

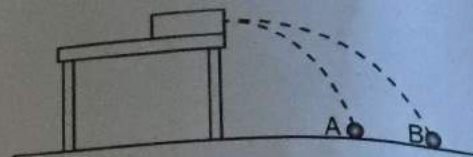
## Del 1

### Oppgave 1 Flervalgsoppgaver

Skriv svarene for oppgave 1 på eget svarskjema i vedlegg 3.  
(Du skal altså ikke levere inn selve eksamensoppgaven med oppgaveteksten.)

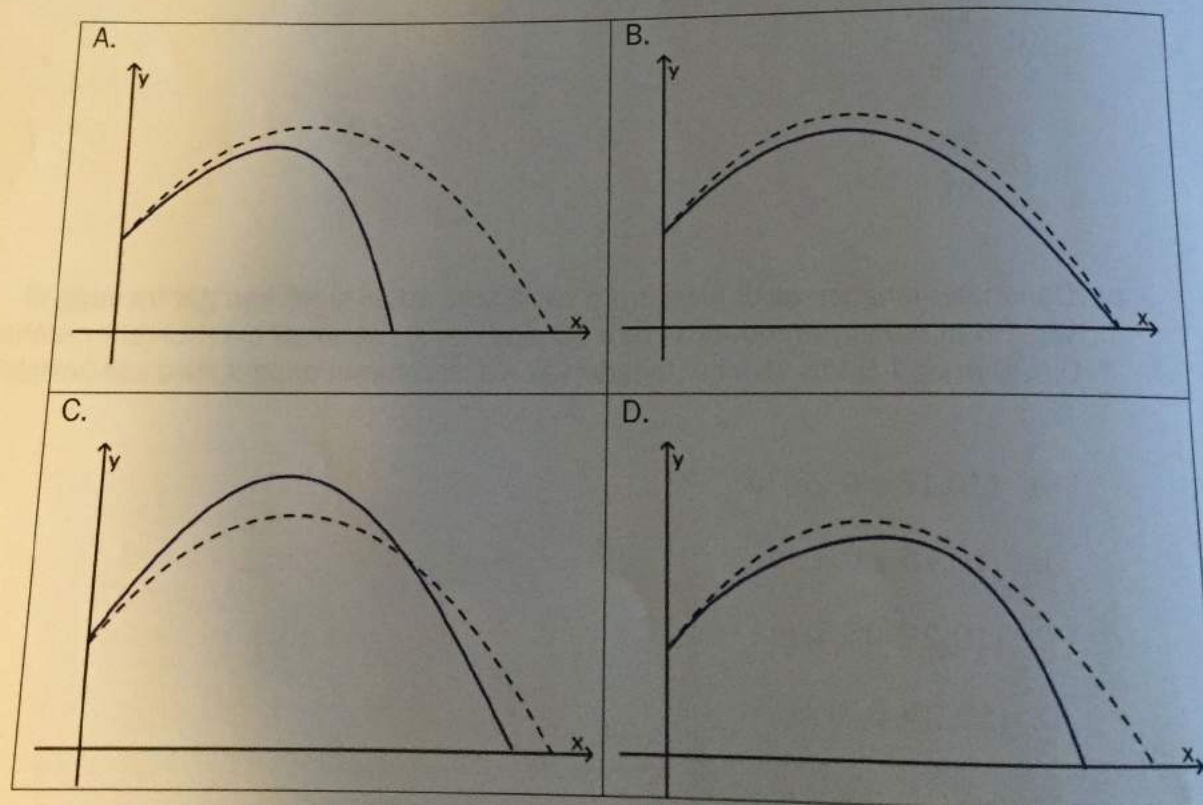
- a) Hvilken av de sammensatte enhetene er en enhet for magnetisk fluks?
- A. Tm
  - B. Vs
  - C.  $\frac{\text{kgm}^2}{\text{A}}$
  - D.  $\frac{\text{Wb}}{\text{m}^2}$
- b) Dan måler lengden av et klasserom ved å telle antall skritt han går fra vegg til vegg. Han måler rommet til å være 10 skritt langt, og vet at hvert skritt er mellom 0,990 m og 1,04 m. Hva blir lengden av klasserommet oppgitt med usikkerhet?
- A.  $(10,15 \pm 0,25) \text{ m}$
  - B.  $(10,15 \pm 0,3) \text{ m}$
  - C.  $(10,2 \pm 0,25) \text{ m}$
  - D.  $(10,2 \pm 0,3) \text{ m}$

- c) To kuler blir skutt ut horisontalt og samtidig fra en utskytningsmekanisme. Figuren viser banene som kulene følger. Hvilken påstand er riktig?

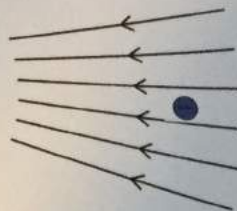


- A. Kule A treffer bakken før kule B.
- B. Kule B treffer bakken før kule A.
- C. Kulene treffer bakken samtidig og med samme fart.
- D. Kulene treffer bakken samtidig, men med ulik fart.

- d) En ball kastes på skrå oppover. I figurene under er den stiplete grafen den beregnede banen dersom vi ser bort fra luftmotstand. Den blå heltrukne grafen er forslag til ballens virkelige bane. Hvilket av alternativene er best?



- e) En negativ partikkel holdes i ro i et sentralt elektrisk felt. Partikkelens posisjon og feltets retning vises i figuren under.

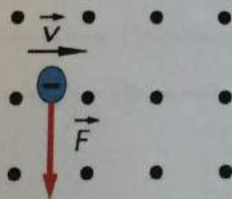


Hva skjer med partikkelens bevegelse og potensielle energi når den slippes?

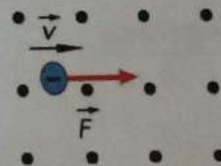
- A. Den vil bevege seg mot høyre, og den potensielle energien vil øke.
- B. Den vil bevege seg mot høyre, og den potensielle energien vil avta.
- C. Den vil bevege seg mot venstre, og den potensielle energien vil øke.
- D. Den vil bevege seg mot venstre, og den potensielle energien vil avta.

- f) Et elektron skytes mot høyre vinkelrett inn i et homogent magnetisk felt. Hvilken av figurene viser riktig retning på kraften?

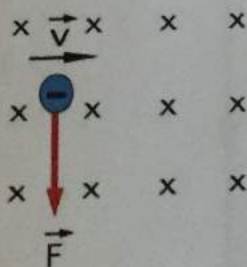
A.



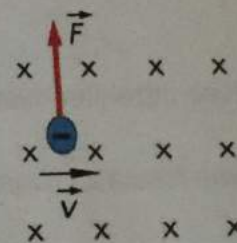
B.



C.



D.





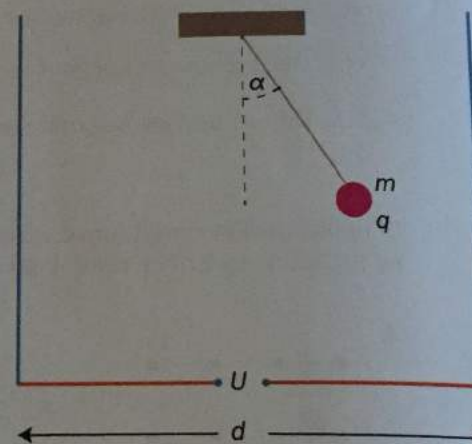
g) Et proton beveger seg i et homogent magnetfelt med en retning som danner  $45^\circ$  med feltretningen. Banen til protonet vil da være

- A. en rett linje
- B. en sirkel
- C. en ellipse
- D. en skruelinje

h) En liten kule med masse  $m$  og ladning  $q$  henger i ro i en snor. Den befinner seg i et homogent elektrisk felt mellom to ladde vertikale plater. Plateavstanden er  $d$ . Vinkelen mellom snora og vertikalen er  $\alpha$ .

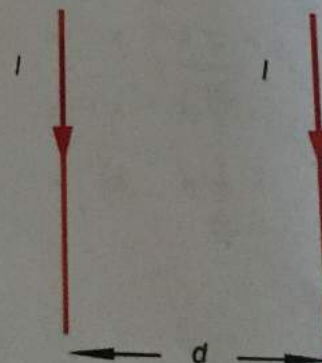
Spenningen  $U$  mellom platene er da

- A.  $\frac{mgd \tan \alpha}{q}$
- B.  $\frac{mgd(1 - \sin \alpha)}{q}$
- C.  $\frac{mgd(1 + \sin \alpha)}{q}$
- D.  $\frac{mgd \cos \alpha}{q}$



i) Vi har to lange, rette, parallelle strømførende ledere. Avstanden mellom dem er  $d$ . Begge fører strømmen  $I$  med retning som vist på figuren. Hvilken påstand er riktig?

- A. Lederne tiltrekker hverandre.
- B. Lederne frastøter hverandre.
- C. Når strømmen settes på, vil lederne først tiltrekke og deretter frastøte hverandre.
- D. Når strømmen settes på, vil lederne først frastøte og deretter tiltrekke hverandre.



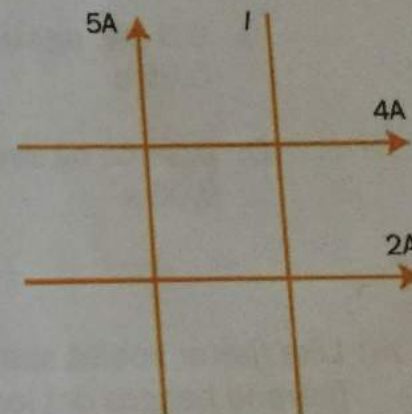
- j) Den magnetiske kraften mellom lederne i oppgave i) er  $F$ . Vi øker strømmen til  $2I$  i hver av lederne. Hva må avstanden mellom lederne være for at kraften mellom dem fortsatt skal være  $F$ ?

- A.  $d$
- B.  $2d$
- C.  $4d$
- D.  $8d$

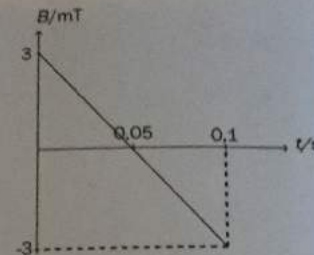
- k) Fire lange, rette, isolerte ledere ligger i samme plan og danner et kvadrat. Størrelse og retning på strømmene er angitt på tre av lederne. I midten av kvadratet er det magnetiske feltet null.

Strømmen  $I$  i den fjerde lederen har da størrelsen

- A.  $7A$  og retning  $\uparrow$
- B.  $1A$  og retning  $\uparrow$
- C.  $7A$  og retning  $\downarrow$
- D.  $1A$  og retning  $\downarrow$



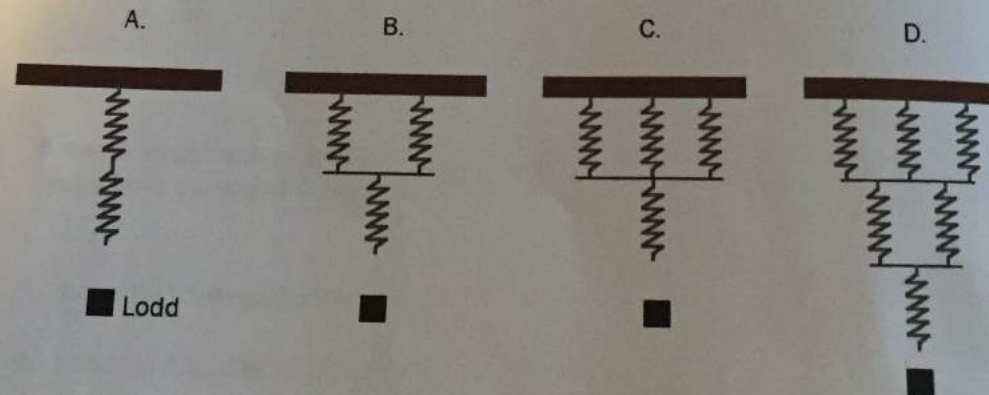
- l) En kvadratisk strømsløyfe med sidekanter på 10 cm er plassert vinkelrett på et homogent magnetisk felt  $B$ . Det magnetiske feltet varierer som vist på grafen. Figuren til venstre viser situasjonen når  $t = 0$ .



Den induserte emsen i sløyfen er

- A. 0,6 mV, og strømretningen er med urviseren
- B. 0,3 mV, og strømretningen er med urviseren
- C. 0,6 mV, og strømretningen er først mot urviseren, og skifter retning etter 0,05 s
- D. 0,3 mV, og strømretningen er først med urviseren, og skifter retning etter 0,05 s

- m) Like fjærer kobles sammen på ulike måter i figuren under. På hver av de nederste fjærene henges det lodd med samme masse. Fjærene og koblingene kan regnes som masseløse.



Hvilket alternativ gir den lengste totale forlengelsen når loddene hektes på?

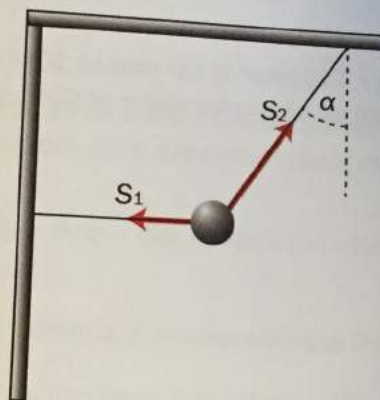
- A. figur A
- B. figur B
- C. figur C
- D. figur D



t på et grafen.

- n) Fenomenet **aliasing** oppstår fordi
- A. det dynamiske området er for lite
  - B. det dynamiske området er for stort
  - C. samplingsfrekvensen er for liten
  - D. bitdybden er for stor

- o) En kule henger i ro i to masseløse snorer. Den ene snoren er horisontal med snorkraften  $S_1$ . Den andre har snorkraften  $S_2$  og danner vinkelen  $\alpha$  med vertikalen.

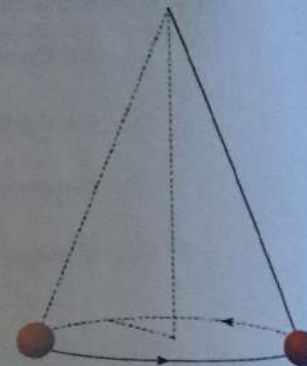


Da er forholdet  $\frac{S_1}{S_2}$

- A.  $\sin \alpha$
- B.  $\frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}$
- C.  $\cos \alpha$
- D.  $\tan \alpha$

p) En kjeglependel består av en kule med masse  $m$  og en snor med lengde  $l$ . Kula beveger seg i en horisontal sirkel med konstant banefart. Radien i sirkelen er  $r$ . Hvilken påstand er riktig?

- A. Rundetiden øker dersom vi øker  $r$ , men holder  $l$  og  $m$  uendret.
- B. Rundetiden øker dersom vi bruker en kule med større masse, men holder  $l$  og  $r$  uendret.
- C. Rundetiden øker dersom vi bruker en lengre snor, men holder  $m$  og  $r$  uendret.
- D. Rundetiden er uavhengig av  $m$ ,  $l$  og  $r$ .



q) Planeten P har masse  $M$  og radius  $r$ . Planeten Q har masse  $10M$  og radius  $5r$ . Tyngdeakselerasjonen på overflaten av de to planetene er  $g_P$  og  $g_Q$ .

Hva er forholdet  $\frac{g_P}{g_Q}$ ?

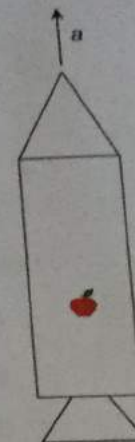
- A.  $\frac{2}{5}$
- B.  $\frac{1}{2}$
- C. 2
- D.  $\frac{5}{2}$





- r) Et romskip er på vei vekk fra jorda. Romskipet befinner seg et sted der det ikke virker noen gravitasjon, og akselererer med  $10 \text{ m/s}^2$  i fartsretningen. En astronaut i romskipet gjør et eksperiment med et eple der eplet slippes fra en høyde på 1,0 meter over gulvet. Hvilken påstand om eplet stemmer i astronautens referansesystem?

- A. Eplet vil ikke falle.
- B. Eplet vil falle og treffe gulvet med farten  $\sqrt{20} \text{ m/s}$ .
- C. Eplet vil falle og treffe gulvet med farten  $20 \text{ m/s}$ .
- D. Eplet vil falle. Farten til slutt i fallet er avhengig av romskipets fart på tidspunktet da eplet slippes, og kan derfor ikke bestemmes ut fra opplysningene.



- s) En observatør på jorda observerer det samme eksperimentet som i oppgave r). Hvilken påstand om eplet stemmer i observatørens referansesystem?

- A. Eplet faller ikke – det vil være i ro i forhold til observatøren etter at det slippes.
- B. Eplet vil fortsette å akselerere vekk fra observatøren med  $10 \text{ m/s}^2$ .
- C. Eplet vil ha konstant fart vekk fra observatøren til det innhentes av gulvet i romskipet.
- D. Eplet vil falle mot observatøren som om det var i et gravitasjonsfelt.

- t) Naturen setter en øvre fartsgrense som et legeme ikke kan passere. Hvilken påstand er riktig?

- A. Det finnes en øvre grense for akselerasjonen til legemet.
- B. Det finnes en øvre grense for bevegelsesmengden til legemet.
- C. Det finnes en øvre grense for den kinetiske energien, men ikke for bevegelsesmengden til legemet.
- D. Det finnes ingen øvre grense, verken for bevegelsesmengden, den kinetiske energien eller for akselerasjonen til legemet.

u) Gitt disse påstandene om to reaksjoner:

1. For at reaksjonen  $\gamma \rightarrow p + \bar{p}$  skal inntreffe, må fotonenergien være over en viss størrelse.
2. For at reaksjonen  $p + \bar{p} \rightarrow \gamma + \gamma$  skal inntreffe, må den samlede kinetiske energien til  $p$  og  $\bar{p}$  være over en viss størrelse.

Hvilket alternativ er riktig?

- A. Både 1 og 2 er sanne.
- B. 1 er sann, mens 2 er usann.
- C. 1 er usann, mens 2 er sann.
- D. Både 1 og 2 er usanne.

v) En partikkel har kinetisk energi  $E$ . Hvilket uttrykk for partikkelens de Broglie-bølgelengde  $\lambda$  er riktig dersom vi regner klassisk ( $k$  er en konstant)?

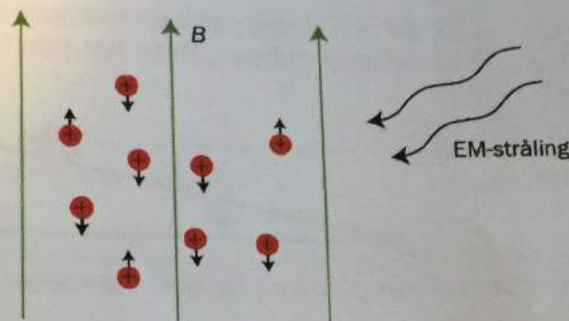
- A.  $\lambda = k \cdot \sqrt{E}$
- B.  $\lambda = k \cdot E$
- C.  $\lambda = \frac{k}{E}$
- D.  $\lambda = \frac{k}{\sqrt{E}}$

w) I medisinske undersøkelser er det vanlig å bruke røntgenstråling. Hvilken påstand er riktig?

- A. Røntgenstråling oppstår når lys treffer metall og river løs elektroner.
- B. Røntgenstråling oppstår ved et elastisk støt mellom et foton og et stillestående elektron.
- C. Røntgenstråling oppstår ved at et elektron treffer et foton.
- D. Røntgenstråling oppstår når elektroner sendes mot et metall.



- x) I et forsøk med magnetisk resonans sendes elektromagnetisk stråling mot protoner som ligger i et ytre magnetfelt. Protonene kan enten ha spinnretning (spinnakse) parallelt med eller i motsatt retning av feltet.



Gitt fire påstander om magnetisk resonans:

1. Energiforskjellen mellom de to spinn-tilstandene er avhengig av størrelsen på det magnetiske feltet.
2. Energiforskjellen mellom de to spinn-tilstandene er avhengig av den elektromagnetiske strålingen.
3. Resonans inntreffer når protonene absorberer den elektromagnetiske strålingen.
4. Når protonene har spinnretning i samme retning som det magnetiske feltet (spinn opp), er energien høyere enn når spinnretningen er motsatt (spinn ned).

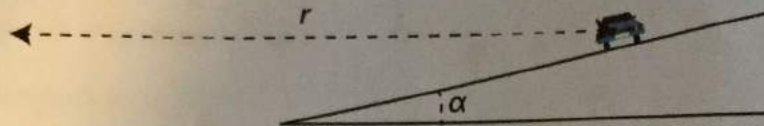
Hvilke påstander er riktige?

- A. 1. og 2.
- B. 3. og 4.
- C. 2. og 4.
- D. 1. og 3.



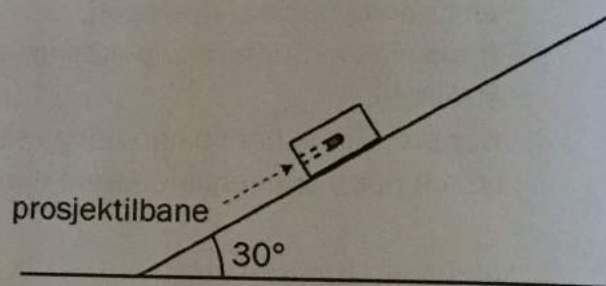
## Oppgave 2

- a) En bil kjører med konstant fart i en dossert sving med dosseringsvinkel  $\alpha$ . Bilen følger en horisontal sirkelbane med radius  $r$ . Bilen har den farten som gjør at det ikke virker sideveis friksjon.



1. Tegn kreftene som virker på bilen. Se bort fra krefter som virker i bevegelsesretningen.
2. Finn et uttrykk for farten gjennom svingen.

- b) En kloss med masse 990 g står i ro på et skråplan med helningsvinkel  $30^\circ$ . Et prosjektil med masse 10 g skytes inn i klossen parallelt med skråplanet. Prosjektilet blir sittende fast i klossen.



Du kan regne med en tyngdeakselerasjon på  $10 \text{ m/s}^2$ .

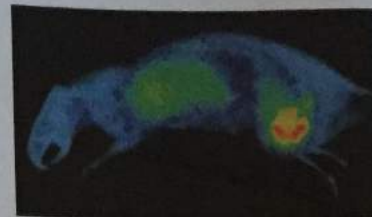
1. Hva må farten til prosjektilet være for at klossen skal ha farten  $4,0 \text{ m/s}$  like etter sammenstøtet?

Det virker en friksjonskraft mellom klossen og skråplanet på  $5,0 \text{ N}$ .

2. Hvor langt glir klossen (med kula) langs skråplanet før den stopper?

I  $\alpha$ . Bilen  
gjør at det

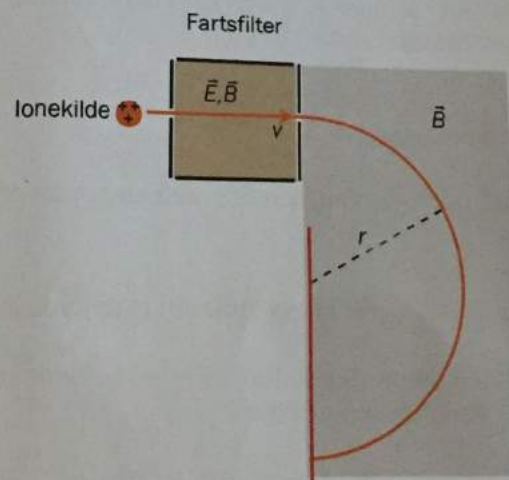
- c) I en PET-skanner blir pasienter injisert med positroner som reagerer med elektroner, og to fotoner frigjøres. Disse fotonene registreres, og slik bygges det opp et bilde av f.eks. en kreftsvulst.



Bilde 1. PET scan av en rotte med kreftsvulst

1. Hva heter en slik reaksjon?
2. I slike reaksjoner må visse bevaringslover være oppfylt – hvilke?
3. Sett opp et uttrykk for den minste frekvensen som et slikt utsendt foton kan ha.

- d) I en massespektrograf blir positive ioner med ladning  $q$  og forskjellig fart sendt ut fra en kilde. Noen av ionene går igjennom et fartsfilter der det er et elektrisk felt  $E$  og et magnetisk felt  $B$ , som begge står vinkelrett på fartsretningen. Ionene med en bestemt fart  $v$  går vannrett gjennom filteret og kommer ut til høyre i et område hvor bare det magnetiske feltet  $B$  virker. Ionene fortsetter videre i en sirkelbane med radius  $r$ . Banen til disse ionene er tegnet inn i figuren.



like

1. Hva er retningen til det magnetiske feltet  $B$  og det elektriske feltet  $E$  når ionene følger denne banen?

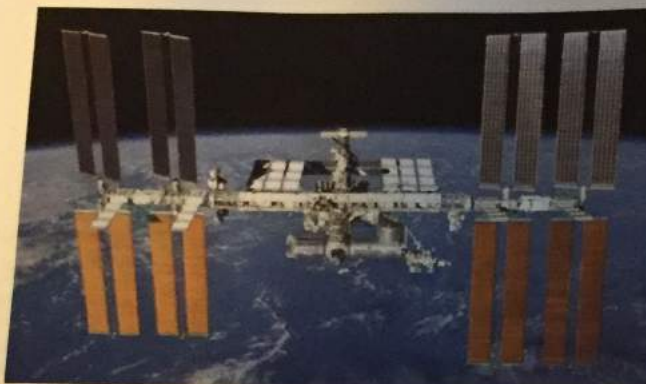
2. Vis at massen til disse ionene er  $m = \frac{qrB^2}{E}$



## Del 2

### Oppgave 3

Oppgaven dreier seg om bevegelse i gravitasjonsfelt.



Bilde 2. Romstasjonen ISS

Bildet viser den internasjonale romstasjonen ISS. Den går i bane rundt jorda med gjennomsnittsfarten  $7,66 \text{ km/s}$ . Massen er  $410 \text{ tonn}$ .

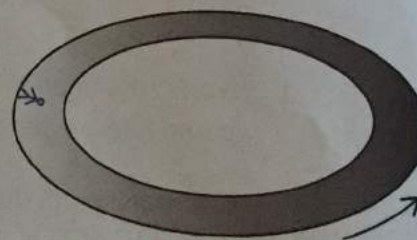
Vi antar at stasjonen følger en sirkelbane.

- a) Bruk opplysningene over, og beregn høyden ISS har over jordoverflaten.

ISS kan gå i baner som varierer mellom  $280 \text{ km}$  og  $460 \text{ km}$  over jordoverflaten.

- b) Hvor mye energi trengs for å sende satellitten fra en sirkelbane med høyden  $280 \text{ km}$  til en sirkelbane med høyden  $460 \text{ km}$ ?

En science fiction-forfatter skriver om livet i en romstasjon. Hun skriver at stasjonen er laget av et sirkelformet rør som roterer rundt sin egen akse. Se figuren. Beboerne i stasjonen opplever samme tyngde som på jorda. Stasjonen roterer én gang per minutt.



- c) Hva må radien i en slik romstasjon være?



## Oppgave 4

Oppgaven dreier seg om energi og kast.

Xpogo er en ekstremsport som har blitt utviklet etter som hoppestokkene er blitt bedre. Bildet til høyre viser et forsøk på å hoppe over et hinder med en Pogo Stick (hoppestokk). Litt forenklet består en hoppestokk av en hovedstolpe med fjær (i svart) og en ramme med håndtak og fothvilere (i blått). Se figur 1 under.



Figur 1

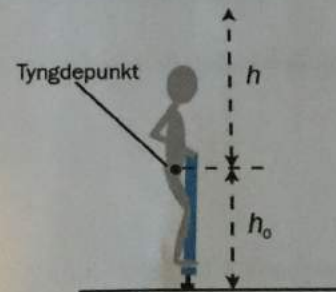


Bilde 3. Forsøk på å hoppe over et hinder med en hoppestokk

Når hoppestokken støter i bakken, presses fjæra sammen.

- a) Finn kraften  $F$  som virker fra rammen på fjæra når den er presset sammen 10 cm. Fjærstivheten  $k = 15 \text{ kN/m}$ .

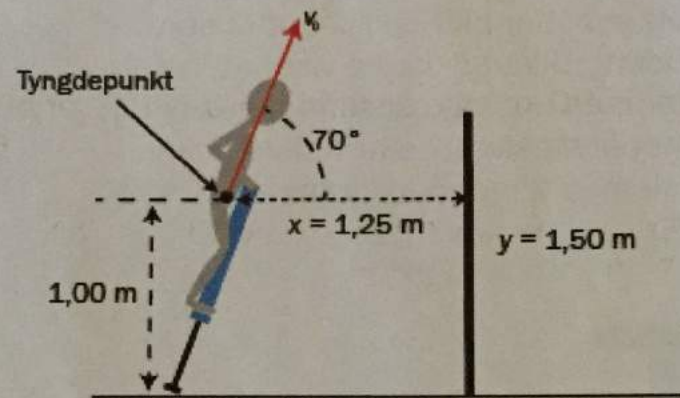
I en modell ser vi bort fra friksjon og luftmotstand og regner hoppestokk og utøver som ett fast legeme med masse 71 kg og med et felles tyngdepunkt. Tyngdepunktet kan maksimalt nå  $h$  meter over starthøyden  $h_0$  når fjæra frigjøres. Vi regner starthøyden som posisjonen til tyngdepunktet når fjæra er presset maksimalt sammen 0,41 m. Se figur 2.



Figur 2

- b) Vis at tyngdepunktet maksimalt kan nå høyden  $h = 1,8 \text{ m}$  over  $h_0$ .

Utøveren vil gjøre et forsøk på å hoppe over et hinder. Hinderet har høyden 1,50 m. Utøveren tar sats slik at startfarten er  $v_0 = 5,0$  m/s. Startfarten danner  $70^\circ$  med horisontalen når hoppestokken forlater bakken. Da er tyngdepunktet 1,25 m fra hinderet.



Figur 3

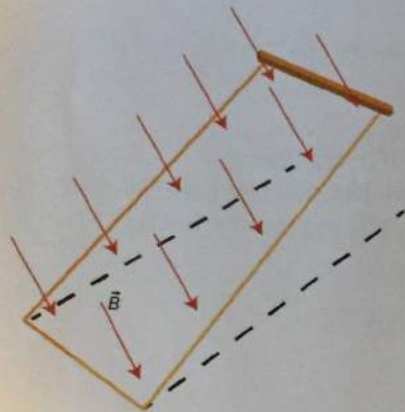
- c) Bruk opplysningene i figur 3, og undersøk om utøveren kommer over hinderet. Tyngdepunktet må da ha en klaring på minst 0,50 m over hinderet, fordi vi ser for oss at utøveren vrir seg i svevet.

## Oppgave 5

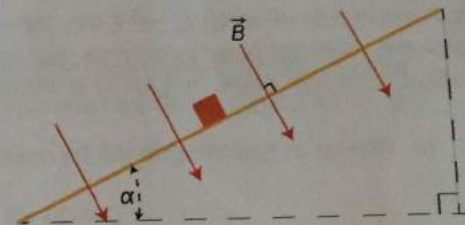
Oppgaven dreier seg om induksjon.

I denne oppgaven regner vi at det bare er lederen som har elektrisk resistans. Vi ser også bort fra all friksjon.

En leder med masse  $m = 0,090 \text{ kg}$  og resistans  $R = 0,080 \Omega$  er plassert øverst på to parallelle ledende skinner. Avstanden mellom skinnene er  $L = 0,15 \text{ m}$ . Skinnene danner vinkelen  $\alpha = 27^\circ$  med horisontalen. Lederen kan gli på skinnene. Skinnene og lederen danner en lukket krets. Et ytre magnetfelt med flukstetthet (feltstyrke)  $B = 0,91 \text{ T}$ , står vinkelrett på skinnene. Se figur 1 og figur 2.



Figur 1: Skinnene sett ovenfra



Figur 2: Skinnene sett fra siden

Lederen begynner å gli nedover.

- Finn retningen til den induserte strømmen i lederen.
- Tegn kreftene som virker på lederen.
- Forklar hvorfor bevegelsen til lederen er gitt ved likningen

$$v' = g \sin \alpha - \frac{L^2 B^2}{m \cdot R} \cdot v$$

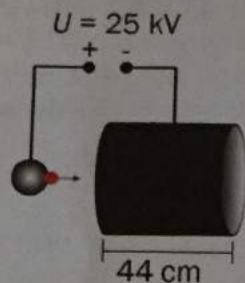
- Farten er blitt omtrent konstant når lederen er kommet helt ned skråplanet. Hvor stor er farten da?



## Oppgave 6

Oppgaven dreier seg om partikkelakseleratorer og elektriske felt.

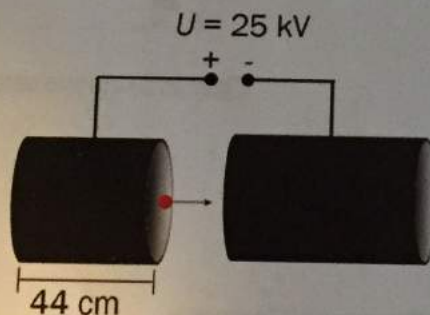
En protonkilde frigjør protoner med startfart null. Protonene akselereres ved hjelp av en spenning på 25 kV mot en sylinder.



- a) Finn farten til et proton ved inngangen til sylindren.

Sylindren har lengden  $l_1 = 44 \text{ cm}$ . Inne i sylindren er det ikke noe elektrisk felt. Når protonet kommer ut av sylindren, har spenningen snudd, slik at protonet fortsatt akselereres mot høyre mot en ny sylinder.

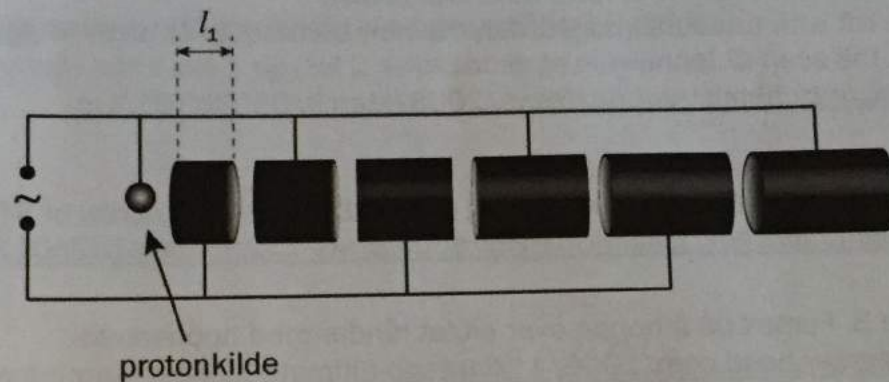
- b) Forklar at spenningen må ha snudd i løpet av  $2,0 \cdot 10^{-7} \text{ s}$ .



Spenningen mellom den første og den andre sylindren er 25 kV.

- c) Finn lengden som den andre sylindren må ha for at protonet skal bruke  $2,0 \cdot 10^{-7} \text{ s}$  på å gå gjennom den.

En lineær akselerator består av en serie sylindre koblet til en vekselspanning. Inne i sylindrene er det elektriske feltet alltid null. Mellom sylindrene er spenningen alltid 25 kV.



Feltet skifter retning  $5,0 \cdot 10^6$  ganger i sekundet, slik at farten til protonene alltid øker mellom sylindrene. Vi ser bort fra tiden protonet bruker mellom sylindrene.

- d) Vis at lengden til sylinder  $n$  er gitt ved  $l_n = l_1 \cdot \sqrt{n}$ , så lenge vi kan regne klassisk.
- e) I de store lineære akseleratorene får protonene svært høye energier. Forklar hvorfor lengden på sylindrene ikke følger formelen fra d), men går mot en fast verdi etter hvert som  $n$  blir stor.