

# Eksamen

08.05.2026

REA3039 Fysikk 2



Se eksamenstips på baksiden!

## Nynorsk

Eksamensinformasjon	
<b>Eksamenstid</b>	<p>Eksamen varer i 5 timar.</p> <p>Del 1 skal leverast inn etter 2 timar.</p> <p>Del 2 skal leverast inn seinast etter 5 timar.</p> <p>Du kan begynne 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.</p>
<b>Tillatne hjelpemiddel under eksamen</b>	<p>Del 1: skrivesaker, passar, linjal, vinkelmålar og vedlegg i oppgåvesettet</p> <p>Del 2: Alle hjelpemiddel er tillatne, bortsett frå opent internett og andre verktøy som gjer det mogleg å kommunisere, som mobiltelefon, programvare for samskriving, chat eller liknande.</p> <p>Programmeringsprogram o.l. må vere installerte lokalt på eininga di før eksamen. GeoGebra klassisk (versjon 6.0) vil vere tilgjengeleg som nettbasert hjelpemiddel.</p> <p>Du har ikkje lov til å bruke kunstig intelligens som hjelpemiddel under eksamen.</p>
<b>Bruk av kjelder</b>	<p>Dersom du bruker kjelder i svaret ditt, skal du alltid føre dei opp på ein slik måte at lesaren kan finne fram til dei.</p> <p>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.</p>
<b>Vedlegg</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1 Faktavedlegg</li><li>2 Formelvedlegg</li><li>3 Programmeringsvedlegg</li><li>4 Eige svarark for oppgåve 1</li></ol>
<b>Vedlegg som skal leverast inn</b>	<p>Vedlegg 4: Eige svarark for oppgåve 1 finn du bakerst i eksamenssettet.</p>

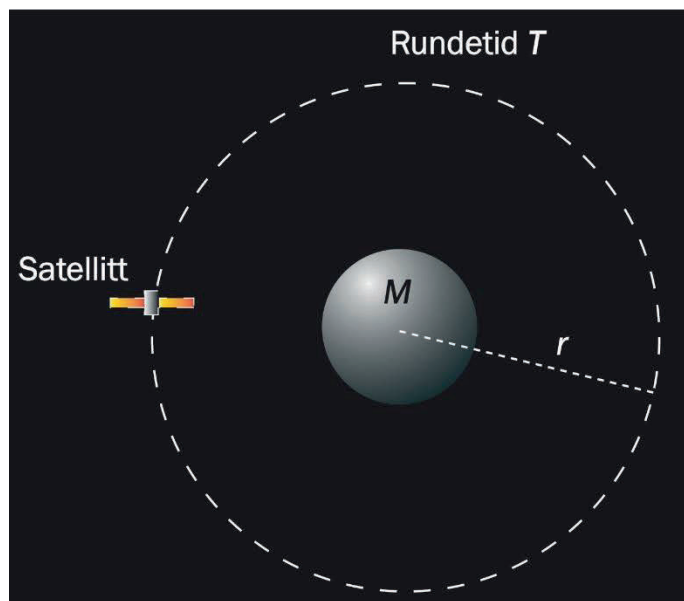
<p><b>Informasjon om oppgåvene</b></p>	<p>Oppgåve 1 har 20 fleirvalsoppgåver med fire svaralternativ: A, B, C og D. Det er berre <i>eitt</i> rett svaralternativ for kvar fleirvalsoppgåve. Blankt svar blir rekna som feil svar. Dersom du er i tvil, bør du derfor skrive det svaret du meiner er mest korrekt. Du kan berre svare med <i>eitt</i> svaralternativ: A, B, C eller D.</p> <p>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.</p> <p>Del 1 har 2 oppgåver. Del 2 har 5 oppgåver.</p>
<p><b>Informasjon om vurderinga</b></p>	<p>Vurderingskriteria er grupperte i fire kompetanseområde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• problemløysing</li> <li>• databehandling</li> <li>• programmering</li> <li>• presentasjon</li> </ul> <p>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.</p> <p>Karakteren ved sluttvurderinga blir fastsett etter en 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 om lag 60 prosent av heile settet.</p>
<p><b>Kjelder</b></p>	<p>Grafar, bilete og figurar: Utdanningsdirektoratet</p>

## Del 1

### Oppgave 1 Fleirvalsoppgåver

Skriv svara for oppgåve 1 på eige svarark i vedlegg 4.  
(Du skal altså *ikkje* levere inn sjølve eksamensoppgåva med oppgåveteksten.)

a) Ein satellitt går med konstant banefart i sirkelbane rundt ein planet.



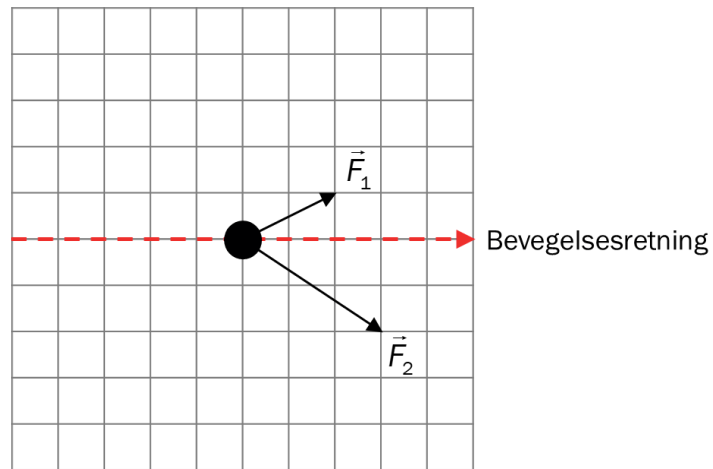
Rundetida er  $T$ . Radius i sirkelbanen er  $r$ . Ein formel for massen til planeten er  $M = \frac{4\pi^2 r^3}{\gamma T^2}$ .

Den relative usikkerheita i rundetida er 2 %. Den relative usikkerheita i radiusen er 3 %.

Kva er den relative usikkerheita  $\frac{\Delta M}{M}$  ?

- A 5 %
- B 6 %
- C 13 %
- D 31 %

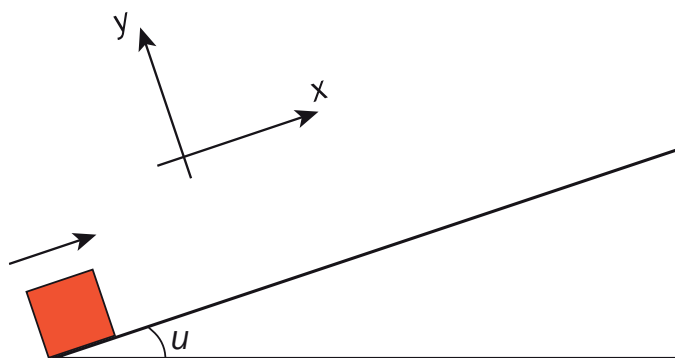
- b) Tre krefter  $F_1$ ,  $F_2$  og  $F_3$  verkar på ein gjenstand slik at han beveger seg mot høgre. Dei tre kraftvektorane er i same plan som rutenettet. I figuren ser vi vektorane  $F_1$  og  $F_2$ .



Kva alternativ viser rett vektor  $F_3$ ?

<p>A</p>	<p>B</p>
<p>C</p>	<p>D</p>

- c) Ein kloss med masse 0,42 kg blir send med ein startfart oppover eit skråplan. Programmet skal berekne kor stor fart klossen har når han er tilbake til utgangspunktet. Luftmotstanden er gitt ved  $L = kv^2$ . Sjå bort frå friksjon.



```

1 k = 0.07
2 m = 0.42
3 g = 9.81
4 sinu = 0.20      # Sinusverdi for skråplanvinkelen
5 v = 3.13        # Startfarten
6 s = 0
7
8 dt = 0.0001
9 while s >= 0:
10     if v > 0:
11         a =
12     else:
13         a =
14     v = v + a*dt
15     s = s + v*dt
16 print(v)

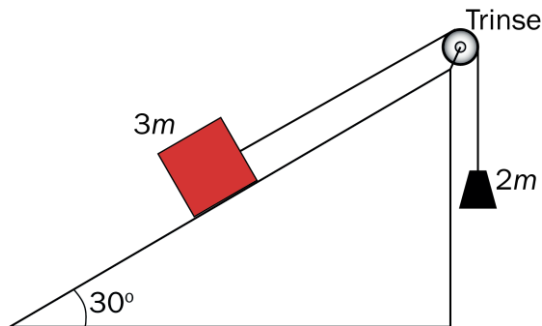
```

Kva skal stå på linje 11 og linje 13?

	Linje 11	Linje 13
A	$a = -g \cdot \sin u - k \cdot v^{**2} / m$	$a = -g \cdot \sin u + k \cdot v^{**2} / m$
B	$a = -g \cdot \sin u - k \cdot v^{**2} / m$	$a = g \cdot \sin u - k \cdot v^{**2} / m$
C	$a = -g \cdot \sin u + k \cdot v^{**2} / m$	$a = g \cdot \sin u + k \cdot v^{**2} / m$
D	$a = -g \cdot \sin u + k \cdot v^{**2} / m$	$a = -g \cdot \sin u - k \cdot v^{**2} / m$

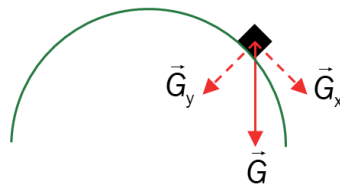
- d) Eit skråplan har hallingsvinkel  $30^\circ$ . Ein kloss med masse  $3m$  er festa til ei snor. Den andre enden av snora er festa til eit lodd med masse  $2m$ . Snora går over ei trinse. Sjå bort frå massen til snora, friksjon og luftmotstand.

Klossen blir sleppt frå ro som vist i figuren.



Kva er rett?

- A Klossen blir liggjande i ro heile tida.
  - B Klossen glir med aukande fart nedover skråplanet.
  - C Klossen glir med aukande fart oppover skråplanet.
  - D Klossen glir med konstant fart nedover skråplanet.
- e) Ein kloss glir med aukande fart ned ein vertikal sirkelforma bane. I tillegg til tyngdekrafta  $G$  verkar det friksjon og ei normalkraft på klossen.  $G_y$  er komponenten av  $G$  som peikar mot sentrum av sirkelbanen. Sjå bort frå luftmotstand.



Kva er rett når klossen er på veg nedover banen?

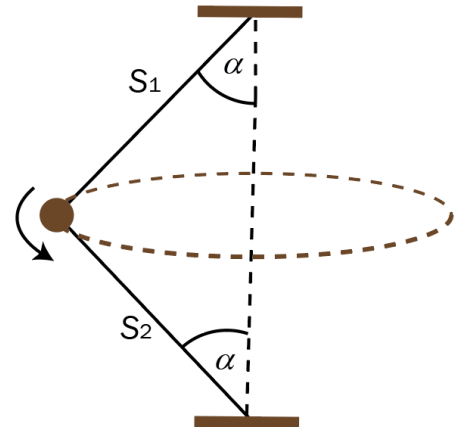
- A Normalkrafta avtek.
- B Normalkrafta er større enn  $G_y$ .
- C Friksjonen aukar.
- D Friksjonen er konstant.

- f) Ei kule med masse  $m$  går med konstant banefart i ein horisontal sirkelbane.

Kula er festa til to like lange snorer. Snorene er festa i eit tak og eit golv, og festepunkta er loddrette ovanfor kvarandre. Snorene dannar like store vinklar  $\alpha$  med vertikalen. Begge snorene er stramme.

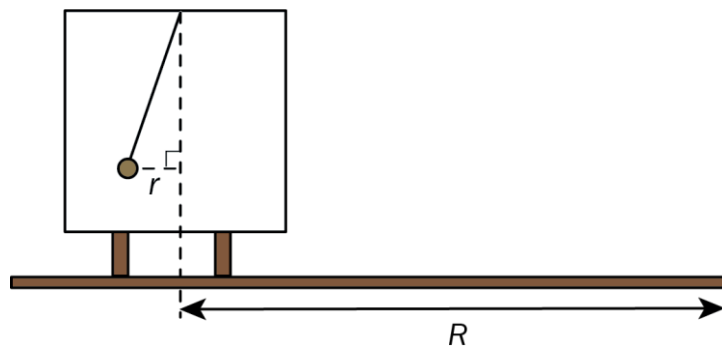
Snorkrafta på kula frå den øvste snora er  $S_1$ , og snorkrafta på kula frå den nedste snora er  $S_2$ .

Sjå bort frå massen til snora, friksjon og luftmotstand.



Kva er rett?

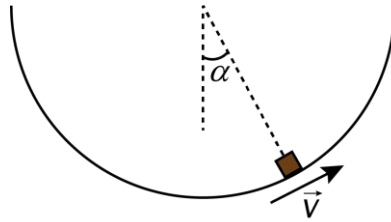
- A  $S_1 = S_2$
  - B  $S_1 < mg$
  - C  $S_1 > S_2$
  - D  $S_1 < S_2$
- g) Ein bil køyrer med konstant banefart  $v$  i ein horisontal sirkelbane. Ei kule med masse  $m$  heng i ei snor som er festa i taket i bilen. Opphengingspunktet til snora har ein horisontal avstand  $R$  til sentrum av sirkelbanen. Kula har ein horisontal avstand  $r$  frå opphengingspunktet.



Kva er rett uttrykk for kraftsummen på kula?

- A  $\frac{mv^2}{\sqrt{R^2 + r^2}}$
- B  $\frac{mv^2}{r}$
- C  $\frac{mv^2}{R}$
- D  $\frac{mv^2}{R + r}$

- h) Ein kloss glir på innsida av ein vertikal halvsirkel. Når klossen er i posisjonen vist i figuren, er farten til klossen  $v$ , og vinkelen mellom loddlinja og linjestykket frå sentrum av halvsirkelen til klossen sin posisjon er  $\alpha$ . Sjå bort frå friksjon og luftmotstand.



Kva er rett om komponentane til akselerasjonen når klossen er i posisjonen vist i figuren?

	Akselerasjonen vinkelrett på fartsretninga peikar	Absoluttverdien til akselerasjonen parallel med fartsretninga er
A	inn mot sentrum	$g \sin \alpha$
B	ut frå sentrum	$g \sin \alpha$
C	inn mot sentrum	$g \cos \alpha$
D	ut frå sentrum	$g \cos \alpha$

- i) Ei kule blir skoten på skrå opp frå eit horisontalt underlag. Startfarten er  $v_0$ , og utgangsvinkelen er  $\alpha$ . Sjå bort frå luftmotstand.



Kva blir rekna ut med uttrykket  $\frac{2v_0^2 \cos \alpha \sin \alpha}{g}$  ?

- A kor langt frå start kula treffer underlaget
- B den maksimale høgda kula kan ha
- C kor lang tid det tar frå start og til kula landar
- D kor lang tid kula bruker frå start og til maksimal høgde

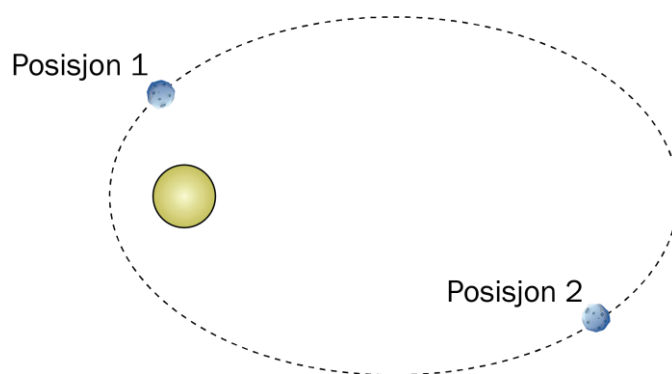
j) Om tre stjerner veit vi følgjande:

- Stjerne A har masse  $m$  og radius  $r$ .
- Stjerne B har masse  $2m$  og radius  $2r$ .
- Stjerne C har masse  $3m$  og radius  $3r$ .

Kva er rett om gravitasjonsfeltstyrkane  $g_A$ ,  $g_B$  og  $g_C$  på overflata av dei tre stjernene?

- A  $g_A < g_B < g_C$
- B  $g_B < g_A < g_C$
- C  $g_C < g_B < g_A$
- D  $g_A = g_B = g_C$

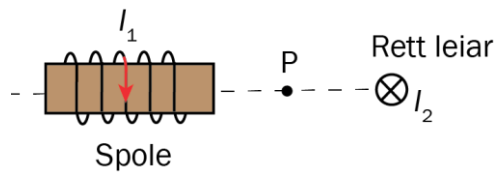
k) Ein asteroide går i ein ellipsebane rundt sola. Figuren viser asteroiden ved to ulike posisjonar i banen. Sjå bort frå alle andre himmellekamar enn sola og asteroiden.



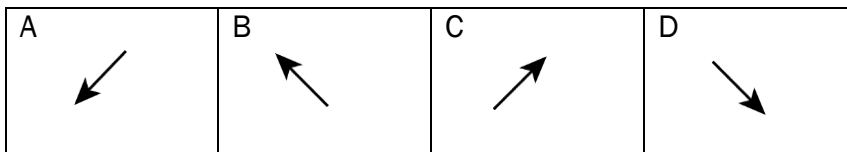
Ved kva for ein av dei to posisjonane er farten til asteroiden størst, og ved kva for ein av dei to posisjonane er den potensielle energien størst?

	Størst fart	Størst potensiell energi
A	posisjon 1	posisjon 1
B	posisjon 1	posisjon 2
C	posisjon 2	posisjon 1
D	posisjon 2	posisjon 2

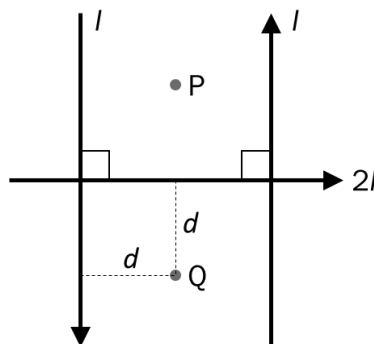
- l) Ein spole fører ein straum  $I_1$  med retning som vist i figuren. Spoleaksen er i papirplanet. Ein rett leiare til høgre for spolen står vinkelrett på papirplanet. Det går ein straum  $I_2$  inn i papirplanet i den rette leiaren. Eit punkt P er på spoleaksen mellom spolen og den rette leiaren.



Kva retning har det samla magnetiske feltet i punktet P?



- m) Tre rette, isolerte, straumførande leiingar ligg i same plan som vist i figuren. To av leiingane fører straumen  $I$ , og den siste fører straumen  $2I$ . Retningane på straumane er viste i figuren. Punkta P og Q er like langt frå dei tre leiingane.



Det er gitt to påstandar:

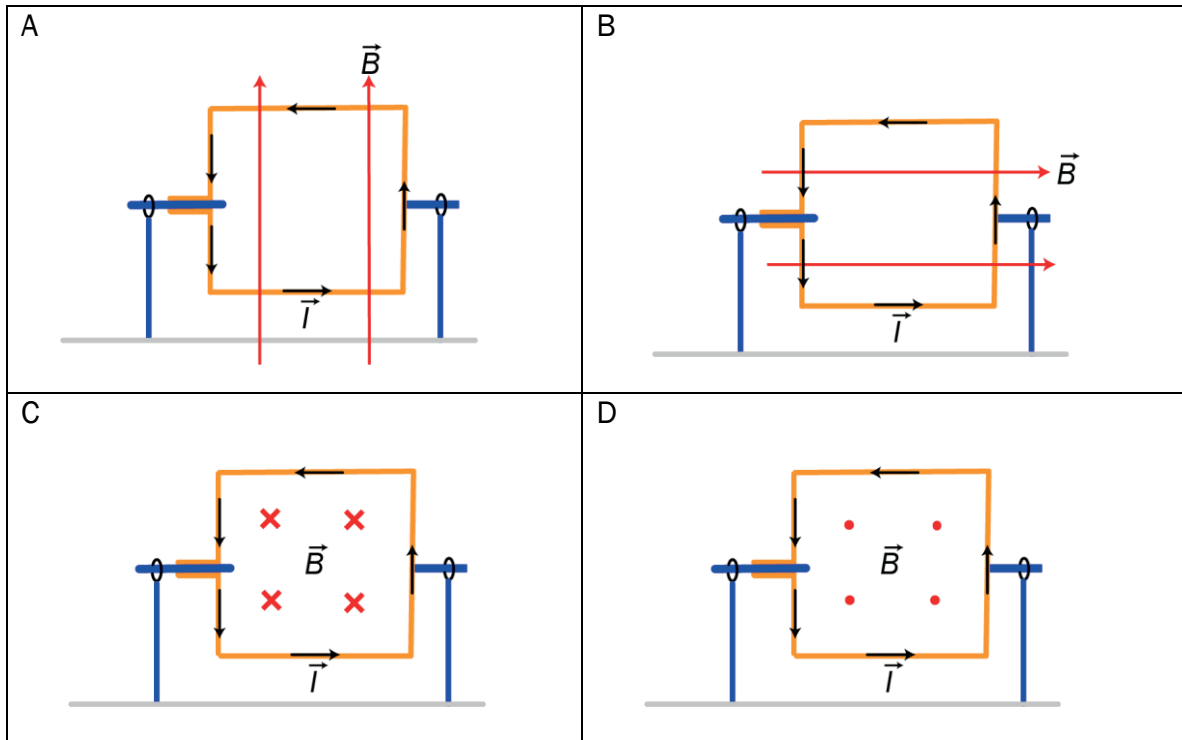
- 1 Det samla magnetfeltet i punktet P har retning inn i papirplanet.
- 2 Den magnetiske flukstettleiken (feltstyrken) i punktet Q er lik 0.

Kva er rett?

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

n) Ein motor består av ei straumsløyfe og ein horisontal aksling. Straumretninga i sløyfa er vist i figurane.

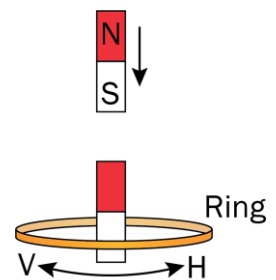
I kva figur har magnetfeltet  $B$  rett retning, slik at sløyfa kan rotere rundt akslingen?



o) Ein magnet med sørpol nedst fell gjennom ein ring slik at det blir induisert ein straum i ringen. Ringen blir halden fast. Straumretninga er i retning V eller H. Sjå figur. Sjå bort frå luftmotstand.

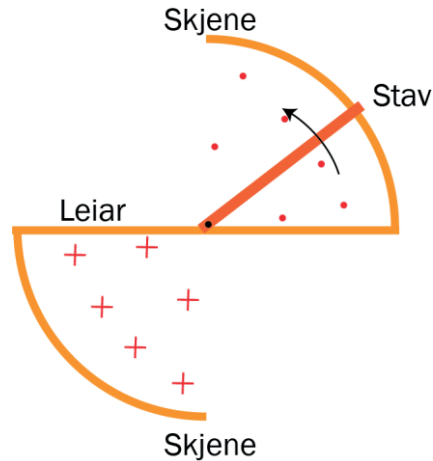
Vi ser på situasjonen før magneten kjem inn i ringen.

Kva er rett?



	Straumretninga i ringen har retning mot	Akselerasjonen til magneten er
A	H	større enn $g$
B	H	mindre enn $g$
C	V	større enn $g$
D	V	mindre enn $g$

- p) Ein leiar er festa til to skjener. Ein stav, med akse midt på leiaren, roterer med konstant vinkelfart mot klokka. Kvar gong staven roterer over ei av skjenene, passerer han eit homogent magnetfelt med retningar som viste i figuren. Staven, leiaren og skjena dannar då ein lukka krets, og det blir indusert ein straum i kretsen.



Det er gitt to påstandar:

- 1 Den induserte straumen går mot klokka, uansett kva skjene staven roterer over.
- 2 Den magnetiske krafta på staven verkar mot fartsretninga til staven, uansett kva skjene staven roterer over.

Kva er rett?

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

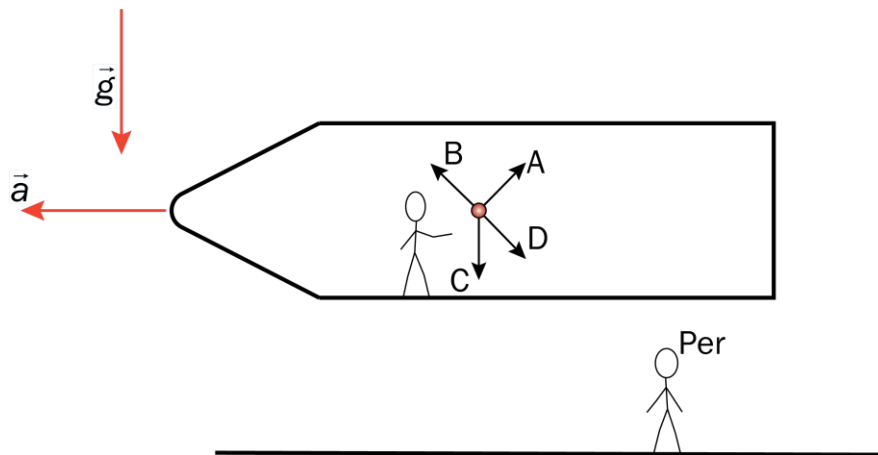
- q) Eit romskip køyrer med en fart i forhold til jorda slik at lorentzfaktoren  $\gamma = 2,0$ . Ei hending på jorda tek  $5,0 \mu\text{s}$  målt med ei klokke i ro i romskipet.

Kor lang tid tar hendinga målt med ei klokke i ro på jorda?

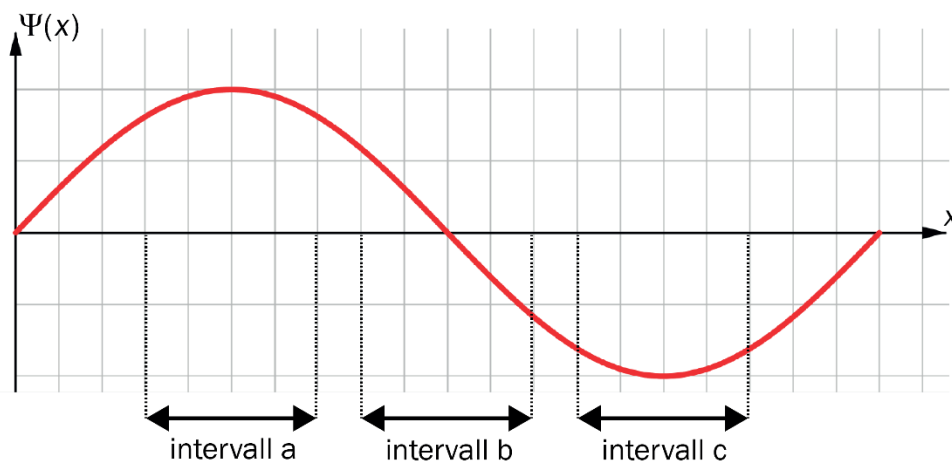
- A  $2,5 \mu\text{s}$
- B  $3,0 \mu\text{s}$
- C  $7,0 \mu\text{s}$
- D  $10 \mu\text{s}$

- r) Eit fartøy har ein akselerasjon  $a$  mot venstre i eit gravitasjonsfelt. Gravitasjonsfeltet peikar nedover og har verdien  $g$ . Absoluttverdien til  $g$  er lik absoluttverdien til  $a$ . Ein ball blir kasta inne i fartøyet. Per står i ro på bakken. Sjå bort frå luftmotstand.

Kva retning har summen av kreftene på ballen før han landar, sett frå Per sitt referansesystem?



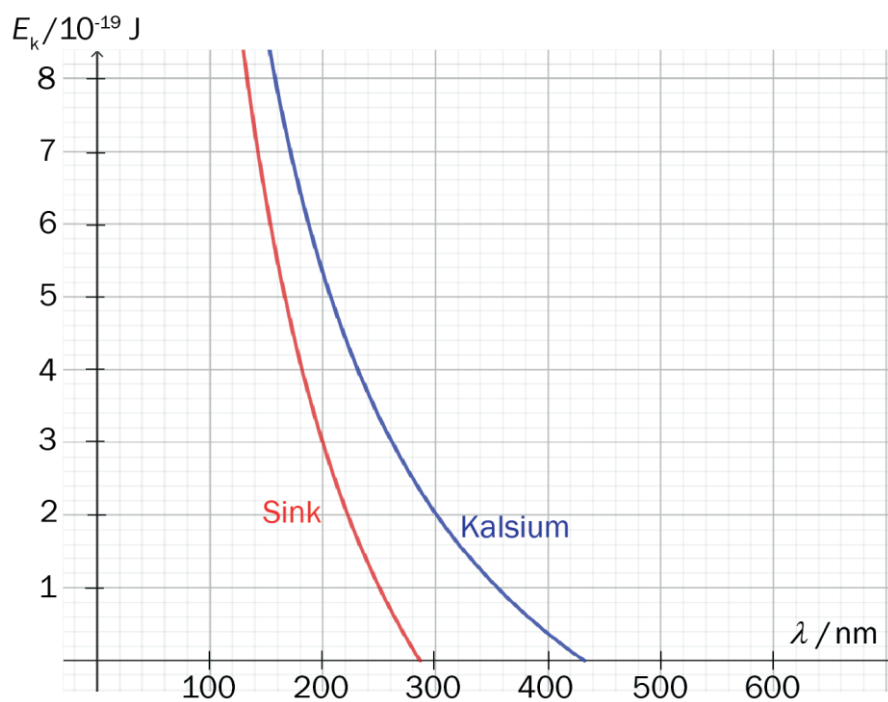
- s) Figuren viser bølgefunksjonen  $\Psi(x)$  som funksjon av posisjon  $x$  for eit elektron.



Kva er rett?

- A Det er større sannsyn for å finne elektronet i intervall a enn i intervall c.
- B Det er større sannsyn for å finne elektronet i intervall b enn i intervall c.
- C Det er like stort sannsyn for å finne elektronet i intervall a som i intervall c.
- D Sannsynet for å finne elektronet i intervall b er null.

t) Lys med ulike bølgelengder blir sendt mot to ulike metall. Grafene nedanfor viser den maksimale kinetiske energien til dei frigjorde elektronene som funksjon av bølgelengda til lyset.



Det er gitt to påstandar:

- 1 Kalsium har størst lausrivingsarbeid.
- 2 Sink har størst grensefrekvens.

Kva er rett?

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

## Oppgave 2

a) (2 poeng)

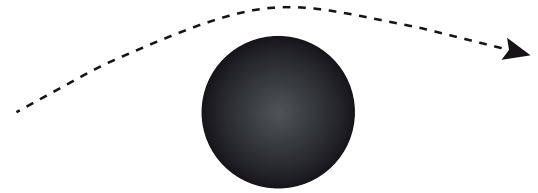
Når lys passerer ein himmellekam, t.d. eit svart hol, blir det avbøygd.

Dag, Ole og Kristine diskuterer fenomenet når lyset passerer ein himmellekam, og kjem med følgjande påstandar:

Dag: «Massen til himmellekamen gjer at lyset blir avbøygd.»

Ole: «Lysfarten aukar når lyset blir avbøygd.»

Kristine: «Lyset blir raudforskyvd når det beveger seg bort frå himmellekamen.»



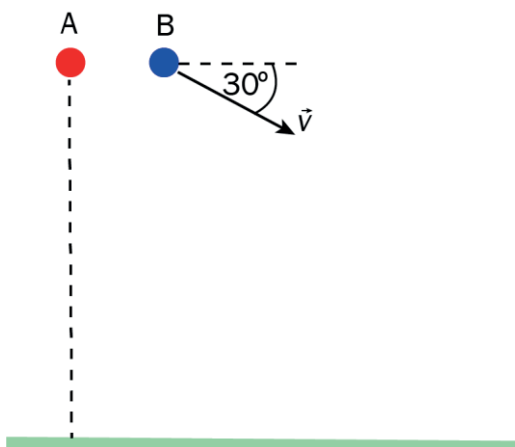
Vurder påstandane til Dag, Ole og Kristine.

b) (2 poeng)

Arthur Compton fekk tildelt Nobelprisen i 1927 for eksperimenta sine som viste at lys har partikkeleigenskapar. Gi ei forklaring på comptoneffekten.

c) (2 poeng)

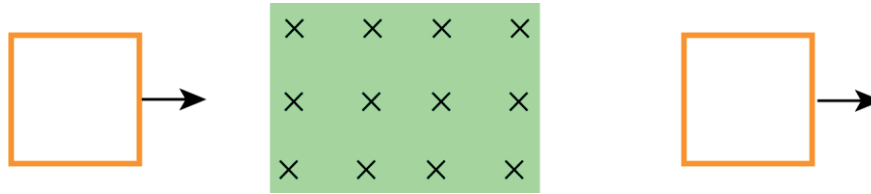
To like kuler A og B har same høgd over eit horisontalt underlag. A blir kasta vertikalt rett nedover. B blir kasta på skrå nedover med startfarten  $v = 10 \text{ m/s}$  og dannar vinkelen  $30^\circ$  med horisontalen. Begge kulene blir kasta samstundes. Sjå bort frå luftmotstand.



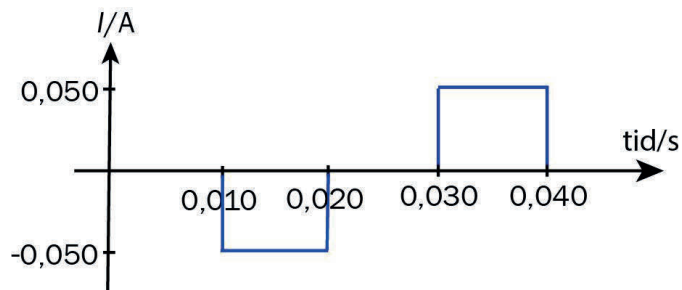
Kor stor må startfarten til A vere for at kulene skal lande samstundes?

d) (4 poeng)

Ein kvadratisk leiare beveger seg med konstant rettlinja fart over eit homogent rektangelforma magnetfelt. Magnetfeltet har flukstettleik  $B$ . Sidene på kvadratet er 5,0 cm, og resistansen i leiaren er  $0,040 \Omega$ .



Grafen viser straumen i leiaren som funksjon av tida.

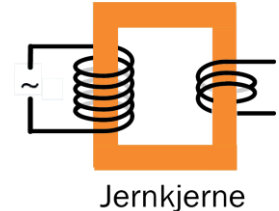


- 1 Bestem farten til leiaren.
- 2 Bestem absoluttverdien til  $B$ .
- 3 Teikn ei skisse av ein graf som viser fluksen gjennom leiaren som funksjon av tid frå 0 s til 0,040 s. Hugs grunngeving.

## Del 2

### Oppgave 3 (4 poeng)

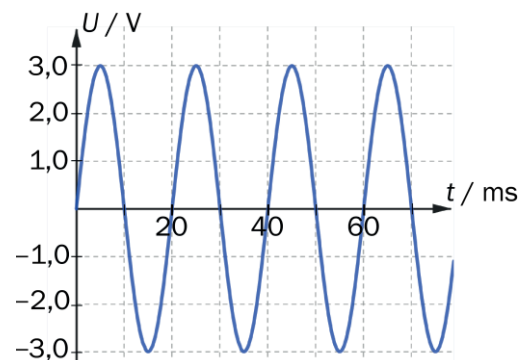
Ein transformator har 6 vindingar på primærsida og 3 vindingar på sekundærsida. Primærsida blir kopla til ei vekselspanningskjelde. Spenninga  $U$  over primærspolen varierer som vist i grafen. Vekselspanning blir vanlegvis oppgitt som effektivverdi (RMS),



$$U_{\text{eff}} = \frac{U_{\text{maks}}}{\sqrt{2}},$$

der  $U_{\text{maks}}$  er den maksimale spenninga.

- 1 Bestem effektivverdien av spenninga over primærspolen.
- 2 Bestem effektivverdien av spenninga over sekundærspolen.



Nokre elevar vil undersøkje samanhengen mellom spenninga på primær- og sekundærsida i ein transformator. Transformatoren har ein primærspole med 300 vindingar og ein sekundærspole med 600 vindingar. Elevane koplar spolen med 300 vindingar til en vekselspanningskjelde.

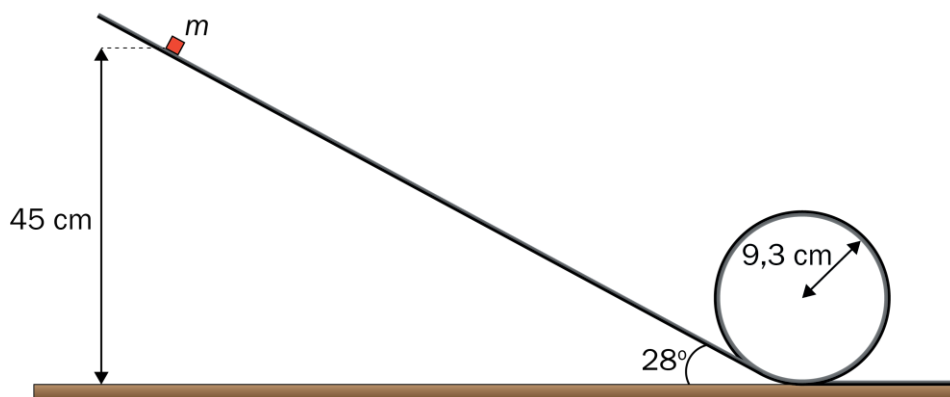
Elevane varierer spenninga på spenningskjelda og måler spenninga over primær- og sekundærspolen. Tabellen viser måleresultata.

Målt spenning (effektivverdi) over primærspolen $U_p$	Målt spenning (effektivverdi) over sekundærspolen $U_s$
2,0 V	3,4 V
4,3 V	7,5 V
6,5 V	11,6 V
13,5 V	24,6 V

- 1 Vis ved rekning at måleresultata *ikkje* er i tråd med transformatorlikninga  $\frac{U_s}{U_p} = \frac{N_s}{N_p}$ .
- 2 Gi ei fysisk forklaring på kvifor måleresultata ikkje er i tråd med transformatorlikninga.

## Oppgave 4 (8 poeng)

Ein bane består av eit skråplan som går over i ein loop. Skråplanvinkelen er  $28^\circ$ , og radiusen til loopen er 9,3 cm.



Ein kloss med masse  $m = 15$  g blir sleppt frå ro i ei høgd på 45 cm over botnen av skråplanet. Etter skråplanet beveger klossen seg vidare gjennom loopen.

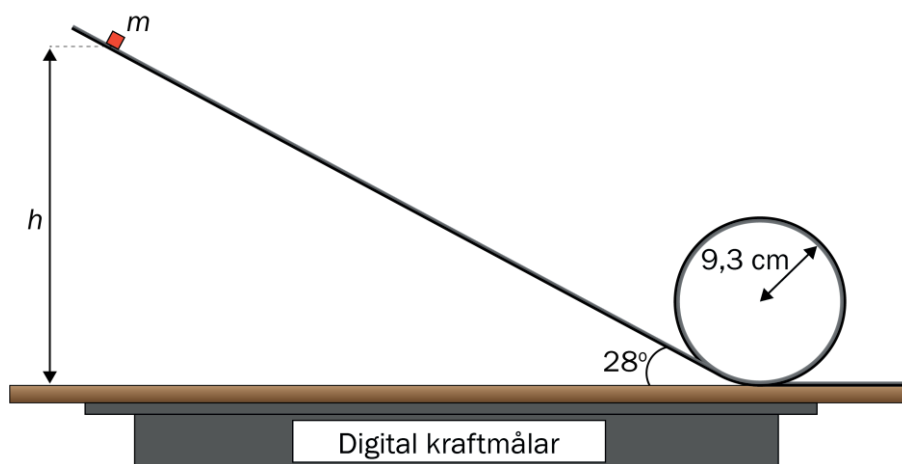
Det verkar friksjon mellom skråplanet og klossen, slik at farten til klossen når han er i botnen av skråplanet, er 2,5 m/s. Sjå bort frå luftmotstand.

- a) Bestem storleikane på kreftene som verkar på klossen når han glir nedover skråplanet.

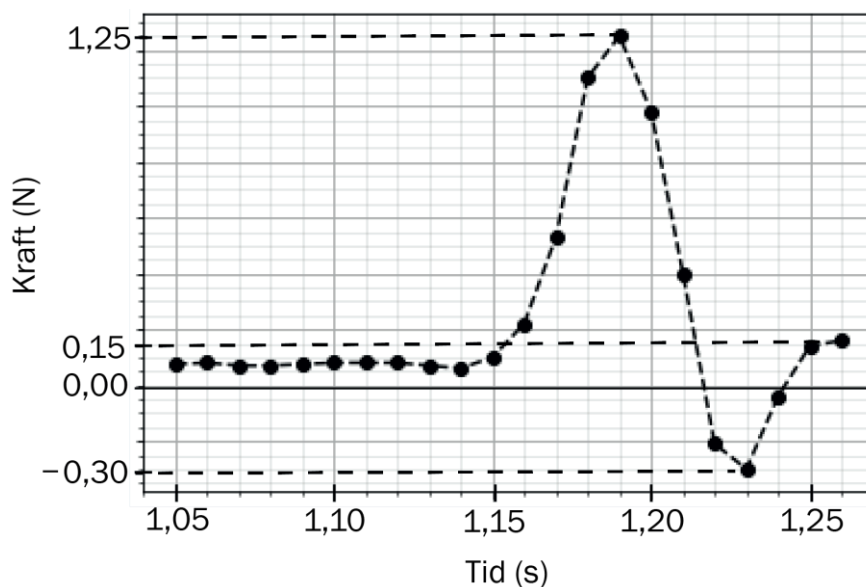
Sjå bort frå alle andre krefter enn normalkrafta og gravitasjonskrafta når klossen er i loopen.

- b) Bestem normalkrafta som verkar på klossen når han er i
- 1 botnen av loopen
  - 2 det øvste punktet i loopen

Nokre elevar gjer eit forsøk der dei plasserer banen på ein digital kraftmålar som måler kraft i vertikal retning. Elevane nullstiller kraftmålar slik at han viser 0 N når banen, utan klossen, står på kraftmålar. Deretter plasserer elevane klossen på skråplanet og slepper han frå ro i ei ny høgd  $h$  over botnen av skråplanet.



Samhøyrande verdiar mellom tid og kraft blir registrerte av kraftmålar når klossen glir nedover skråplanet og gjennom loopen. Måleresultata er viste i grafen nedanfor.



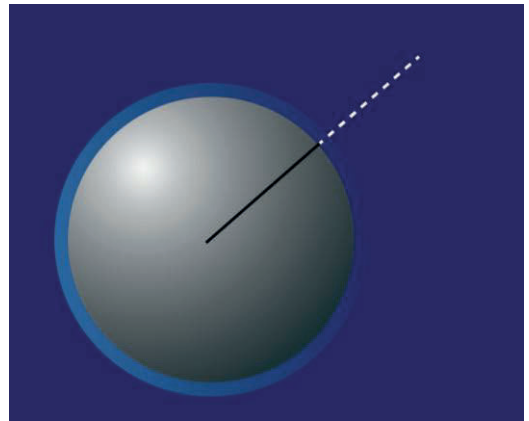
- c) Forklar kor i banen klossen er ved tidspunkta 1,19 s og 1,23 s.
- d) Bestem farten til klossen når han er i det øvste punktet i loopen i dette forsøket.

## Oppgave 5 (7 poeng)

Ein rakett blir send rett opp i verdsrommet frå jordoverflata og beveger seg heile tida radielt bort frå jorda. I starten har raketten massen 2000 kg. Rakettmotoren har heile tida ei skyvekraft på 30 000 N og mistar 5,0 kg drivstoff per sekund.

Programmet nedanfor bereknar kor høgt over jordoverflata raketten kjem når han har brukt opp 1700 kg drivstoff. Programmet tek ikkje omsyn til luftmotstand.

```
1 m = 2000
2 M = 5.97E24
3 gamma = 6.67E-11
4 R = 6371000
5 F = 30000
6 v = 0
7 t = 0
8 h = 0
9 def G(h):
10     return gamma*m*M/(R+h)**2
11 dt = 1
12 dm = 5*dt
13 while m > 300:
14     a = (F - G(h)) / m
15     v = v + a*dt
16     h = h + v*dt
17     m = m - dm
18     t = t + dt
19 print(v, h)
```



I oppgave a og b skal du ikkje ta omsyn til luftmotstanden.

- 1 Køyr programmet. Kor stor er farten, og kor høgt over jordoverflata er raketten, når han har brukt opp 1700 kg drivstoff?
- 2 Forklar linje 9, 10, 14 og 17 i programkoden.
- 3 Forklar kvifor akselerasjonen til raketten aukar så lenge motoren er på.

Når raketten har brukt opp 1700 kg drivstoff, blir motoren slått av, og raketten held fram eit stykke rett utover.

- b) Bestem den maksimale høgda raketten får.

I oppgave c skal du ta omsyn til luftmotstanden. Lufttrykket avtek med høgda over jordoverflata slik at luftmotstanden  $L$ , målt i newton, som verkar på raketten, er gitt ved

$$L = 1,96 \cdot 0,9999^h \cdot v^2,$$

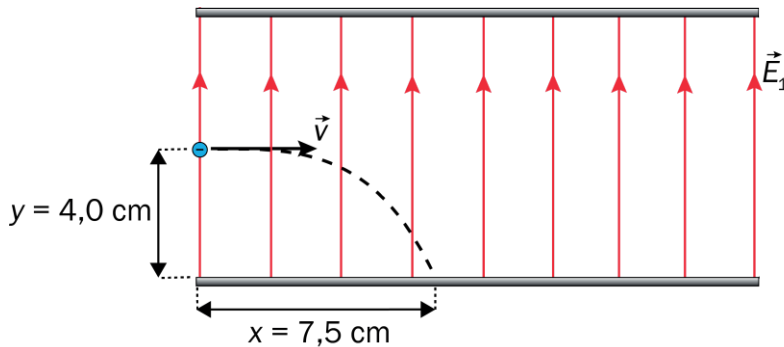
der  $h$  er høgda over jordoverflata i meter og  $v$  er farten til raketten i m/s.

- c) Kor høgt over jordoverflata er raketten når han har brukt opp 1700 kg drivstoff?

## Oppgave 6 (7 poeng)

Eit elektron blir send inn med ein horisontal startfart  $v = 1,30 \cdot 10^7$  m/s midt mellom to horisontale plater. Då er avstanden frå elektronet til den nedste plata  $y = 4,0$  cm. Det er eit homogent elektrisk felt med feltstyrke  $E_1$  mellom platene. Retning på feltet er loddrett oppover. Sjå bort frå gravitasjonsfeltet i heile oppgåva.

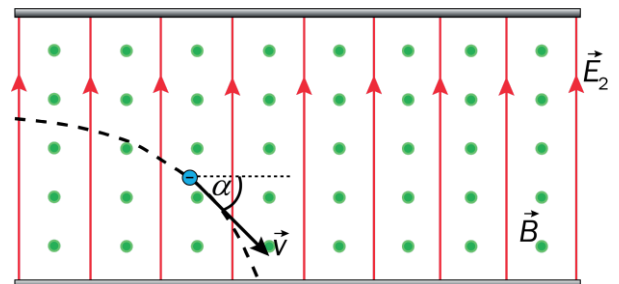
Elektronet beveger seg ein avstand  $x = 7,5$  cm i horisontal retning før det treffer den nedste plata.



- a) Bestem absoluttverdien til
- 1 akselerasjonen til elektronet når det beveger seg mellom platene
  - 2 den elektriske feltstyrken  $E_1$

Den elektriske feltstyrken blir endra til  $E_2 = 25\,000$  V/m. Det blir òg sett opp eit homogent magnetfelt med flukstettleik  $B$  og retning ut av papiret mellom platene.

Eit nytt elektron blir send inn mellom platene. Når elektronet er i posisjonen vist i figuren til høgre, er absoluttverdien til farten  $v = 1,30 \cdot 10^7$  m/s og retninga  $\alpha = 45^\circ$  med horisontalen. I denne posisjonen har *kraftsummen på elektronet same retning som farten*.

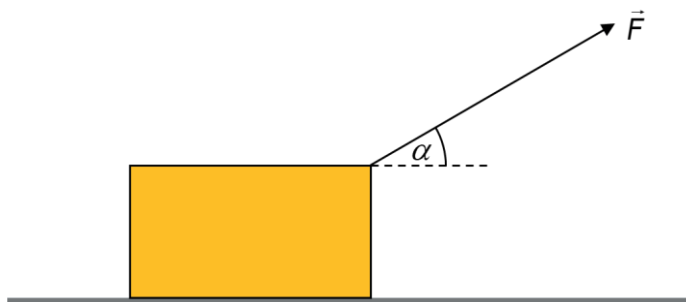


- b)
- 1 Teikn kreftene som verkar på elektronet når det er i posisjonen vist i figuren.
  - 2 Bestem storleikane på kreftene som verkar på elektronet når det er i posisjonen vist i figuren.
  - 3 Bestem absoluttverdien til  $B$ .

## Oppgave 7 (4 poeng)

Ein kloss med masse  $m = 400 \text{ g}$  blir trekt bortover eit horisontalt underlag av ei kraft  $F = 1,2 \text{ N}$ . Krafta  $F$  dannar ein vinkel  $\alpha = 30^\circ$  med horisontalen som vist i figuren. Friksjonstalet mellom klossen og underlaget  $\mu = 0,25$ .

Sjå bort frå luftmotstand, og anta at heile undersida av klossen er i kontakt med underlaget, i heile oppgåva.



- a) Bestem akselerasjonen til klossen.

Det viser seg at størrelsen på krafta  $F$  ikkje er konstant, men gitt ved

$$F = 1,2 - 0,20v,$$

der  $v$  er farten i m/s, og  $F$  er gitt i newton. Startfarten er null.

- b) Bruk programmering til å bestemme farten til klossen når  $t = 3,0 \text{ s}$ .  
I programmet kan du bruke at  $\cos 30^\circ = 0,866$  og  $\sin 30^\circ = 0,50$ .

## Bokmål

<b>Eksamensinformasjon</b>	
<b>Eksamenstid</b>	<p>Eksamen varer i 5 timer. Del 1 skal leveres inn etter 2 timer. Del 2 skal leveres inn senest etter 5 timer.</p> <p>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.</p>
<b>Tillatte hjelpemidler under eksamen</b>	<p>Del 1: skrivesaker, passer, linjal, vinkelmåler og vedlegg i oppgavesettet</p> <p>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.</p> <p>Programmeringsprogrammer o.l. må være installert lokalt på din enhet før eksamen. GeoGebra klassisk (versjon 6.0) vil være tilgjengelig som nettbasert hjelpemiddel.</p> <p>Du har ikke lov til å bruke kunstig intelligens som hjelpemiddel under eksamen.</p>
<b>Bruk av kilder</b>	<p>Dersom du bruker kilder i svaret ditt, skal du alltid føre dem opp på en slik måte at leseren kan finne fram til dem.</p> <p>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 nettside og nedlastingsdato.</p>
<b>Vedlegg</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1 Faktavedlegg</li><li>2 Formelvedlegg</li><li>3 Programmeringsvedlegg</li><li>4 Eget svarark for oppgave 1</li></ol>
<b>Vedlegg som skal leveres inn</b>	<p>Vedlegg 4: Eget svarark for oppgave 1 finner du bakerst i eksamenssettet.</p>

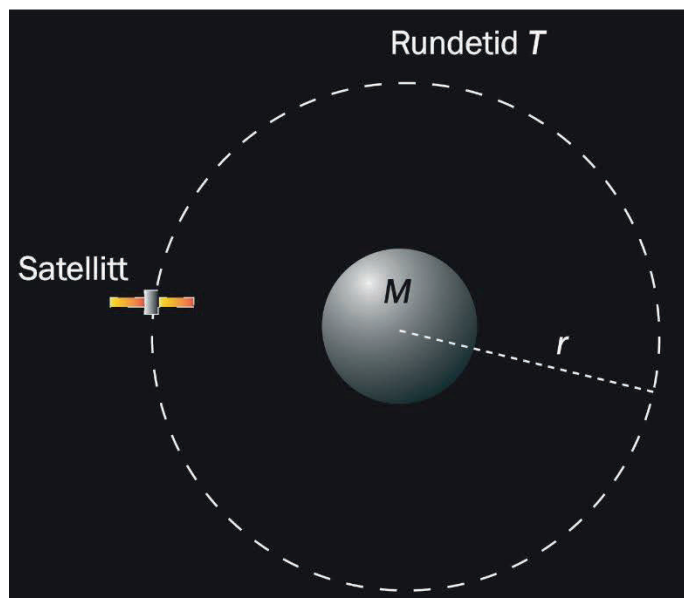
<p><b>Informasjon om oppgavene</b></p>	<p>Oppgave 1 har 20 flervalgsoppgaver med fire svaralternativer: A, B, C og D. Det er bare ett riktig svaralternativ for hver flervalgsoppgave. Blankt svar blir regnet som feil svar. Dersom du er i tvil, bør du derfor skrive det svaret du mener er mest korrekt. Du kan bare svare med ett svaralternativ: A, B, C eller D.</p> <p>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.</p> <p>Del 1 har 2 oppgaver. Del 2 har 5 oppgaver.</p>
<p><b>Informasjon om vurderingen</b></p>	<p>Vurderingskriteriene er gruppert i fire kompetanseområder:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• problemløsning</li> <li>• databehandling</li> <li>• programmering</li> <li>• presentasjon</li> </ul> <p>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.</p> <p>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.</p>
<p><b>Kilder</b></p>	<p>Grafer, bilder og figurer: Utdanningsdirektoratet</p>

## 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 satellitt går med konstant banefart i sirkelbane rundt en planet.



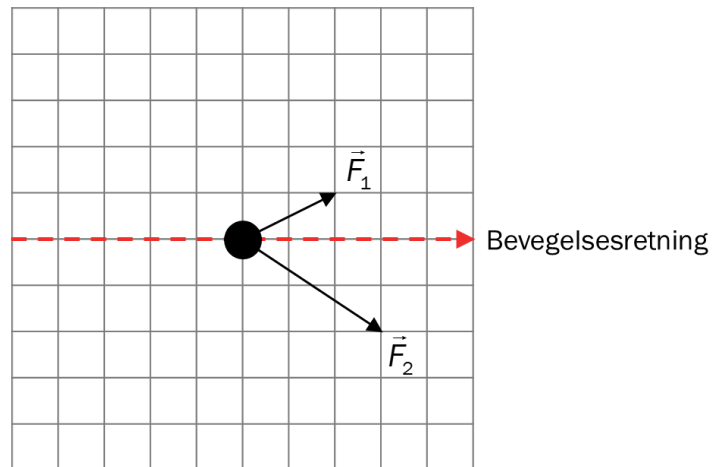
Rundetiden er  $T$ . Radius i sirkelbanen er  $r$ . En formel for massen til planeten er  $M = \frac{4\pi^2 r^3}{\gamma T^2}$ .

Den relative usikkerheten i rundetiden er 2 %. Den relative usikkerheten i radien er 3 %.

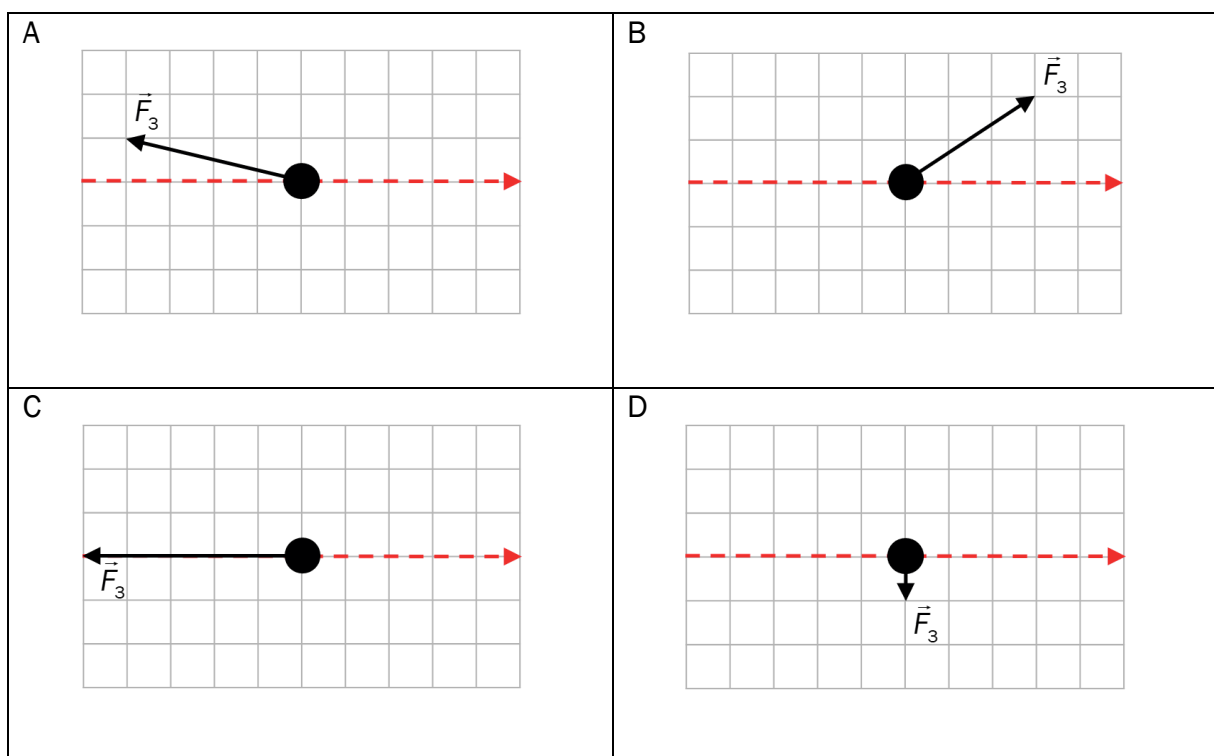
Hva er den relative usikkerheten  $\frac{\Delta M}{M}$  ?

- A 5 %
- B 6 %
- C 13 %
- D 31 %

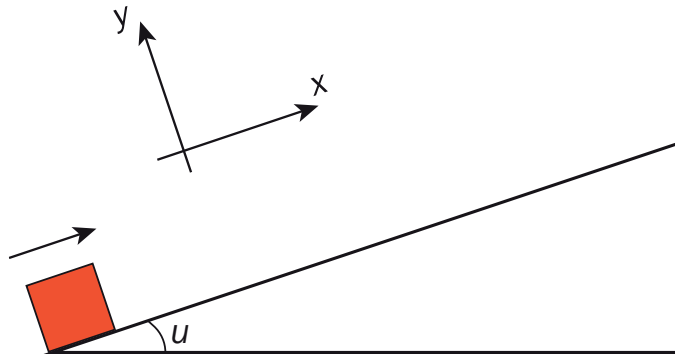
- b) Tre krefter  $F_1$ ,  $F_2$  og  $F_3$  virker på en gjenstand slik at den beveger seg mot høyre. De tre kraftvektorene er i samme plan som rutenettet. I figuren ser vi vektorene  $F_1$  og  $F_2$ .



Hvilket alternativ viser riktig vektor  $F_3$ ?



c) En kloss med masse 0,42 kg sendes med en startfart oppover et skråplan. Programmet skal beregne hvor stor fart klossen har når den er tilbake til utgangspunktet. Luftmotstanden er gitt ved  $L = kv^2$ . Se bort fra friksjon.



```

1 k = 0.07
2 m = 0.42
3 g = 9.81
4 sinu = 0.20      # Sinusverdi for skråplanvinkelen
5 v = 3.13        # Startfarten
6 s = 0
7
8 dt = 0.0001
9 while s >= 0:
10     if v > 0:
11         a =
12     else:
13         a =
14     v = v + a*dt
15     s = s + v*dt
16 print(v)

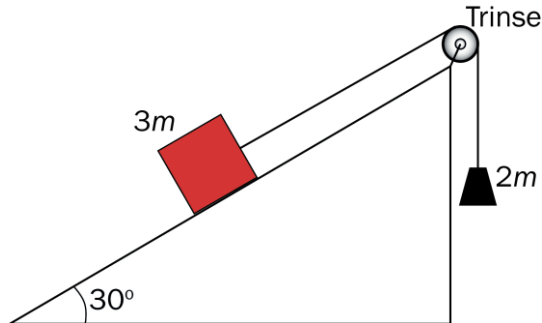
```

Hva skal stå på linje 11 og linje 13?

	Linje 11	Linje 13
A	$a = -g \cdot \sin u - k \cdot v^{**2} / m$	$a = -g \cdot \sin u + k \cdot v^{**2} / m$
B	$a = -g \cdot \sin u - k \cdot v^{**2} / m$	$a = g \cdot \sin u - k \cdot v^{**2} / m$
C	$a = -g \cdot \sin u + k \cdot v^{**2} / m$	$a = g \cdot \sin u + k \cdot v^{**2} / m$
D	$a = -g \cdot \sin u + k \cdot v^{**2} / m$	$a = -g \cdot \sin u - k \cdot v^{**2} / m$

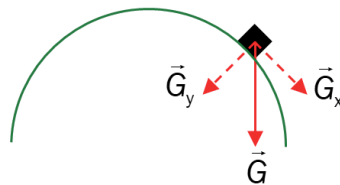
- d) Et skråplan har helningsvinkel  $30^\circ$ . En kloss med masse  $3m$  er festet til ei snor. Den andre enden av snora er festet til et lodd med masse  $2m$ . Snora går over ei trinse. Se bort fra massen til snora, friksjon og luftmotstand.

Klossen slippes fra ro som vist i figuren.



Hva er riktig?

- A Klossen blir liggende i ro hele tiden.
  - B Klossen glir med økende fart nedover skråplanet.
  - C Klossen glir med økende fart oppover skråplanet.
  - D Klossen glir med konstant fart nedover skråplanet.
- e) En kloss glir med økende fart ned en vertikal sirkelformet bane. I tillegg til tyngdekraften  $G$  virker det friksjon og en normalkraft på klossen.  $G_y$  er komponenten av  $G$  som peker mot sentrum av sirkelbanen. Se bort fra luftmotstand.



Hva er riktig når klossen er på vei nedover banen?

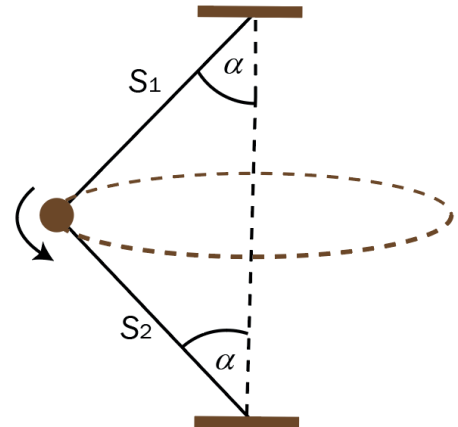
- A Normalkraften avtar.
- B Normalkraften er større enn  $G_y$ .
- C Friksjonen øker.
- D Friksjonen er konstant.

- f) Ei kule med masse  $m$  går med konstant banefart i en horisontal sirkelbane.

Kula er festet til to like lange snorer. Snorene er festet i et tak og et gulv, og festepunktene er loddrett overfor hverandre. Snorene danner like store vinkler  $\alpha$  med vertikalen. Begge snorene er stramme.

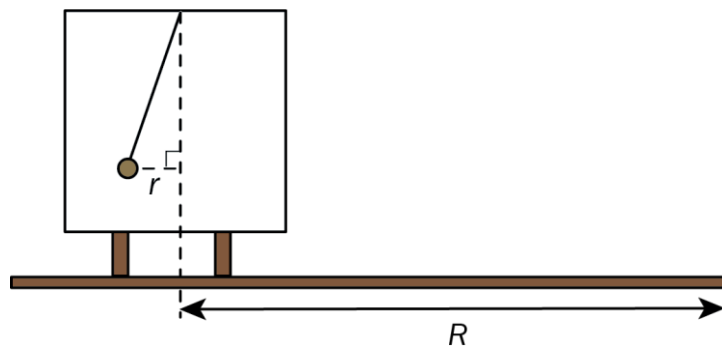
Snorkraften på kula fra den øverste snora er  $S_1$ , og snorkraften på kula fra den nederste snora er  $S_2$ .

Se bort fra massen til snora, friksjon og luftmotstand.



Hva er riktig?

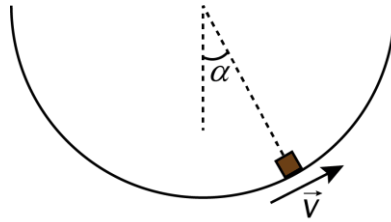
- A  $S_1 = S_2$
  - B  $S_1 < mg$
  - C  $S_1 > S_2$
  - D  $S_1 < S_2$
- g) En bil kjører med konstant banefart  $v$  i en horisontal sirkelbane. Ei kule med masse  $m$  henger i ei snor som er festet i taket i bilen. Opphengingspunktet til snora har en horisontal avstand  $R$  til sentrum av sirkelbanen. Kula har en horisontal avstand  $r$  fra opphengingspunktet.



Hva er riktig uttrykk for kraftsummen på kula?

- A  $\frac{mv^2}{\sqrt{R^2 + r^2}}$
- B  $\frac{mv^2}{r}$
- C  $\frac{mv^2}{R}$
- D  $\frac{mv^2}{R + r}$

- h) En kloss glir på innsiden av en vertikal halvsirkel. Når klossen er i posisjonen vist i figuren, er farten til klossen  $v$ , og vinkelen mellom loddlinjen og linjestykket fra sentrum av halvsirkelen til klossens posisjon er  $\alpha$ . Se bort fra friksjon og luftmotstand.



Hva er riktig om komponentene til akselerasjonen når klossen er i posisjonen vist i figuren?

	Akselerasjonen vinkelrett på fartsretningen peker	Absoluttverdien til akselerasjonen parallell med fartsretningen er
A	inn mot sentrum	$g \sin \alpha$
B	ut fra sentrum	$g \sin \alpha$
C	inn mot sentrum	$g \cos \alpha$
D	ut fra sentrum	$g \cos \alpha$

- i) Ei kule skytes på skrå opp fra et horisontalt underlag. Startfarten er  $v_0$ , og utgangsvinkelen er  $\alpha$ . Se bort fra luftmotstand.



Hva regnes ut med uttrykket  $\frac{2v_0^2 \cos \alpha \sin \alpha}{g}$  ?

- A hvor langt fra start kula treffer underlaget
- B den maksimale høyden kula kan ha
- C hvor lang tid det tar fra start og til kula lander
- D hvor lang tid kula bruker fra start og til maksimal høyde

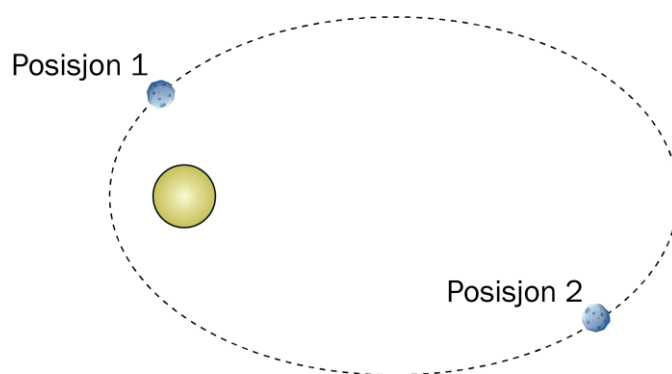
j) Om tre stjerner vet vi følgende:

- Stjerne A har masse  $m$  og radius  $r$ .
- Stjerne B har masse  $2m$  og radius  $2r$ .
- Stjerne C har masse  $3m$  og radius  $3r$ .

Hva er riktig om gravitasjonsfeltstyrkene  $g_A$ ,  $g_B$  og  $g_C$  på overflata av de tre stjernene?

- A  $g_A < g_B < g_C$
- B  $g_B < g_A < g_C$
- C  $g_C < g_B < g_A$
- D  $g_A = g_B = g_C$

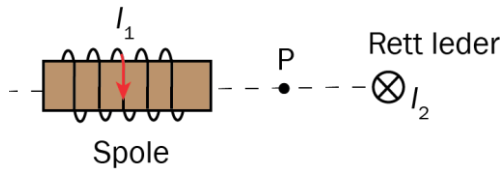
k) En asteroide går i en ellipsebane rundt sola. Figuren viser asteroiden ved to ulike posisjoner i banen. Se bort fra alle andre himmellegemer enn sola og asteroiden.



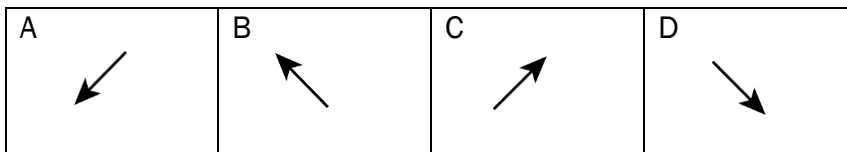
Ved hvilken av de to posisjonene er farten til asteroiden størst, og ved hvilken av de to posisjonene er den potensielle energien størst?

	Størst fart	Størst potensiell energi
A	posisjon 1	posisjon 1
B	posisjon 1	posisjon 2
C	posisjon 2	posisjon 1
D	posisjon 2	posisjon 2

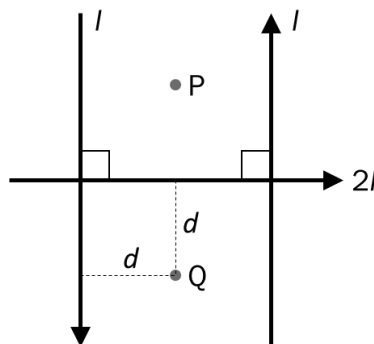
- l) En spole fører en strøm  $I_1$  med retning som vist i figuren. Spoleaksen er i papirplanet. En rett leder til høyre for spolen står vinkelrett på papirplanet. Det går en strøm  $I_2$  inn i papirplanet i den rette lederen. Et punkt P er på spoleaksen mellom spolen og den rette lederen.



Hvilken retning har det samlede magnetiske feltet i punktet P?



- m) Tre rette, isolerte, strømførende ledere ligger i samme plan som vist i figuren. To av lederne fører strømmen  $I$ , og den siste fører strømmen  $2I$ . Retningene på strømmene er vist i figuren. Punktene P og Q er like langt fra de tre lederne.



Det er gitt to påstander:

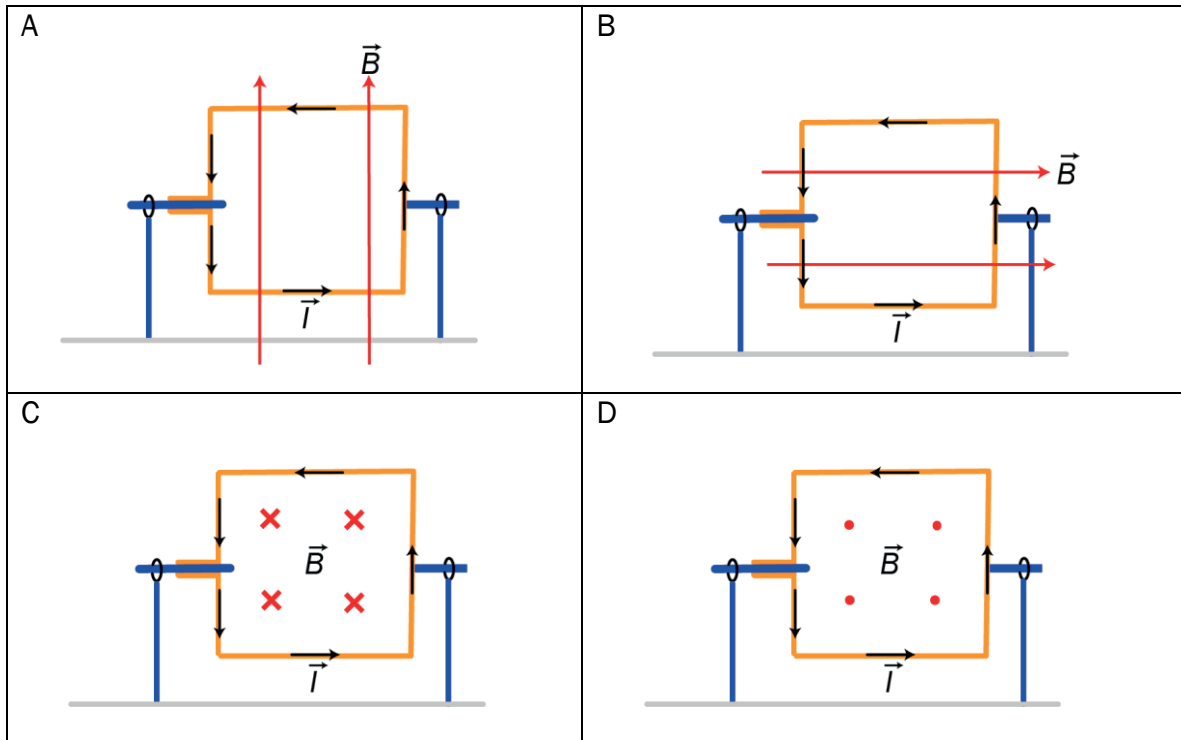
- 1 Det samlede magnetfeltet i punktet P har retning inn i papirplanet.
- 2 Den magnetiske flukstettheten (feltstyrken) i punktet Q er lik 0.

Hva er riktig?

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

n) En motor består av en strømsløyfe og en horisontal aksling. Strømretningen i sløyfa er vist i figurene.

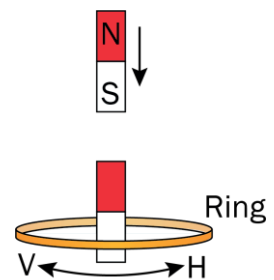
I hvilken figur har magnetfeltet  $B$  riktig retning, slik at sløyfa kan rotere rundt akslingen?



o) En magnet med sørpol nederst faller gjennom en ring slik at det induseres en strøm i ringen. Ringen holdes fast. Strømretningen er i retning V eller H. Se figur. Se bort fra luftmotstand.

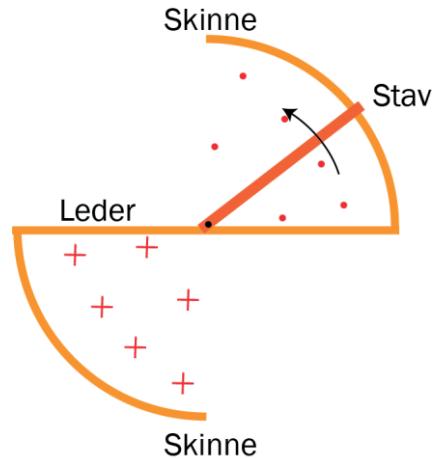
Vi ser på situasjonen før magneten kommer inn i ringen.

Hva er riktig?



	Strømretningen i ringen har retning mot	Akselerasjonen til magneten er
A	H	større enn $g$
B	H	mindre enn $g$
C	V	større enn $g$
D	V	mindre enn $g$

- p) En leder er festet til to skinner. En stav, med akse midt på lederen, roterer med konstant vinkelfart mot klokka. Hver gang staven roterer over en av skinnene, passerer den et homogent magnetfelt med retninger som vist i figuren. Staven, lederen og skinnen danner da en lukket krets, og det induseres en strøm i kretsen.



Det er gitt to påstander:

- 1 Den induserte strømmen går mot klokka, uansett hvilken skinne staven roterer over.
- 2 Den magnetiske kraften på staven virker mot fartsretningen til staven, uansett hvilken skinne staven roterer over.

Hva er riktig?

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

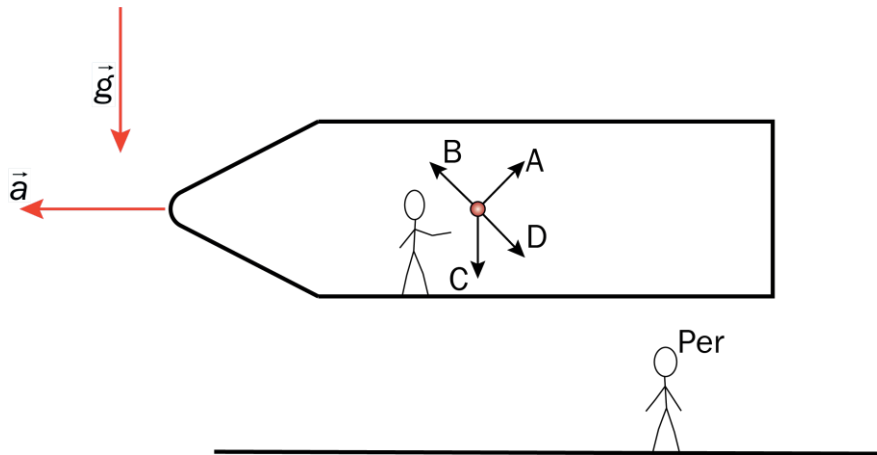
- q) Et romskip kjører med en fart i forhold til jorda slik at lorentzfaktoren  $\gamma = 2,0$ . En hendelse på jorda tar  $5,0 \mu\text{s}$  målt med ei klokke i ro i romskipet.

Hvor lang tid tar hendelsen målt med ei klokke i ro på jorda?

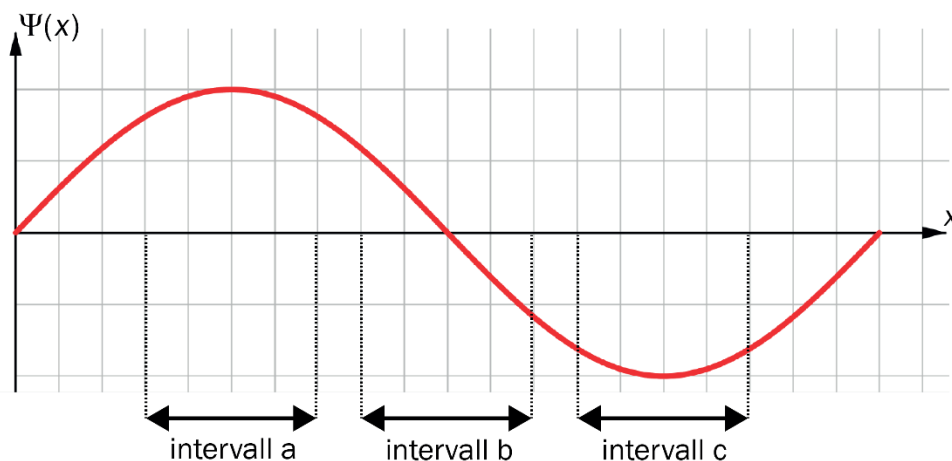
- A  $2,5 \mu\text{s}$
- B  $3,0 \mu\text{s}$
- C  $7,0 \mu\text{s}$
- D  $10 \mu\text{s}$

- r) Et fartøy har en akselerasjon  $a$  mot venstre i et gravitasjonsfelt. Gravitasjonsfeltet peker nedover og har verdien  $g$ . Absoluttverdien til  $g$  er lik absoluttverdien til  $a$ . En ball blir kastet inne i fartøyet. Per står i ro på bakken. Se bort fra luftmotstand.

Hvilken retning har summen av kreftene på ballen før den lander, sett fra Per sitt referansesystem?



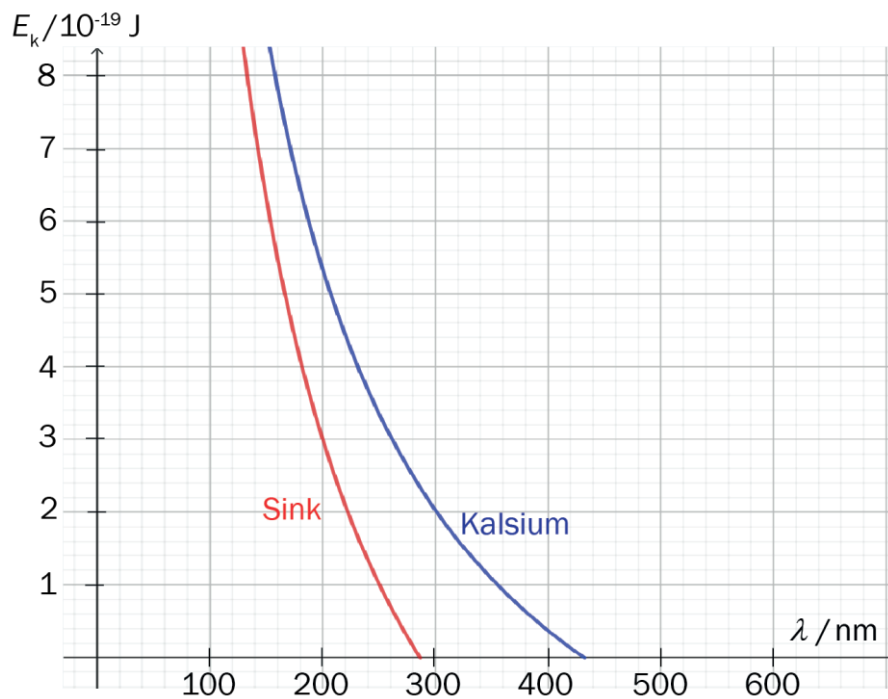
- s) Figuren viser bølgefunksjonen  $\Psi(x)$  som funksjon av posisjon  $x$  for et elektron.



Hva er riktig?

- A Det er større sannsynlighet for å finne elektronet i intervall a enn i intervall c.
- B Det er større sannsynlighet for å finne elektronet i intervall b enn i intervall c.
- C Det er like stor sannsynlighet for å finne elektronet i intervall a som i intervall c.
- D Sannsynligheten for å finne elektronet i intervall b er null.

t) Lys med ulike bølgelengder sendes mot to ulike metaller. Grafene nedenfor viser den maksimale kinetiske energien til de frigjorte elektronene som funksjon av bølgelengden til lyset.



Det er gitt to påstander:

- 1 Kalsium har størst løsrivningsarbeid.
- 2 Sink har størst grensefrekvens.

Hva er riktig?

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

## Oppgave 2

a) (2 poeng)

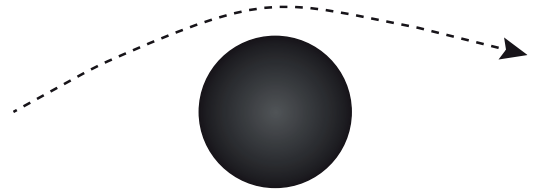
Når lys passerer et himmellegeme, f.eks. et sort hull, blir det avbøyd.

Dag, Ole og Kristine diskuterer fenomenet når lyset passerer et himmellegeme, og kommer med følgende påstander:

Dag: «Massen til himmellegemet gjør at lyset blir avbøyd.»

Ole: «Lysfarten øker når lyset blir avbøyd.»

Kristine: «Lyset blir rødforskjøvet når det beveger seg bort fra himmellegemet.»



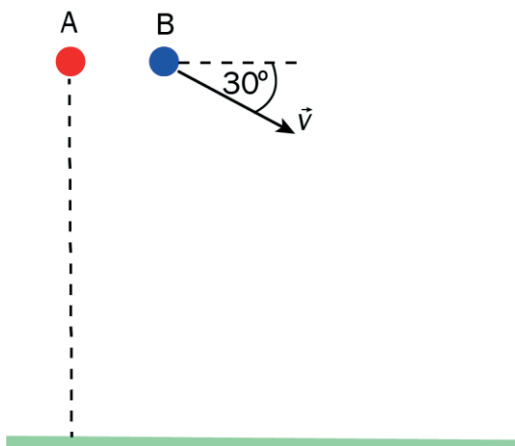
Vurder påstandene til Dag, Ole og Kristine.

b) (2 poeng)

Arthur Compton fikk tildelt Nobelprisen i 1927 for sine eksperimenter som viste at lys har partikkelegenskaper. Gi en forklaring på comptoneffekten.

c) (2 poeng)

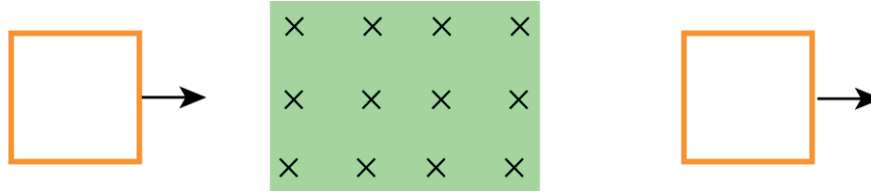
To like kuler A og B har samme høyde over et horisontalt underlag. A kastes vertikalt rett nedover. B kastes på skrå nedover med startfarten  $v = 10 \text{ m/s}$  og danner vinkelen  $30^\circ$  med horisontalen. Begge kulene kastes samtidig. Se bort fra luftmotstand.



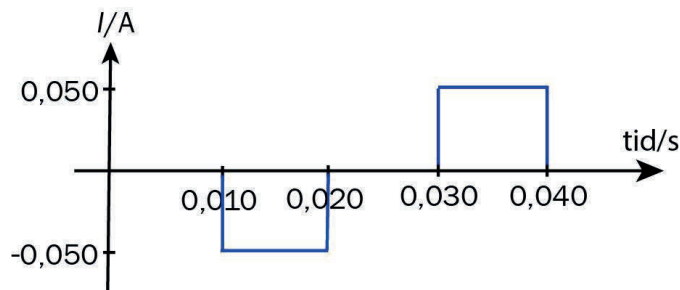
Hvor stor må startfarten til A være for at kulene skal lande samtidig?

d) (4 poeng)

En kvadratisk leder beveger seg med konstant rettlinjjet fart over et homogent rektangelformet magnetfelt. Magnetfeltet har flukstetthet  $B$ . Sidene på kvadratet er 5,0 cm, og resistansen i lederen er 0,040  $\Omega$ .



Grafen viser strømmen i lederen som funksjon av tiden.

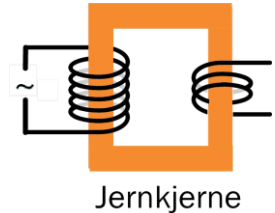


- 1 Bestem farten til lederen.
- 2 Bestem absoluttverdien til  $B$ .
- 3 Tegn en skisse av en graf som viser fluksen gjennom lederen som funksjon av tid fra 0 s til 0,040 s. Husk begrunnelse.

## Del 2

### Oppgave 3 (4 poeng)

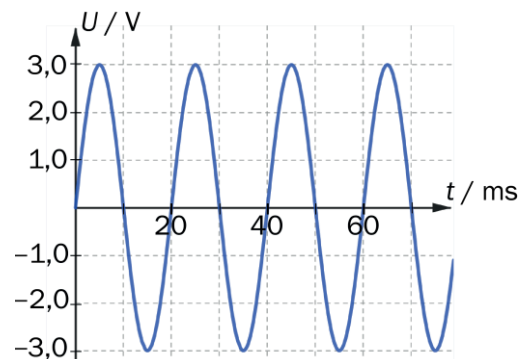
En transformator har 6 vindinger på primærsiden og 3 vindinger på sekundærsiden. Primærsiden kobles til en vekselspenningskilde. Spenningen  $U$  over primærspolen varierer som vist i grafen. Vekselspenning oppgis vanligvis som effektivverdi (RMS),



$$U_{\text{eff}} = \frac{U_{\text{maks}}}{\sqrt{2}},$$

der  $U_{\text{maks}}$  er den maksimale spenningen.

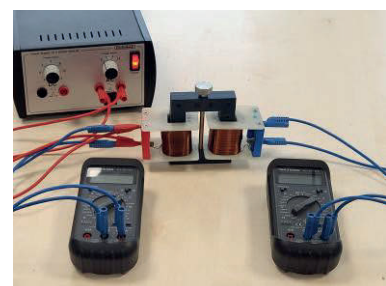
- a) 1 Bestem effektivverdien av spenningen over primærspolen.
- 2 Bestem effektivverdien av spenningen over sekundærspolen.



Noen elever vil undersøke sammenhengen mellom spenningen på primær- og sekundærsiden i en transformator. Transformatoren har en primærspole med 300 vindinger og en sekundærspole med 600 vindinger. Elevene kobler spolen med 300 vindinger til en vekselspenningskilde.

Elevene varierer spenningen på spenningskilden og måler spenningen over primær- og sekundærspolen. Tabellen viser måleresultatene.

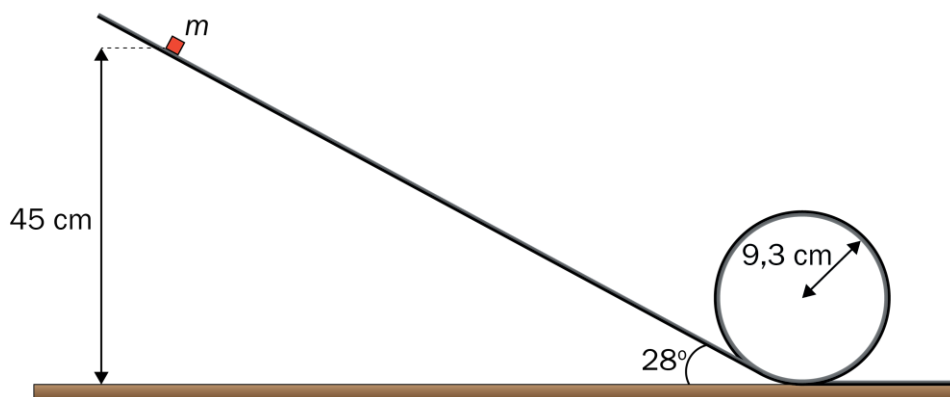
Målt spenning (effektivverdi) over primærspolen $U_p$	Målt spenning (effektivverdi) over sekundærspolen $U_s$
2,0 V	3,4 V
4,3 V	7,5 V
6,5 V	11,6 V
13,5 V	24,6 V



- b) 1 Vis ved regning at måleresultatene *ikke* er i tråd med transformatorlikningen  $\frac{U_s}{U_p} = \frac{N_s}{N_p}$ .
- 2 Gi en fysisk forklaring på hvorfor måleresultatene ikke er i tråd med transformatorlikningen.

## Oppgave 4 (8 poeng)

En bane består av et skråplan som går over i en loop. Skråplanvinkelen er  $28^\circ$  og radien til loopen er 9,3 cm.



En kloss med masse  $m = 15$  g slippes fra ro i en høyde på 45 cm over bunnen av skråplanet. Etter skråplanet beveger klossen seg videre gjennom loopen.

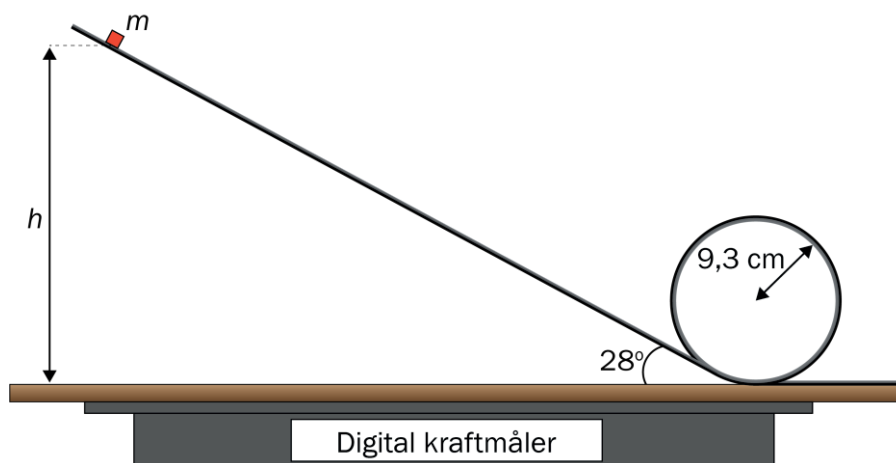
Det virker friksjon mellom skråplanet og klossen, slik at farten til klossen når den er i bunnen av skråplanet, er 2,5 m/s. Se bort fra luftmotstand.

- a) Bestem størrelsene på kreftene som virker på klossen når den glir nedover skråplanet.

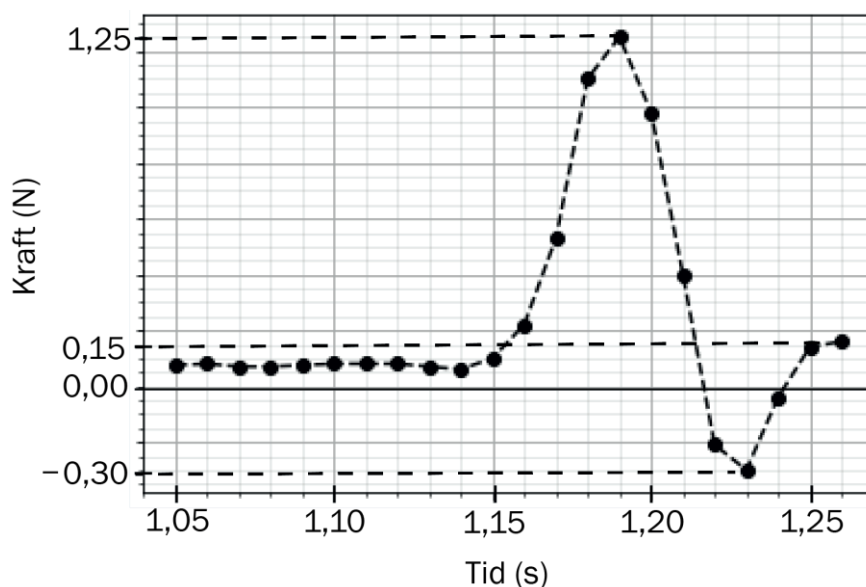
Se bort fra alle andre krefter enn normalkraften og gravitasjonskraften når klossen er i loopen.

- b) Bestem normalkraften som virker på klossen når den er i
- 1 bunnen av loopen
  - 2 det øverste punktet i loopen

Noen elever gjør et forsøk der de plasserer banen på en digital kraftmåler som måler kraft i vertikal retning. Elevene nullstiller kraftmåleren slik at den viser 0 N når banen, uten klossen, står på kraftmåleren. Deretter plasserer elevene klossen på skråplanet og slipper den fra ro i en ny høyde  $h$  over bunnen av skråplanet.



Samhørende verdier mellom tid og kraft registreres av kraftmåleren når klossen glir nedover skråplanet og gjennom loopen. Måleresultatene vises i grafen nedenfor.



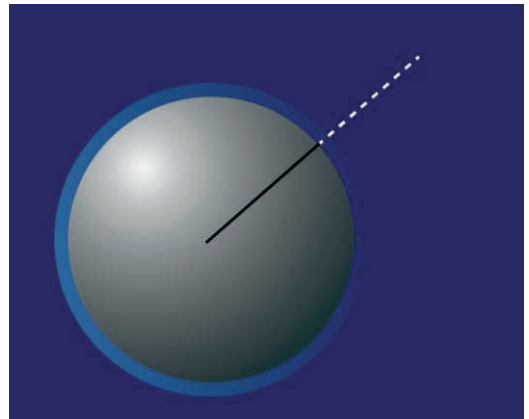
- c) Forklar hvor i banen klossen er ved tidspunktene 1,19 s og 1,23 s.
- d) Bestem farten til klossen når den er i det øverste punktet i loopen i dette forsøket.

## Oppgave 5 (7 poeng)

En rakett sendes rett opp i verdensrommet fra jordoverflata og beveger seg hele tiden radielt bort fra jorda. I starten har raketten massen 2000 kg. Rakettmotoren har hele tiden en skyvekraft på 30 000 N og mister 5,0 kg drivstoff per sekund.

Programmet nedenfor beregner hvor høyt over jordoverflata raketten kommer når den har brukt opp 1700 kg drivstoff. Programmet tar ikke hensyn til luftmotstand.

```
1 m = 2000
2 M = 5.97E24
3 gamma = 6.67E-11
4 R = 6371000
5 F = 30000
6 v = 0
7 t = 0
8 h = 0
9 def G(h):
10     return gamma*m*M/(R+h)**2
11 dt = 1
12 dm = 5*dt
13 while m > 300:
14     a = (F - G(h)) / m
15     v = v + a*dt
16     h = h + v*dt
17     m = m - dm
18     t = t + dt
19 print(v, h)
```



I oppgave a og b skal du ikke ta hensyn til luftmotstanden.

- 1 Kjør programmet. Hvor stor er farten, og hvor høyt over jordoverflata er raketten, når den har brukt opp 1700 kg drivstoff?
- 2 Forklar linje 9, 10, 14 og 17 i programkoden.
- 3 Forklar hvorfor akselerasjonen til raketten øker så lenge motoren er på.

Når raketten har brukt opp 1700 kg drivstoff, blir motoren slått av, og raketten fortsetter et stykke rett utover.

- b) Bestem den maksimale høyden raketten får.

I oppgave c skal du ta hensyn til luftmotstanden. Lufttrykket avtar med høyden over jordoverflata slik at luftmotstanden  $L$ , målt i newton, som virker på raketten, er gitt ved

$$L = 1,96 \cdot 0,9999^h \cdot v^2,$$

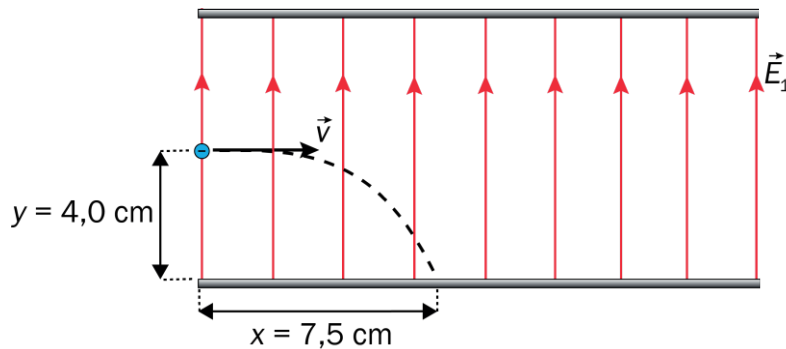
der  $h$  er høyden over jordoverflata i meter og  $v$  er farten til raketten i m/s.

- c) Hvor høyt over jordoverflata er raketten når den har brukt opp 1700 kg drivstoff?

## Oppgave 6 (7 poeng)

Et elektron sendes inn med en horisontal startfart  $v = 1,30 \cdot 10^7$  m/s midt mellom to horisontale plater. Da er avstanden fra elektronet til den nederste platen  $y = 4,0$  cm. Det er et homogent elektrisk felt med feltstyrke  $E_1$  mellom platene. Retning på feltet er loddrett oppover. Se bort fra gravitasjonsfeltet i hele oppgaven.

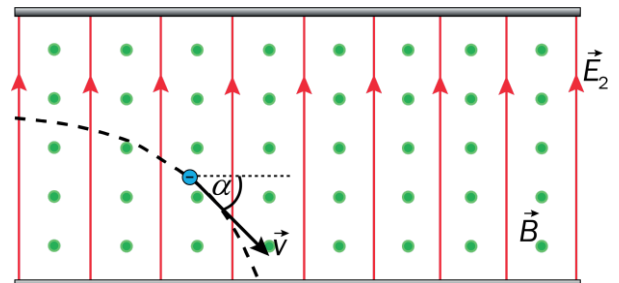
Elektronet beveger seg en avstand  $x = 7,5$  cm i horisontal retning før det treffer den nederste plata.



- a) Bestem absoluttverdien til
- 1 akselerasjonen til elektronet når det beveger seg mellom platene
  - 2 den elektriske feltstyrken  $E_1$

Den elektriske feltstyrken endres til  $E_2 = 25\,000$  V/m. Det settes også opp et homogent magnetfelt med flukstetthet  $B$  og retning ut av papiret mellom platene.

Et nytt elektron sendes inn mellom platene. Når elektronet er i posisjonen vist i figuren til høyre, er absoluttverdien til farten  $v = 1,30 \cdot 10^7$  m/s og retningen  $\alpha = 45^\circ$  med horisontalen. I denne posisjonen har *kraftsummen på elektronet samme retning som farten*.

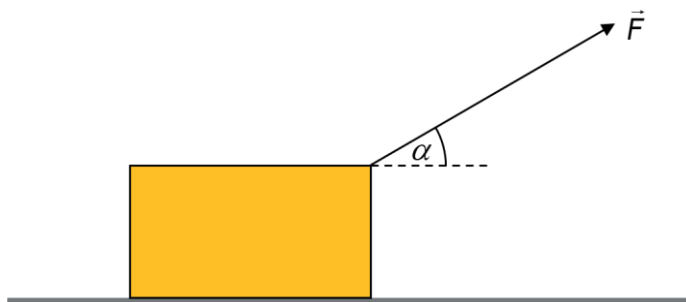


- b)
- 1 Tegn kreftene som virker på elektronet når det er i posisjonen vist i figuren.
  - 2 Bestem størrelsene på kreftene som virker på elektronet når det er i posisjonen vist i figuren.
  - 3 Bestem absoluttverdien til  $B$ .

## Oppgave 7 (4 poeng)

En kloss med masse  $m = 400$  g trekkes bortover et horisontalt underlag av en kraft  $F = 1,2$  N. Kraften  $F$  danner en vinkel  $\alpha = 30^\circ$  med horisontalen som vist i figuren. Friksjonstallet mellom klossen og underlaget  $\mu = 0,25$ .

Se bort fra luftmotstand, og anta at hele undersiden av klossen er i kontakt med underlaget, i hele oppgaven.



- a) Bestem akselerasjonen til klossen.

Det viser seg at størrelsen på kraften  $F$  ikke er konstant, men gitt ved

$$F = 1,2 - 0,20v,$$

der  $v$  er farten i m/s, og  $F$  er gitt i newton. Startfarten er null.

- b) Bruk programmering til å bestemme farten til klossen når  $t = 3,0$  s.  
I programmet kan du bruke at  $\cos 30^\circ = 0,866$  og  $\sin 30^\circ = 0,50$ .

## Faktavedlegg

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

<b>Fysikkonstantar</b>	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 ( $\gamma$ )	$6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$
	Lysfarten i vakuum ( $c$ )	$3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
	Planckkonstanten ( $h$ )	$6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$
	Bohrs konstant ( $B$ )	$2,18 \cdot 10^{-18} \text{ J}$
<b>Partikkelmassar</b>	Elektron ( $m_e$ )	$9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
	Muon ( $m_\mu$ )	$1,884 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$
	Ladd pi-meson ( $m_\pi$ )	$2,488 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$
	Nøytralt pi-meson ( $m_{\pi^0}$ )	$2,406 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$
	Proton ( $m_p$ )	$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
	Nøytron ( $m_n$ )	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
	Alfapartikkel/heliumkjerne ( $m_\alpha$ )	$6,645 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
<b>Jorda</b>	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	$1,496 \cdot 10^{11} \text{ m}$
<b>Sola</b>	Radius	$6,96 \cdot 10^8 \text{ m}$
	Masse	$1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$
<b>Månen</b>	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.

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

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	$\int f(x) dx = F(x) + C, \text{ hvor } F'(x) = f(x)$		$\int_a^b f(x) dx = F(b) - F(a)$	
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	$O_{\text{sirkel}} = 2\pi r$	$A_{\text{sirkel}} = \pi r^2$	$A_{\text{kule}} = 4\pi r^2$	$V_{\text{kule}} = \frac{4\pi r^3}{3}$
	$\sin v = \frac{\text{mot. kat.}}{\text{hyp.}}$	$\cos v = \frac{\text{hos. kat.}}{\text{hyp.}}$	$\tan v = \frac{\text{mot. kat.}}{\text{hos. kat.}}$	
	$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos(A)$		$\frac{\sin(A)}{a} = \frac{\sin(B)}{b} = \frac{\sin(C)}{c}$	

	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 funksjonene og konstantene er avhengige av at man bruker ulike python-bibliotek.

Regneoperatorer	+ - * ** /	
Definere variabel	a = <verdi>	
Konstanter	pi e	
Standardform	Eksempel: 6.67E-11 eller 6.67e-11	
Lister	L = [] L.append(<verdi>)	
Definere funksjon	def <navn og argument til funksjon>: return <funksjon>	
Funksjoner	print() exp() log() sqrt() abs() sin() arcsin() cos() arccos() tan() arctan() radians() degrees() min() max() sum() mean() std() len() random() round() float() int() sign() linspace()	
Plotte	plot(<x-verdier>, <y-verdier>, <farge og layout>) xlabel(<navn på førsteakse>) ylabel(<navn på andreakse>) grid() axis('equal') show()	
Sammenligne	== != < > <= >=	
Logikk	and or not	
Løkker/iterasjoner if-test	<pre>for n in range(&lt;verdier&gt;):     &lt;hva som skal skje&gt;  for n in &lt;liste&gt;:     &lt;hva som skal skje&gt;  while &lt;betingelse&gt;:     &lt;hva som skal skje&gt;</pre>	<pre>if &lt;betingelse&gt;:     &lt;hva som skal skje&gt; elif &lt;betingelse&gt;:     &lt;hva som skal skje&gt; else:     &lt;hva som skal skje&gt;</pre>

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.*

### TIPS TIL DEG SOM AKKURAT HAR FÅTT EKSAMENSOPPGÅVA:

- Start med å lese oppgaveinstruksen godt.
- Hugs å føre opp kjeldene i svaret ditt dersom du bruker kjelder.
- Les gjennom det du har skrive, før du leverer.
- Bruk tida. Det er lurt å drikke og ete undervegs.

**Lykke til!**

### TIPS TIL DEG SOM AKKURAT HAR FÅTT EKSAMENSOPPGAVEN:

- Start med å lese oppgaveinstruksen godt.
- Husk å føre opp kildene i svaret ditt hvis du bruker kilder.
- Les gjennom det du har skrevet, før du leverer.
- Bruk tiden. Det er lurt å drikke og spise underveis.

**Lykke til!**