**Universitetet i Oslo**

***Norsk Fysikklærerforening***

# *Fysikk-OL – Norsk finale 2008*

### *3. uttakingsrunde*

***Fredag 4. april kl 09.00 til 11.00***
***Hjelpemidler: Tabell/formelsamling, lommeregner og utdelt formelark***

*Oppgavesettet består av 6 oppgaver på 2 sider*
*Lykke til!*

**Oppgave 1** *(2 poeng)*
Et kar er halvfullt med vann som har tettheten 1,0 kg/dm$^3$. En kule flyter på vannet med 70% av kulas volum under vannflata.

a) Hva er kulas tetthet?

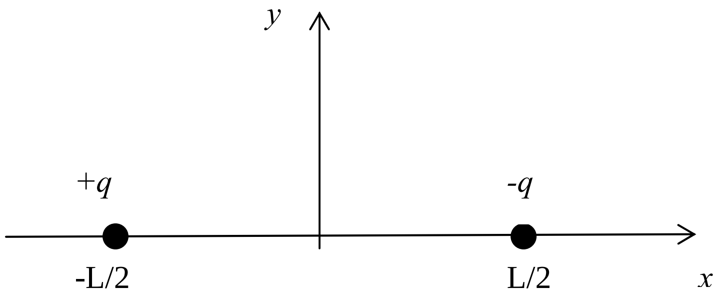
Vi fyller så på karet en væske med tettheten 0,5 kg/m$^3$ som ikke blander seg med vannet.

b) Hvor stor andel av kulas volum er nå under vannflaten (skillet mellom vannet og væsken)?

**Oppgave 2** *(4 poeng)*
I et skrått kast danner startfarten vinkelen $\theta$ med horisontalplanet. Avstanden i rett linje fra startpunktet til et punkt i banen kaller vi $r$. Hvis vinkelen $\theta$ er større enn en bestemt vinkel $\theta_0$ vil $r$ i løpet av kastet først øke, så avta og så øke igjen.
Finn $\theta_0$.

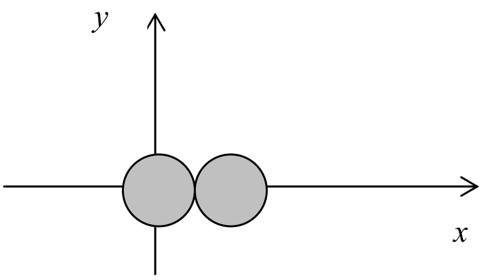
**Oppgave 3** *(2 poeng)*
2,0 mol av en idealgass ekspanderer adiabatisk. Temperaturen synker fra 75 $^{o}$C til 20 $^{o}$C. Skisser et $pV$-diagram for denne prosessen, og bestem endringen i indre energi. (Du kan få bruk for at $C_V$ = 12,47 J/mol·K).
Hvis denne prosessen er reversibel, hva blir da endringen i entropi?

**Oppgave 4** *(4 poeng)*
To partikler med ubetydelig masse og med ladning henholdsvis $+q$ og $-q$ blir holdt i ro i et homogent magnetisk felt. Se figur. Magnetfeltet står normalt på og er rettet inn i $xy$-planet



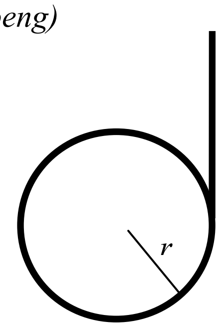

Partiklene blir sluppet samtidig. De kolliderer ikke. Finn et uttrykk for farten til partikkelen med ladning $+q$ som funksjon av $x$. (Hint: Det kan være lurt å gjøre energibetraktninger)

**Oppgave 5** *(3 poeng)*




Figuren viser to kuler som hver har en ladning på $Q$ jevnt fordelt over hele volumet. Begge kulene har radien $R$. Den ene kulen har sentrum i origo og den andre i $x = 2R$.
Finn det elektriske feltet i punktet $x = R/2$ og i punktet $x = R$ på $x$-aksen.

**Oppgave 6** *(3 poeng)*




En enkel jo-jo kan betraktes som en homogen sylinder med massen $m$ og radien $r$, der en masseløs snor er festet til sylinderen og viklet opp på den. Jo-jo'en slippes og beveger seg nedover mens snoren rulles ut.

Finn snordraget $S$ og den lineære akselerasjonen $a$ til jo-jo'ens massesenter. Tyngdens akselerasjon er $g$.

# *Fysikk-OL – Norsk finale 2008*

## Løsning

**Oppgave 1** *(2 poeng)*

a) Kulas tetthet finner vi av $\rho_k Vg = 0{,}7 \cdot V\rho_v g$ som gir $\rho_k = 0{,}7\,\mathrm{kg/dm^3}$

b) Vi kaller andelen av kulas volum som er under vannflaten for *x*. Da får vi:
$\rho_k Vg = xV\rho_v + (1-x)V\rho_{væske}$
Det gir $x = 0{,}4$

**Oppgave 2** *(4 poeng)*

Vi starter med bevegelsen i *x*- og *y*-retning:

$$x = v \cdot \cos\theta \cdot \mathrm{t}$$
$$y = v \cdot \sin\theta \cdot t - \tfrac{1}{2} gt^2$$

Dessuten er $r^2 = x^2 + y^2$

Setter inn for *x* og *y* og forenkler litt:

$$r^2 = v^2 t^2 - vg\sin\theta \cdot t^3 + \tfrac{1}{4} g^2 t^4$$

Så deriverer vi:

$$\frac{d(r^2)}{dt} = 2v^2 t - 3vg\sin\theta \cdot t^2 + g^2 t^3$$

Den deriverte er null når

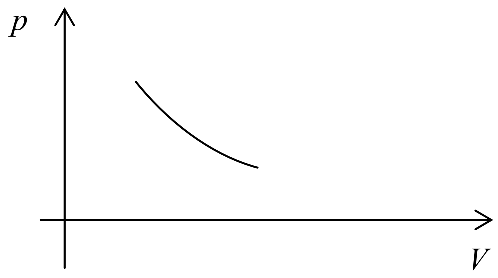
$$t = \frac{3vg\sin\theta \pm \sqrt{(3vg\sin\theta)^2 - 4g^2 2v^2}}{2g^2}$$

$\theta_0$ finner vi som grensetilfellet der vi får én løsning for *t*.
Altså:

$(3vg\sin\theta_0)^2 - 4g^2 2v^2 = 0$ som gir:

$\sin\theta_0 = \sqrt{\frac{8}{9}}$ og $\underline{\theta_0 = 70{,}5^\circ}$

**Oppgave 3** *(2 poeng)*




For en adiabatisk ekspansjon er $Q$ = 0 J.
Dermed blir:

$$\Delta U = -W = -nC_V \Delta T = -1{,}4\,\mathrm{kJ}$$

For en reversibel adiabatisk prosess er $Q$ = 0 J og dermed er $\Delta S = 0\,\mathrm{J/K}$

**Oppgave 4** *(4 poeng)*

Den magnetiske kraften står hele tiden normalt på farten og gjør dermed ikke arbeid. Det er altså bare den elektriske kraften som gjør arbeid. Avstanden mellom partiklene er $2x$. Da får vi at endring av kinetisk energi er lik arbeidet samtlige krefter gjør.

$$\Delta E_k = \tfrac{1}{2}mv^2 = \int_{-L/2}^{-x} F \cdot dx = \int_{-L/2}^{-x} \frac{kq^2}{4x^2}dx = \frac{kq^2}{2}\left(\frac{1}{x} - \frac{2}{L}\right)$$

Farten blir: $v = \sqrt{\dfrac{kq^2}{2m}\left(\dfrac{1}{x} - \dfrac{2}{L}\right)}$

**Oppgave 5** *(3 poeng)*

For $x = R/2$ får vi av Gauss lov:

$$E_1 \cdot 4\pi\left(\frac{R}{2}\right)^2 = \frac{Q\left(\frac{R}{2}\right)^3}{\varepsilon_0 R^3} \quad \text{og} \quad E_2 \cdot 4\pi\left(\frac{3R}{2}\right)^2 = \frac{Q}{\varepsilon_0}$$

Da blir $E = \dfrac{Q}{8\pi\varepsilon_0 R^2} - \dfrac{Q}{9\pi\varepsilon_0 R^2} = \dfrac{Q}{72\pi\varepsilon_0 R^2}$

For $x = R$ blir $E = 0$

**Oppgave 6** *(3 poeng)*

Snordraget $S$ er den eneste kraften som gir kraftmoment på jo-jo'en, og kraftmomentet blir:

$$\tau = S \cdot r = I\alpha$$
$$S \cdot r = \frac{1}{2}mr^2\alpha$$
$$S = \frac{1}{2}mr\alpha$$

Newtons 2. lov for bevegelsen til massesenteret:

$$mg - S = ma$$
$$S = mg - ma$$

Setter de to uttrykkene for S lik hverandre, og setter inn sammenhengen mellom lineær akselerasjon og vinkelakselerasjon, $a = \alpha r$.

$$S = \frac{1}{2}mr\alpha = mg - ma$$
$$\frac{1}{2}r\left(\frac{a}{r}\right) = g - a$$
$$a = 2(g - a)$$
$$a = \frac{2g}{3}$$

Setter inn i uttrykket for snordraget:

$$S = mg - ma = mg - \frac{2mg}{3} = \frac{mg}{3}$$