

Løsningsforslag IFYKJT1002 elektrokjemi

Oppgave 1

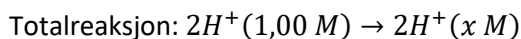
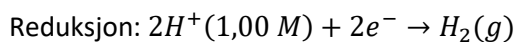
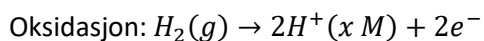
Her var det tilfeldig uttrekk mellom to oppgaver.

Uttrekk 1: $E = E^0 = (1,68 + 0,34)V = 2,0 V$ (antar standard tilstand)

Uttrekk 2: $E = E^0 = (2,36 - 1,68)V = 0,68 V$ (antar standard tilstand)

Oppgave 2

Setter først opp halvreaksjoner og totalreaksjon:



Setter opp Nernst ligning: $E = E^0 - \frac{0,0592 V}{n} \log Q$

Setter inn kjente verdier: $0,108 V = 0V - \frac{0,0592 V}{2} \log \frac{x^2}{(1,00)^2}$

Omformer mhp. x:

$$-\log[H^+] = pH = \frac{0,108 V}{0,0592 V} = 1,82$$

Oppgave 3

Her var det tilfeldig uttrekk mellom to oppgaver.

Uttrekk 1:

Målt potensial: 250 mV

Nullpunkt SCE ifht. SHE: 244,4 mV

Nullpunkt AgAgCl ifht. SHE: 227,2 mV

$$E = (250 + (244,4 - 227,2))mV = 267,2 mV$$

Uttrekk 2:

Målt potensial: 550 mV

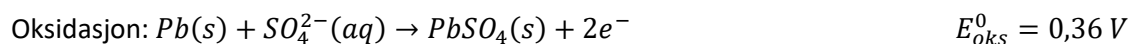
Nullpunkt SCE ifht. SHE: 244,4 mV

Nullpunkt Ag₂SO₄ ifht. SHE: 710 mV

$$E = (550 - (710 - 244,4))mV = 84,4 mV$$

Oppgave 4

- Batteriet kalles blybatteriet (bilbatteri som brukes i bensin- og dieseldrevne biler).
- Batteriet er oppladbart, fordi cellereaksjonen er reversibel, dvs. at reaksjonen kan gå begge veier. Under oppladning tilføres strøm for å drive reaksjonen motsatt vei. Dersom cellereaksjonen som skjer i et batteri er irreversibel, så er batteriet ikke oppladbart → primær batteri.
- Setter opp halvreaksjoner med tilhørende potensial:



$$\text{Standard cellepotensial: } E^0 = (0,36 + 1,69)V = 2,05 V$$

Sammenhengen mellom standard cellepotensial og likevektkonstanten er gitt ved:

$$E^0 = \frac{RT \ln K}{nF}$$

Omformer mhp. K, og setter inn tall:

$$K = e^{\frac{E^0 n F}{RT}} = e^{\frac{2,05 V * 2 * 96500 \frac{C}{mol}}{8,314 \frac{J}{K mol} * 298 K}} = 2,26 * 10^{69}$$

Ser at $K \gg 1$, noe som betyr at likevekten er forskjøvet mot høyre (mer produkt enn reaktant ved likevekt).

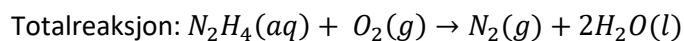
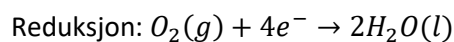
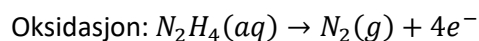
Oppgave 5

- Setter først på oksidasjonstall på alle atomene som inngår i reaksjonsligningen, for å finne ut hva som reduseres og hva som oksideres:

N: $-2 \rightarrow 0$ (betyr at N_2H_4 oksideres, avgir 2 elektroner per atom)

O: $0 \rightarrow -2$ (betyr at O_2 reduseres, tar opp 2 elektroner per atom)

Setter opp halvreaksjoner:



- Setter først opp uttrykket for endring i Gibbs energi for reaksjonen:

$$\Delta G_{rx}^0 = \Delta_f G_{N_2}^0 + 2\Delta_f G_{H_2O}^0 - \Delta_f G_{O_2}^0 - \Delta_f G_{N_2O_4}^0$$

Omformer mhp. $\Delta_f G_{N_2O_4}^0$:

$$\Delta_f G_{N_2O_4}^0 = 2\Delta_f G_{H_2O}^0 - \Delta G_{rx}^0$$

$\Delta_f G_{H_2O}^0$ kan vi finne i SICD Tabell 16, mens ΔG_{rx}^0 kan vi beregne utfra standard cellepotensial:

$$\Delta G_{rx}^0 = -nFE^0 = -4 * 96500 \frac{C}{mol} * 1,56V = -602160 \frac{J}{mol} = -602,16 \frac{kJ}{mol}$$

Beregner. $\Delta_f G_{N_2O_4}^0$:

$$\Delta_f G_{N_2O_4}^0 = 2 * \left(-\frac{237kJ}{mol} \right) - \left(-\frac{602,16kJ}{mol} \right) = 127,8 \frac{kJ}{mol}$$

Oppgave 6

- Sink fremstilles ved smelteelektrolyse
- Alumina er råstoffet for fremstilling av primær aluminium
- Elektrolytten i fremstilling av sink er kryolitt
- Primær aluminium fremstilles i Bayer prosessen
- En elektrolyseprosess skjer spontant
- Hydrogengass kan fremstilles ved elektrolyse av vann
- I ei elektrolysecelle er katode positiv pol
- For ei elektrolysecelle, så er $E > 0$
- Aluminium fremstilles ved smelteelektrolyse
- I ei elektrolysecelle er anode positiv pol
- I elektroplettering må objektet som skal pletteres kobles til positiv pol
- Det brukes ofte inerte elektroder i elektrolyseprosesser
- Alle metaller kan fremstilles ved våtelektrolyse
- I ei elektrolysecelle omdannes elektrisk energi til kjemisk energi
- Daniell-cellen er en elektrolysecelle

Oppgave 7

Bruker den galvaniske serien for metaller i sjøvann for å avgjøre om korrosjon er sannsynlig (avhengig av hvor nærme metallene ligger i forhold til hverandre i rekka), og for å avgjøre hvilket metall/legering som så fall korroderer.

- a) Ja, aluminium vil korrodere, fordi det ligger under støpejern (eng: cast iron) i den galvaniske serien.
- b) Ja, sink vil korrodere, fordi det ligger under messing (eng: brasses) i den galvaniske serien.

Felles mekanikkdel

Oppgave 8

Skal bestemme tiden det tar før en kule som kastes horisontalt ut fra et bord i høyde h , treffer bakken. Med neglisjerbar luftmotstand er akselerasjonen i y -retningen (vertikalretningen) lik g , og med null startfart i y -retning får vi bevegelseslikningen

$$y = \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2y}{g}}$$

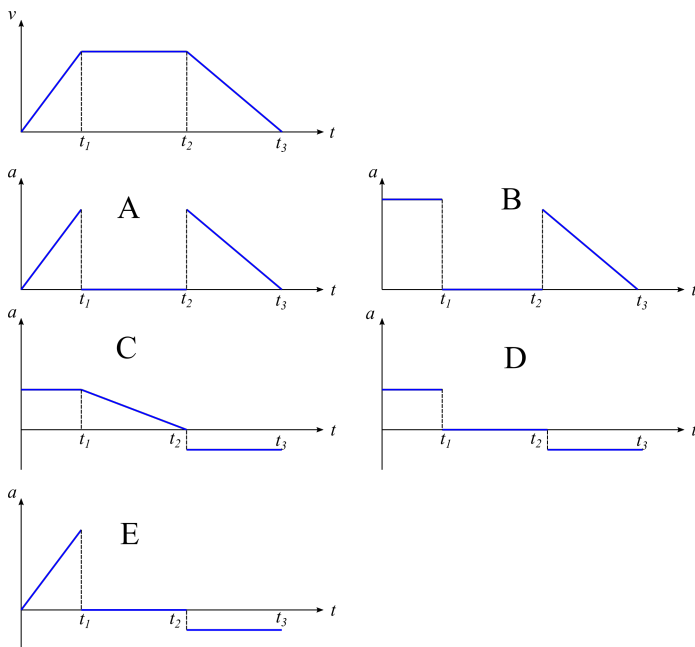
Randomisert oppgave:

Variant	Tallverdi
$h = 1,0 \text{ m}$	$t = 0,45 \text{ s}$
$h = 1,5 \text{ m}$	$t = 0,55 \text{ s}$
$h = 1,9 \text{ m}$	$t = 0,62 \text{ s}$

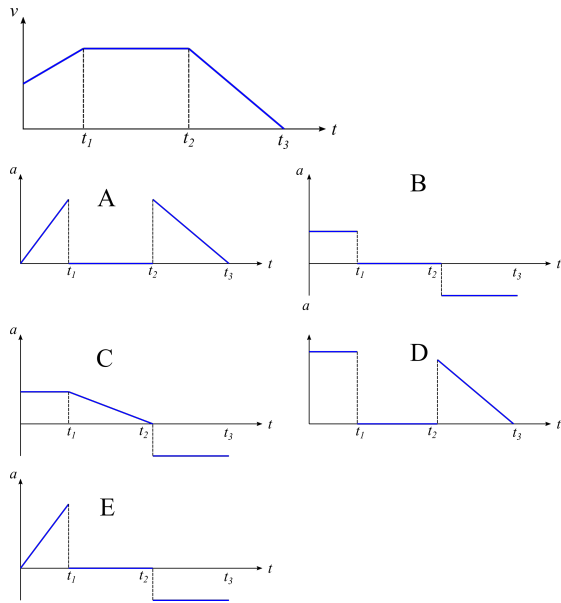
Oppgave 9

Ettersom $a = dv/dt$, vil akselerasjonsgrafene vise verdien av den deriverte (stigningstallet) til fartsgrafene. Dette er en randomisert oppgave:

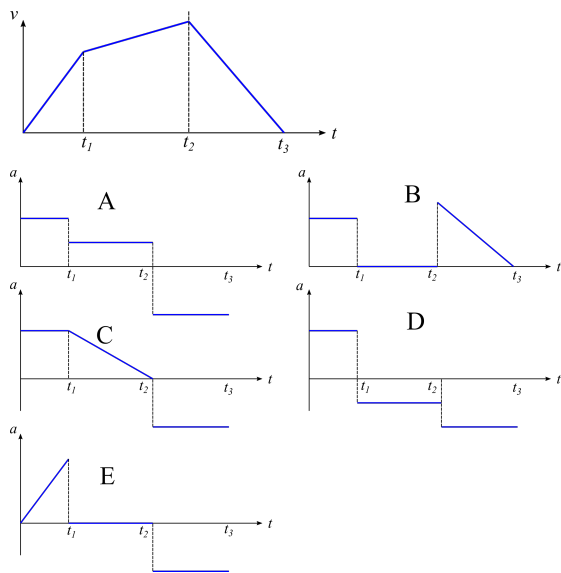
Variant 1



Riktig alternativ: D (jevnt økende fart - konstant fart - jevnt avtakende fart).

Variant 2

Riktig alternativ: B (jevnt økende fart - konstant fart - jevnt avtakende fart).

Variant 3

Riktig alternativ: A (jevnt økende fart - jevnt økende fart - jevnt avtakende fart).

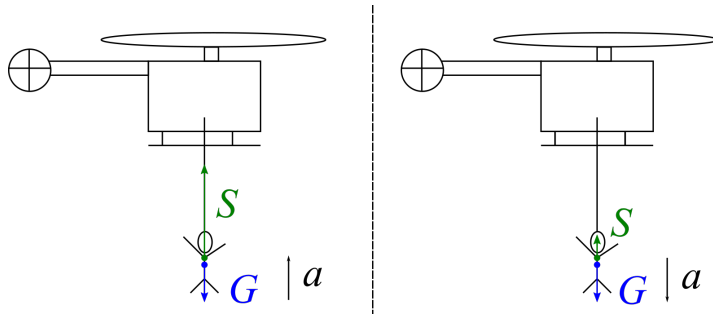
Oppgave 10

Ut i fra uavhengighetsprinsippet, dvs. at bevegelsene i horisontal- og vertikalretningen skjer uavhengig av hverandre, vil de to kulene bruke like lang tid på å falle samme vertikale strekning.

Riktig svar: **Kulene vil treffe underlaget samtidig.**

Oppgave 11

Figuren under viser kreftene som virker på personen (tyngden G og draget S fra kabelen) i to situasjoner: personen akselereres oppover (venstre) og nedover (høyre).



a) Newtons 2. lov på personen ved akselerasjon oppover (som settes som positiv retning):

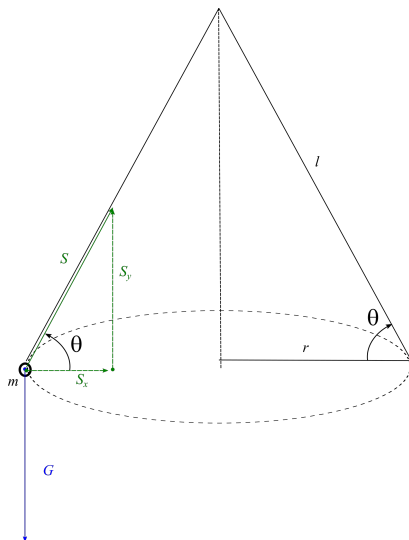
$$\begin{aligned}\sum F &= ma \\ S - mg &= ma \\ S &= m(a + g) \\ &= 60 \text{ kg} (5,0 \text{ m/s}^2 + 9,81 \text{ m/s}^2) \\ &= \underline{\underline{8,9 \cdot 10^2 \text{ N}}}\end{aligned}$$

b) Newtons 2. lov på personen ved akselerasjon nedover (setter positiv retning nedover):

$$\begin{aligned}\sum F &= ma \\ mg - S &= ma \\ S &= m(g - a) \\ &= 60 \text{ kg} (9,81 \text{ m/s}^2 - 5,0 \text{ m/s}^2) \\ &= \underline{\underline{2,9 \cdot 10^2 \text{ N}}}\end{aligned}$$

Oppgave 12

a) Figuren under viser kreftene som virker på steinen når den svinges rundt i en horisontal sirkel i en snor med lengde l som danner en vinkel θ med horisontalplanet:



Ettersom steinen ikke beveger seg i y -retningen, er

$$S_y = mg,$$

Newtons 2. lov for sirkelbevegelsen gir:

$$\begin{aligned} \sum F_x &= ma_x \\ S_x &= m \cdot \frac{v^2}{r} \end{aligned} \quad (\text{Formel for sentripetalaks.})$$

Fra trigonometri er dessuten

$$S_y = S_x \tan \theta = mg \tan \theta \Rightarrow S_x = \frac{mg}{\tan \theta},$$

slik at

$$\begin{aligned} \frac{mg}{\tan \theta} &= m \cdot \frac{v^2}{r} \\ v &= \sqrt{\frac{gr}{\tan \theta}} \end{aligned}$$

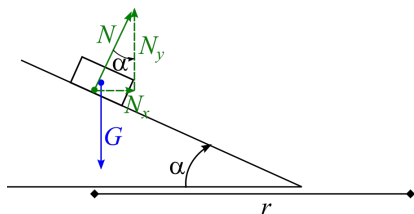
Fra figuren er radiusen r i sirkelen gitt ved

$$r = l \cos \theta,$$

som gir

$$\begin{aligned} v &= \sqrt{\frac{gr}{\tan \theta}} \\ &= \sqrt{\frac{gl \cos \theta}{\tan \theta}} \\ &= \sqrt{\frac{9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 1,3 \text{ m} \cdot \cos 30^\circ}{\tan 30^\circ}} \\ &= 4,37 \text{ m/s} \\ &\approx \underline{\underline{4,4 \text{ m/s}}} \end{aligned}$$

b) Figuren viser kreftene som virker på bilen: normalkraften N og tyngden G (det er ingen friksjon):



Newtons 1. lov i y -retningen gir

$$N_y = mg$$

Det er x -komponenten av normalkrafta som har retning inn mot sentrum av sirkelen, og som gir bilen en sentripetalakselerasjon:

$$N_x = \frac{mv^2}{r}$$

Videre er

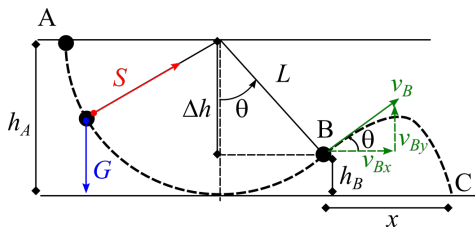
$$N_x = N_y \tan \alpha = mg \tan \alpha,$$

slik at

$$mg \tan \alpha = m \frac{v^2}{r} \Rightarrow v = \underline{\underline{\sqrt{gr \tan \alpha}}}$$

Oppgave 13

a) Figuren under viser bevegelsen til legemet fra snora slippes i A til snora ryker i punkt B.



Ettersom snordraget S hele tiden står vinkelrett på farten til legemet, gjør ikke S noe arbeid - dvs. kun tyngden virker, og mekanisk energi er bevart. Det gir følgende energiregnskap fra A til B når kula slippes fra ro i A, og nullnivå for potensiell energi velges på bakkenivå (punkt C):

$$\begin{aligned} mgh_A &= \frac{1}{2}mv_B^2 + mgh_B \\ gh_A &= \frac{1}{2}v_B^2 + gh_B \\ v_B &= \sqrt{2g(h_A - h_B)} \end{aligned}$$

Ut i fra figuren er høydeforskjellen mellom A og B lik

$$\begin{aligned} \Delta h &= h_A - h_B \\ &= \underline{L \cos \theta} \end{aligned}$$

Det gir at

$$\begin{aligned} v_B &= \sqrt{2g\Delta h} \\ &= \sqrt{2gL \cos \theta} \\ &= \sqrt{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 3,5 \text{ m} \cdot \cos 50^\circ} \\ &= 6,63 \text{ m/s} \\ &\approx \underline{\underline{6,6 \text{ m/s}}} \end{aligned}$$

b) Skal finne den horisontale avstanden mellom B og C, dvs. lengden x på figuren. Etter at snora er røket, vil legemet følge en vanlig kasteparabel, der bevegelseslikningene for horisontal- og vertikalretningen er gitt ved (pos. retning hhv. mot høyre og oppover)

$$x = v_{0x}t, \quad y = v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2,$$

der startfartskomponentene er

$$v_{0x} = v_{Bx} = v_B \cos \theta, \quad v_{0y} = v_{By} = v_B \sin \theta.$$

Finner falltiden t (etttersom pos. retning er oppover, er $y = -1,3 \text{ m}$ i punkt C):

$$\begin{aligned} y &= v_B \sin \theta t - \frac{1}{2}gt^2 \\ -1,3 &= 6,63 \sin 50^\circ - \frac{1}{2} \cdot 9,81 \cdot t^2 \end{aligned} \quad (\text{Setter inn tall uten enheter})$$

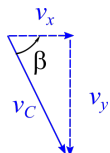
Får at

$$t = 1,25 \text{ s},$$

som gir at

$$\begin{aligned} x &= v_B \cos \theta \cdot t \\ &= 6,63 \text{ m/s} \cdot \cos 50^\circ \cdot 1,25 \text{ s} \\ &= 5,33 \text{ m} \\ &\approx \underline{\underline{5,3 \text{ m}}} \end{aligned}$$

c) Vi kan bestemme komponentene til fartsvektoren $\vec{v}_C = [v_x, v_y]$ i punkt C ut fra bevegelseslikningene for farten. x -komponenten til farten er konstant (lik verdien i B), mens farten i y -retning er gitt fra likninga med konstant akselerasjon. Fartsvektoren ved nedslaget er illustrert på figuren under:



$$v_x = v_{Bx} = v_B \cos \theta, \quad v_y = v_{By} - gt = v_B \sin \theta - gt$$

Verdien til farten er gitt ved

$$\begin{aligned} v_C &= \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \\ &= \sqrt{(v_B \cos \theta)^2 + (v_B \sin \theta - gt)^2} \\ &= \sqrt{(6,63 \text{ m/s} \cos 50^\circ)^2 + (6,63 \text{ m/s} \sin 50^\circ - 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 1,25 \text{ s})^2} \\ &= 8,35 \text{ m/s} \\ &\approx \underline{\underline{8,4 \text{ m/s}}} \end{aligned}$$

Vinkelen β mellom fartsvektoren og horisontalretningen:

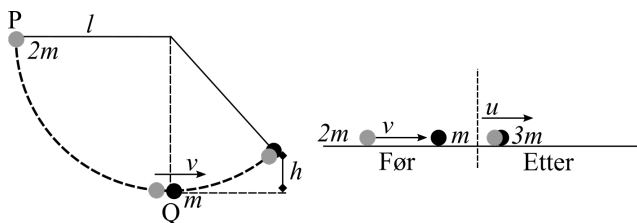
$$\begin{aligned} \tan \beta &= \left| \frac{v_y}{v_x} \right| \\ &= \left| \frac{6,63 \text{ m/s} \sin 50^\circ - 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 1,25 \text{ s}}{6,63 \text{ m/s} \cos 50^\circ} \right| \\ &= 1,69 \end{aligned}$$

$$\beta = \tan^{-1} 1,69 = 59,4^\circ$$

$$\beta \approx \underline{\underline{59^\circ}}$$

Oppgave 14

Kule P har masse $2m$ og slippes fra horisontal stilling til den treffer kule Q med masse m . De støter sammen i et fullstendig uelastisk støt og blir hengende sammen som et felleslegeme med masse $3m$ etter støtet. De når en maksimal høyde h over kollisjonspunktet som skal bestemmes. Situasjonen er illustrert på figuren under:



Kule P sin mekaniske energi er konstant i løpet av halvsirkelen før den treffer Q med (den horisontale) farten v :

$$2mgl = \frac{1}{2} \cdot 2mv^2 \Rightarrow v = \sqrt{2gl}$$

Bevaring av bevegelsesmengde i støtøyeblikket:

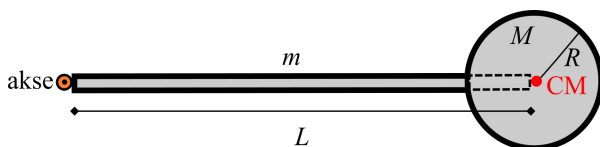
$$\begin{aligned} \sum_{\text{før}} p &= \sum_{\text{etter}} p \\ 2m \cdot v + 0 &= 3m \cdot u \\ u &= \frac{2}{3}v \end{aligned}$$

Mekanisk energi for felleslegemet er igjen bevart idet det svinger opp til en maksimal høyde h (velger nullnivå for pot. energi i kollisjonspunktet):

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \cdot 3m \cdot u^2 &= 3m \cdot gh \\ h &= \frac{1}{2} \frac{u^2}{g} \\ &= \frac{1}{2g} \cdot \left(\frac{2}{3}v\right)^2 \\ &= \frac{1}{2g} \cdot \frac{4}{9} \cdot v^2 \\ &= \frac{1}{2g} \cdot \frac{4}{9} \cdot 2gl \\ &= \frac{4}{9}l \end{aligned}$$

Oppgave 15

Figuren under viser et stivt legeme bestående av en stiv stang med lengde L og masse m , og en kule med masse M og radius R med sentrum i den ene enden av stanga. Vi skal bestemme treghetsmomentet om en akse gjennom den andre enden av stanga, slik figuren under viser:



Det totale treghetsmomentet til stanga er

$$I = I_{\text{stang}} + I_{\text{kule}},$$

der $I_{\text{stang}} = \frac{1}{3}mL^2$ og I_{kule} finnes fra Steiners sats:

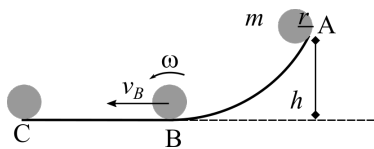
$$\begin{aligned} I_{\text{kule}} &= I_{CM} + ML^2 \\ &= \frac{2}{5}MR^2 + ML^2 \end{aligned}$$

Vi får

$$\begin{aligned} I &= I_{\text{stang}} + I_{\text{kule}} \\ &= \frac{1}{3}mL^2 + \frac{2}{5}MR^2 + ML^2 \\ &= \frac{1}{3} \cdot 2,30 \text{ kg} \cdot (0,800 \text{ m})^2 + \frac{2}{5} \cdot 1,5 \text{ kg} \cdot (0,100 \text{ m})^2 + 1,5 \text{ kg} \cdot (0,800 \text{ m})^2 \\ &= 1,457 \text{ kgm}^2 \\ &\approx \underline{\underline{1,46 \text{ kgm}^2}} \end{aligned}$$

Oppgave 16

a) Figuren under viser kula som ruller uten å bli fra A til B og videre langs et horisontalt underlag til C:



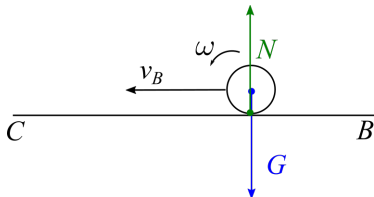
Ettersom kula ruller uten å gli fra A til B, er mekanisk energi bevart, og vi har rullebetingelsen $v = \omega r$. Med nullnivå i punkt B blir energiregnskapet (potensiell energi går over til kinetisk energi i form av translasjon og rotasjon):

$$\begin{aligned}
 mgh &= \frac{1}{2}mv_B^2 + \frac{1}{2}I\omega^2 \\
 mgh &= \frac{1}{2}mv_B^2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{5}mr^2 \cdot \left(\frac{v_B}{r}\right)^2 \\
 gh &= \frac{1}{2}v_B^2 + \frac{1}{5}v_B^2 \\
 \frac{7}{10}v_B^2 &= gh \\
 v_B &= \sqrt{\frac{10}{7}gh} \\
 &= \sqrt{\frac{10}{7} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 2,5 \text{ m}} \\
 &= 5,92 \text{ m/s} \\
 &\approx \underline{\underline{5,9 \text{ m/s}}}
 \end{aligned}$$

b) Kulas vinkelhastighet i punkt B er ut fra rullebetingelsen gitt ved

$$\begin{aligned}
 \omega &= \frac{v_B}{r} \\
 &= \frac{5,92 \text{ m/s}}{0,20 \text{ m}} \\
 &= 29,6 \text{ rad/s} \\
 &\approx \underline{\underline{30 \text{ rad/s}}}
 \end{aligned}$$

c) Figuren under viser kreftene som virker på kula når den ruller på det horisontale, friksjonsfrie underlaget fra B til C:



De to kreftene som virker, tyngden G og normalkrafta N , har begge angrepslinjer gjennom kulas sentrum, og gir derfor null dreiemoment om massesenteret. Ved Newtons 2. lov for rotasjon, $\sum \tau = I\alpha = 0$, vil altså vinkelakselerasjonen $\alpha = 0$ og kula ruller med konstant vinkelfart.

d) Ettersom kula ruller med konstant vinkelfart (og fart v_B) på det horisontale underlaget mellom B og C,

har vi følgende sammenheng mellom rotert vinkel θ og vinkelfarten:

$$\begin{aligned}\theta &= \omega t \\ &= \omega \cdot \frac{s}{v_B} && \text{(Ved konstant fart er } t = s/v_B\text{)} \\ &= 29,6 \text{ rad/s} \cdot \frac{2,52 \text{ m}}{5,92 \text{ m/s}} \\ &= \underline{12,6 \text{ rad}}\end{aligned}$$

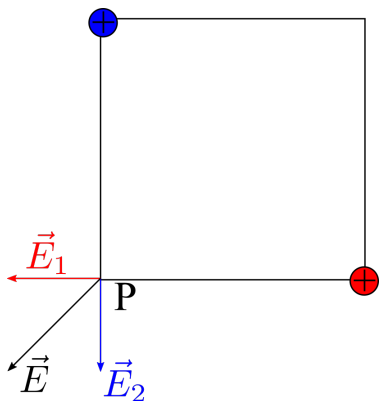
Ettersom én hel omdreining tilsvarer en rotert vinkel lik 2π rad, blir antall hele omdreininger fra B til C da lik

$$\frac{12,6 \text{ rad}}{2\pi \text{ rad}} = \underline{\underline{2,0}}$$

Elektromagnetisme

Oppgave 17

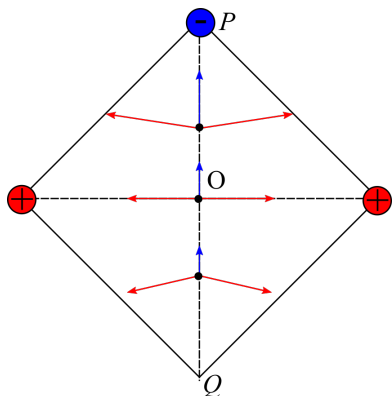
a) Figuren under viser feltbidragene fra de to positive ladningene i de to hjørnene i kvadratet:



Det totale elektriske feltet $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$ i punkt P har da retning som antydnet på figuren.

Riktig alternativ: Feltet i P har retning nedover mot venstre.

b) Figuren under viser feltbidragene fra de to positive ladningene (røde piler) og den ene negative (blå pil) i tre ulike punkter langs linja mellom P og Q: sentrum O, samt to punkter hhv. over og under O.



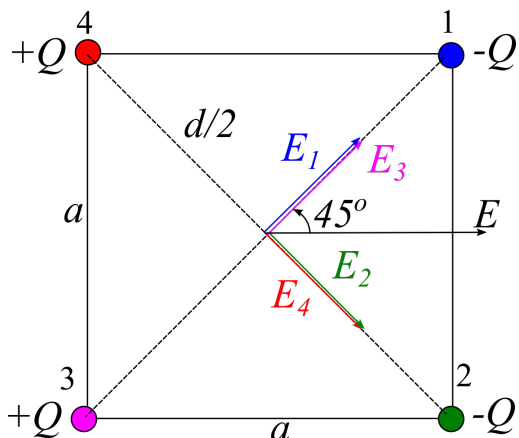
x -komponentene av bidragene fra de to positive ladningene vil alltid oppheve hverandre, mens y -komponentene adderes. Som figuren viser, er det i et punkt mellom P og Q der det totale feltet blir 0: her finnes et punkt der summen av y -komponentene fra de positive ladningene (retning nedover) er like stor som bidraget fra den negative ladningen (retning oppover).

Alternativt resonnement: Pga. symmetri vil totalt felt langs linja PQ hele tiden har retning oppover eller nedover. I sentrum O har det totale feltet retning **oppover**. I Q er feltbidraget fra de to positive ladningene større enn fra den negative ladningen i P (p.g.a. kortere avstand), slik at totalt felt har retning **nedover**. Da må det finnes et punkt mellom O og Q der feltet er null.

Riktig alternativ: Det elektriske feltet er null i et punkt på linjen mellom O og Q.

Oppgave 18

a) Bidragene til det elektriske feltet i sentrum av kvadratet fra de ulike ladningene er inntegnet på figuren under:



Som figuren viser, vil alle y -komponenten oppheve hverandre, mens x -komponentene går alle mot høyre og skal adderes. Det totale feltet i sentrum får derfor absoluttverdi (feltbidraget fra én partikkel er gitt fra Coulombs lov):

$$\begin{aligned}
 E &= 4E_1 \cos 45^\circ \\
 &= 4 \cdot \frac{kQ}{\left(\frac{d}{2}\right)^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \\
 &= 2\sqrt{2} \cdot \frac{kQ}{\frac{1}{2}a^2} && \text{(Pytagoras: } d^2 = 2a^2 \Rightarrow \frac{d}{2} = a\frac{\sqrt{2}}{2}\text{)} \\
 &= \underline{\underline{4\sqrt{2}\frac{kQ}{a^2}}}
 \end{aligned}$$

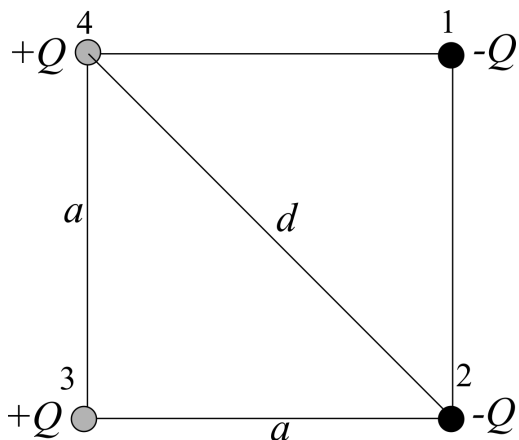
b) Det elektriske potensialet i sentrum er summen av bidragene fra hver ladning. Ettersom det er to positive og to negative ladninger i lik avstand fra sentrum, blir det totale potensialet i sentrum lik 0:

$$V = \underline{\underline{0}}$$

c) Den potensielle energien til ladningskonfigurasjonen er

$$U = \sum_{i < j} \frac{kQ_i Q_j}{r_{ij}},$$

der ladningene er nummererte på figuren under.



Ladningene vekselvirker parvis, og vi passer på å ta med hvert bidrag kun én gang (like ladninger gir positivt bidrag; ulike gir negativt):

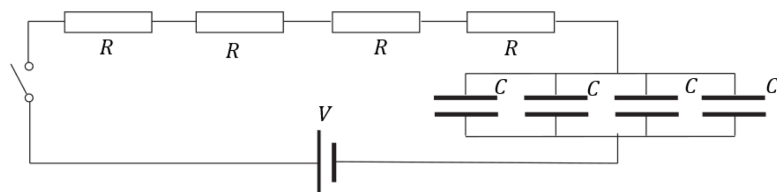
$$\begin{aligned}
 U &= k \underbrace{\frac{Q(-Q)}{a} + k \frac{(-Q)^2}{a} + \frac{kQ(-Q)}{d}}_{\text{vekselvirkning med ladning 1}} + \underbrace{k \frac{Q(-Q)}{a} + k \frac{Q(-Q)}{d}}_{\text{vekselvirkning med ladning 2}} + \underbrace{k \frac{Q^2}{a}}_{\text{ladning 3+4}} \\
 &= -2k \frac{Q^2}{d} \\
 &= -2k \frac{Q^2}{a\sqrt{2}} \\
 &= \underline{\underline{-\frac{2}{\sqrt{2}}k \frac{Q^2}{a}}}
 \end{aligned}$$

Oppgave 19

Tidskonstanten for en krets med total resistans R_{tot} og kapasitans C_{tot} er gitt ved

$$\tau = R_{tot}C_{tot}.$$

Gitt kretsen under:



Her er 4 seriekoblede, identiske motstander med resistans R , slik at $R_{tot} = 4R$. De 4 identiske parallellkoblede kondensatorene med kapasitans C har $C_{tot} = 4C$, slik at

$$\begin{aligned}
 \tau &= 4R \cdot 4C \\
 &= \underline{\underline{16RC}}
 \end{aligned}$$

Oppgave 20

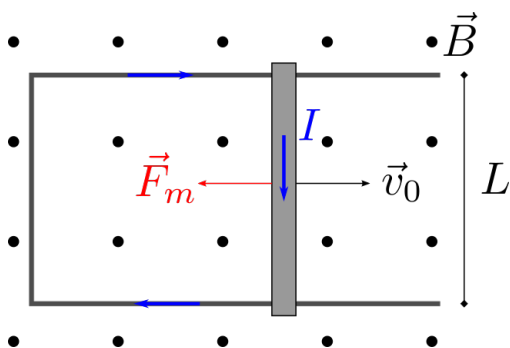
a) Indusert ems når stanga med lengde L beveger seg med farten v_0 normalt på et magnetfeltet B er

$$\varepsilon = v_0BL,$$

slik at strømmen i kretsen blir

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{\varepsilon}{R} \\
 &= \frac{v_0BL}{R} \\
 &= \frac{1,2 \text{ m/s} \cdot 0,35 \text{ T} \cdot 0,40 \text{ m}}{0,20 \Omega} \\
 &= \underline{\underline{0,84 \text{ A}}}
 \end{aligned}$$

Ettersom arealet av sløyfa **øker** etterhvert som stanga glir mot høyre, og dermed fluksen, tilsier Lenz' regel at den induserte strømmen forsøker å svekke det ytre magnetfeltet. Se figuren under.



Strømretningen blir derfor **med klokka**.

b) Magnetkrafta på stanga er gitt ved

$$\vec{F}_m = I\vec{L} \times \vec{B},$$

med absoluttverdi

$$\begin{aligned} F_m &= ILB \\ &= 0,84 \text{ A} \cdot 0,40 \text{ m} \cdot 0,35 \text{ T} \\ &= 0,118 \text{ N} \\ &\approx \underline{\underline{0,12 \text{ N}}} \end{aligned}$$

Med strømretningen bestemt i a) og retningen for det ytre magnetfeltet, gir høyrehåndsregelen at magnetkrafta på stanga retning mot **venstre**.

c) Når det ikke er friksjon, er magnetkrafta den eneste krafta som virker på stanga. Newtons 2. lov gir derfor (med positiv retning mot høyre):

$$\begin{aligned} \sum F &= ma \\ -ILB &= m \frac{dv}{dt}. \end{aligned}$$

Den induserte strømmen I avhenger av farten v til stanga, jf. oppgave a):

$$I = \frac{vBL}{R},$$

slik at vi får følgende differensiallikning for stangas fart som funksjon av tid:

$$\begin{aligned} -\frac{vBL}{R} \cdot LB &= m \frac{dv}{dt} \\ m \frac{dv}{dt} &= -\frac{B^2 L^2}{R} \cdot v. \end{aligned}$$

d) Gitt løsningen av differensiallikninga

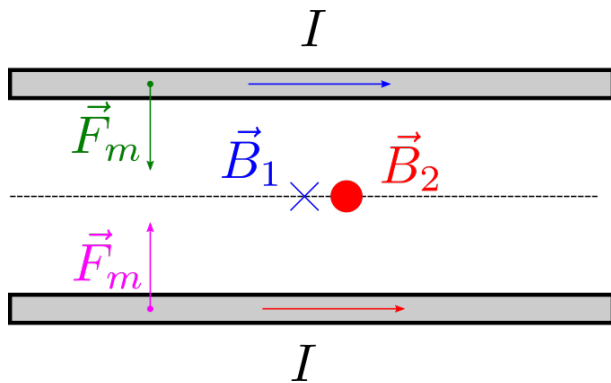
$$v(t) = 1,2 \text{ m/s} \cdot e^{-0,98 \text{ s}^{-1} t},$$

er tilbakelagt strekning s fra $t = 0$ der stanga hadde fart v_0 til stanga stopper helt, gitt ved

$$\begin{aligned}
 s &= \int_0^{\infty} v(t) dt \\
 &= \int_0^{\infty} 1,2 \text{ m/s} \cdot e^{-0,98 \text{ s}^{-1} t} dt \\
 &= 1,2 \text{ m/s} \left[\frac{1}{-0,98 \text{ s}^{-1}} e^{-0,98 \text{ s}^{-1} t} \right]_0^{\infty} \\
 &= -\frac{1,2}{0,98} \text{ m} (0 - e^0) \\
 &= 1,22 \text{ m} \\
 &\approx \underline{\underline{1,2 \text{ m}}}
 \end{aligned}$$

Oppgave 21

Magnetfeltet fra en lang, rett leder er konsentriske sirkler med retning gitt ved høyrehåndsregelen. Figuren under viser magnetfeltbidragene fra de to lederne i området midt mellom lederne, samt magnetkraften på hver leder på grunn av magnetfeltet fra den andre:



Feltbidragene har altså motsatt retning og er like store, dvs. magnetfeltet mellom lederne er null. Magnetkreftene gjør at lederne tiltrekker hverandre.

Riktig alternativ: Magnetfeltet fra lederne vil være null midt mellom lederne, og lederne vil tiltrekke hverandre.

Oppgave 22

Magnetfeltet i avstand R fra en lang, rett leder som fører strømmen I har verdien

$$\begin{aligned}
 B &= \frac{\mu_0 I}{2\pi R} \\
 &= \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Tm/A} \cdot 0,050 \text{ A}}{2\pi \cdot 0,050 \text{ m}} \\
 &= \underline{\underline{2,0 \cdot 10^{-7} \text{ T}}}
 \end{aligned}$$