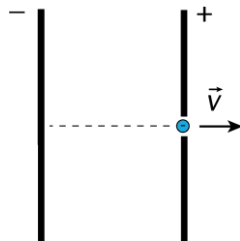
På neste side vises grafer av isoporkulas posisjon i x - og y -retning som funksjon av tid.



- c) Bruk begge grafene til å argumentere for at luftmotstanden har en påvirkning på isoporkula. Du trenger ikke gjøre regresjon eller beregninger her.
- d) Bruk grafene til å bestemme en verdi for størrelsen til startfarten.

Oppgave 4 (5 poeng)

Et elektron blir akselerert fra ro i et homogent elektrisk felt i en elektronkanon. Spenningen mellom platene er 6000 V.



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

Et **proton** blir akselerert fra ro i et homogent elektrisk felt av en spenning på 6000 V.

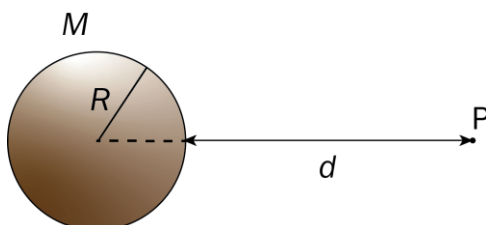
- b) Regn ut de Broglie-bølgelengden til protonet etter at det har passert det elektriske feltet.

Vi antar at uskarpheten i posisjonen til protonet er lik de Broglie-bølgelengden til protonet i oppgave b.

- c) Bestem den minste mulige uskarpheten i bevegelsesmengden til protonet.

Oppgave 5 (6 poeng)

En planet uten atmosfære har masse $M = 2,60 \cdot 10^{26}$ kg og radius $R = 2,30 \cdot 10^7$ m. Et punkt P er en avstand $d = 5,50 \cdot 10^7$ m fra overflata til planeten. Se bort fra alle andre felt enn planeten sitt gravitasjonsfelt i oppgave a og b. Se bort fra luftmotstand i hele oppgaven.

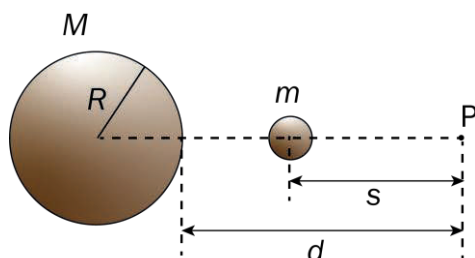


- a) Hvor stor er gravitasjonsfeltstyrken i punktet P?

En gjenstand faller rett mot sentrum av planeten. I fallet passerer den punktet P med farten 9,80 km/s.

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

I et annet tilfelle er det en 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 fra punktet P til sentrum av månen $s = 1,00 \cdot 10^7$ m. Figuren nedenfor er ikke i riktig størrelsesforhold. Se bort fra alle andre felt enn planeten og månen sitt gravitasjonsfelt i oppgave c.



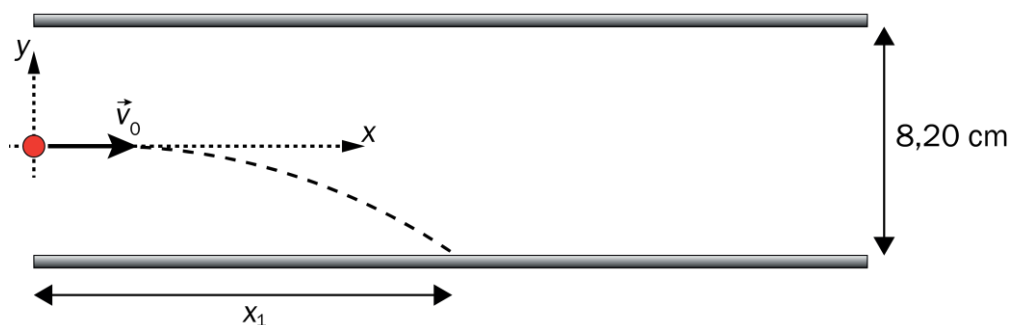
En gjenstand slippes fra ro i punktet P. Se bort fra bevegelsen til planeten og månen.

- c) Hvor lang tid tar det før gjenstanden treffer månen?
Du kan ta utgangspunkt i koden ved siden 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)

Oppgave 6 (7 poeng)

Et proton har en startfart $v_0 = 1,00 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ i x -retning når det kommer inn midt mellom to horisontale plater. Det er et elektrisk felt med feltstyrken $E = 300 \text{ V/m}$ mellom platene. Se lengdemål i figuren. Se bort fra gravitasjonsfeltet.

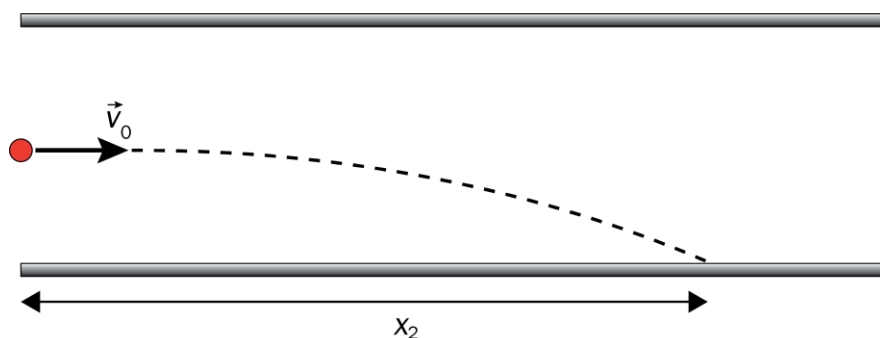


- Bestem hvor lang tid det tar før protonet treffer den nederste plata.
- Hvor langt x_1 har protonet beveget seg i horisontal retning når det treffer den nederste plata?

Et nytt proton sendes inn mellom platene. Farten er like stor og har samme retning som farten til det første protonet. I tillegg til det elektriske feltet med feltstyrke E er det nå også et homogent magnetfelt med flukstetthet B i området mellom platene.

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

Hvis magnetfeltet peker i samme retning som i oppgave c1 og har feltstyrke $B = 2,00 \text{ mT}$, beveger protonet seg en avstand x_2 i horisontal retning før det treffer den nederste plata.



- Bestem hvor stor fart protonet treffer den nederste plata med.

Oppgave 7 (4 poeng)

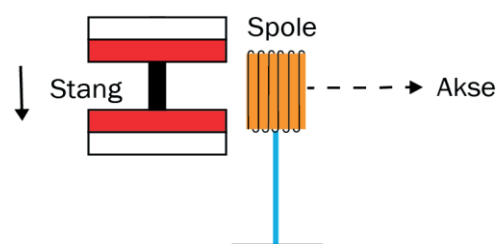
To sylinderformede magneter ligger med nordpolene vendt mot hverandre.



Sett fra siden

- a) Ta utgangspunkt i figuren til høyre ovenfor og tegn det samlede feltet fra de to magnetene i området mellom dem og rundt dem.

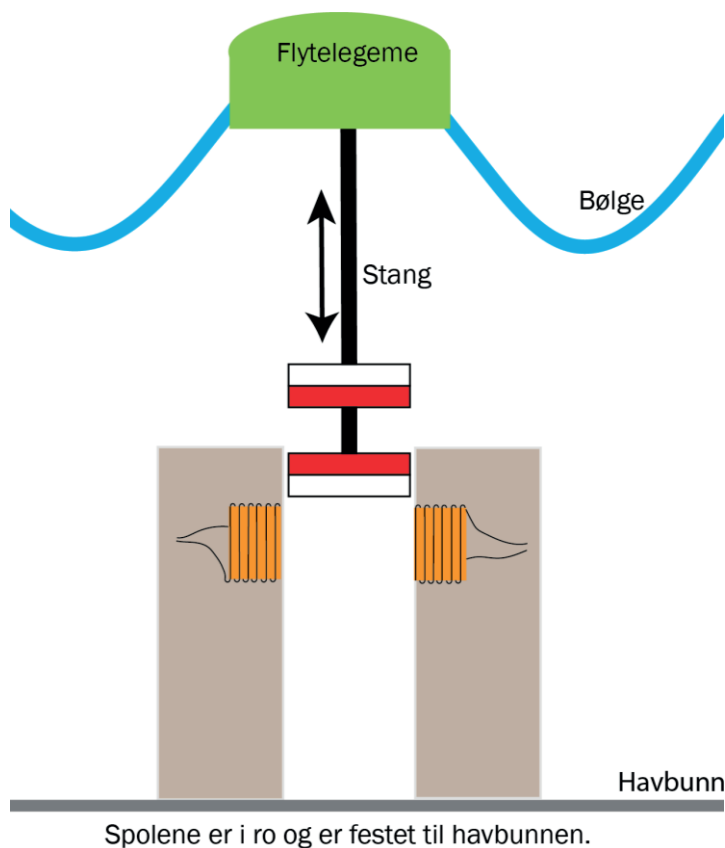
Figuren til høyre viser ei stang som er festet mellom de to magnetene. Stanga påvirker ikke magnetfeltet. En spole er festet til et stativ og plasseres ved siden av magnetene. Spoleplanet er vinkelrett på papirplanet. Magnetene slippes fra posisjonen vist i figuren til høyre.



- b) Lag en hensiktsmessig figur og gjør rede for strømretningen i spolen like etter at den er sluppet fra posisjonen vist i figuren ovenfor.

Figuren til høyre viser prinsippet til et bølgekraftverk.

- c) Beskriv hvordan bølgekraftverket henter energi fra bølgene.
- d) Vurder om det vil hentes ut mer eller mindre energi dersom den øverste magneten blir montert med sørpolen nederst.



Faktavedlegg

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

Fysikkonstantar	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	$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$	$v = v_0 + a t$	$v^2 - v_0^2 = 2 a s$	$s = \frac{v_0 + v}{2} \cdot t$
	$v(t) = s'(t)$	$s(t) = \int v(t) dt$	$a(t) = v'(t)$	$v(t) = \int a(t) dt$
	$a = \frac{v^2}{r}$	$v = \frac{2\pi r}{T}$	$\omega = \frac{2\pi}{T}$	$f = \frac{1}{T}$
	$\Sigma \vec{F} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{v} = \text{konstant}$	$\Sigma \vec{F} = m \vec{a}$	$\vec{F}^* = -\vec{F}$	$R = \mu N$
	$W = \vec{F} \cdot \vec{s} = F s \cos(\alpha)$	$W = \int_a^b F ds$	$E = E_0 + W_a$	$E_p = mgh$
	$P = \frac{W}{t} = \frac{E}{t}$	$p = mv$	$L = kv, L = kv^2$	$E_k = \frac{1}{2} mv^2$
Gravitasjon	$G = \gamma \frac{Mm}{r^2}$	$\vec{g} = \frac{\vec{G}}{m}$	$E_p = -\gamma \frac{Mm}{r}$	
Elektrisitet og magnetisme	$F_e = k_e \frac{Qq}{r^2}$	$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$	$U = \frac{W}{q}$	$E = \frac{U}{d}$
	$I = \frac{Q}{t}$	$R = \frac{U}{I}$	$P = UI$	$B = k_m \frac{I}{r}$
	$\vec{F}_m = q \vec{v} \times \vec{B}$	$\vec{F}_m = I \vec{L} \times \vec{B}$	$F_m = k_m \frac{I_1 I_2}{r} \cdot L$	
	$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{A} = BA \cos(\alpha)$	$\vec{\mathcal{E}} = -N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$	$\mathcal{E} = -N \cdot \Phi'(t)$	$\mathcal{E} = vBL$
	$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{maks}} \sin(\omega t)$	$\mathcal{E}_{\text{maks}} = NBA\omega$	$U_s I_s = U_p I_p$	$\frac{U_s}{U_p} = \frac{N_s}{N_p}$
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	$\vec{a} \cdot \vec{b} = \vec{a} \cdot \vec{b} \cos(v)$		$ \vec{a} \times \vec{b} = \vec{a} \cdot \vec{b} \sin(v)$
	$[x_1, y_1] + [x_2, y_2] = [x_1 + x_2, y_1 + y_2]$		$\vec{a} \times \vec{b} \perp \vec{a} \quad \vec{a} \times \vec{b} \perp \vec{b}$
Geometri	$O_{\text{sirkel}} = 2\pi r$	$A_{\text{sirkel}} = \pi r^2$	$A_{\text{kule}} = 4\pi r^2$
	$\sin v = \frac{\text{mot. kat.}}{\text{hyp.}}$	$\cos v = \frac{\text{hos. kat.}}{\text{hyp.}}$	$\tan v = \frac{\text{mot. kat.}}{\text{hos. kat.}}$
	$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos(A)$		$\frac{\sin(A)}{a} = \frac{\sin(B)}{b} = \frac{\sin(C)}{c}$

	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>
Definere variabel	<code>a = <verdi></code>
Tilordne variabel ny verdi	<code>= += -= *= /=</code>
Heltall og desimaltall	<code>int(<tall>)</code> <code>float(<tall>)</code>
Konstanter	<code>pi 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.