

Institutt for fysikk

## Eksamensoppgave i TFY4104 Fysikk

**Faglig kontakt under eksamen: Jon Andreas Støvneng**

**Tlf.: 45 45 55 33**

**Eksamensdato: 18. desember 2013**

**Eksamenstid (fra-til): 0900-1300**

**Hjelpemiddelkode/Tillatte hjelpemidler: C (Godkjent kalkulator; Rottmann, Matematisk formelsamling)**

**Annen informasjon:** Kun ett av svarene er rett på hver av de 50 oppgavene. Du krysser av for A, B, C eller D i tabellen på side 17. Rett svar gir 2 poeng. Feil svar, flere svar eller ingen svar gir 0 poeng. Husk å skrive på riktig kandidatnummer i boksen over svartabellen på side 17. Det er tilstrekkelig å levere inn det ene arket med utfylt svartabell.

Opgavene er utarbeidet av Jon Andreas Støvneng.

Sensuren er klar senest 18. januar, sannsynligvis lenge før.

**Målform/språk: Bokmål**

**Antall sider med oppgaver: 12 (Side 1 – 12)**

**Antall sider vedlegg (formler etc): 4 (Side 13 – 16)**

**Antall sider med svartabell og julehilsen: 2 (Side 17 – 18)**

**I alt 9 dobbeltsidige ark i tillegg til forsidearket.**

**Kontrollert av:**

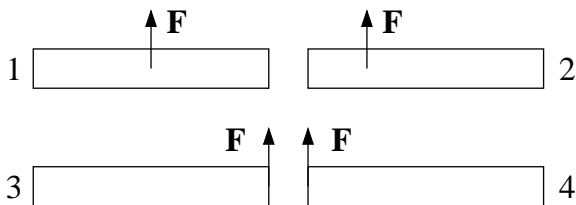
---

Dato

Sign

1) Panama gikk offisielt over fra US gallons til liter den 30. april i år. Bensinprisen var da ca 4 US dollar pr US gallon. Hva tilsvarer dette i kroner pr liter, når 1 krone er ca 0.164 US dollar og 1 liter er ca 0.264 US gallons?

- A) 1.75      B) 3.37      C) 6.44      D) 9.10

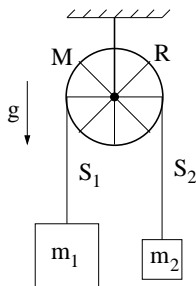


2) Fire like staver utsettes for samme ytre kraft  $F$ , men med ulike angrepspunkt. Ranger akselerasjonene  $a_i$  til massesenteret til stav nr  $i$ .

- A)  $a_1 > a_2 > a_3 = a_4$       B)  $a_1 = a_2 = a_3 = a_4$   
 C)  $a_1 = a_2 > a_3 = a_4$       D)  $a_1 < a_2 < a_3 = a_4$

3) Stavene i oppgave 2 er i ro ved tidspunktet  $t = 0$ . Deretter virker den konstante kraften  $F$  (som vist i figuren) en kort tid  $\Delta t$  (slik at ingen av stavene har rotert så mye som  $90^\circ$  ved  $t = \Delta t$ ). Ranger stavenes totale kinetiske energi  $K_i$  ved  $t = \Delta t$ .

- A)  $K_1 > K_2 > K_3 = K_4$       B)  $K_1 = K_2 = K_3 = K_4$   
 C)  $K_1 = K_2 > K_3 = K_4$       D)  $K_1 < K_2 < K_3 = K_4$



To lodd med masser  $m_1$  og  $m_2 < m_1$  er forbundet med ei tilnærmet masseløs snor som er lagt over et hjul med masse  $M$  og radius  $R$ . Eikene er tilnærmet masseløse, slik at hjulets treghetsmoment om akslingen er  $I_0 = MR^2$ . Hjulet er festet i taket og kan rotere friksjonsfritt om akslingen som går gjennom hjulets massesenter. I oppgave 4 – 6 antar vi at det er tilstrekkelig friksjon mellom snora og hjulet til at snora ikke glir på hjulet. I oppgave 7 antar vi null friksjon mellom snor og hjul. Tyngdens akselerasjon er  $g$ .

4) Hva kan du si om snordragene  $S_1$  og  $S_2$ ?

- A)  $S_1 = S_2$       B)  $S_1 > S_2$       C)  $S_1 < S_2$   
 D) Intet kan sies om  $S_1$  i forhold til  $S_2$  så lenge snora ikke glir på hjulet.

5) Ved å måle loddenes hastighet ( $\pm$ ) $v$  kan du umiddelbart slå fast at hjulet roterer med vinkelhastighet

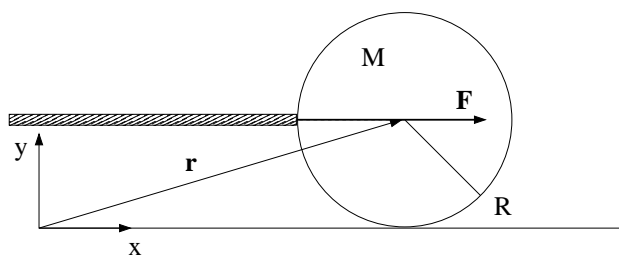
- A)  $v^2/R$       B)  $v/R$       C)  $vR$       D)  $R/v$

6) Hva er nå systemets totale dreieimpuls relativt hjulets massesenter?

- A)  $(M + m_1 + m_2)vR$       B)  $(M + m_1 - m_2)vR$       C)  $(m_1 + m_2)vR$       D)  $\sqrt{M^2 + m_1^2 + m_2^2}vR$

7) Anta nå null friksjon mellom snor og hjul, og la  $\beta < 1$  betegne forholdet mellom de to loddenes masser, dvs  $\beta = m_2/m_1$ . Hva blir da loddenes akselerasjon  $a$ ?

- A)  $a = g$       B)  $a = g(1 + \beta)/(1 - \beta)$       C)  $a = g(1 - \beta)$       D)  $a = g(1 - \beta)/(1 + \beta)$

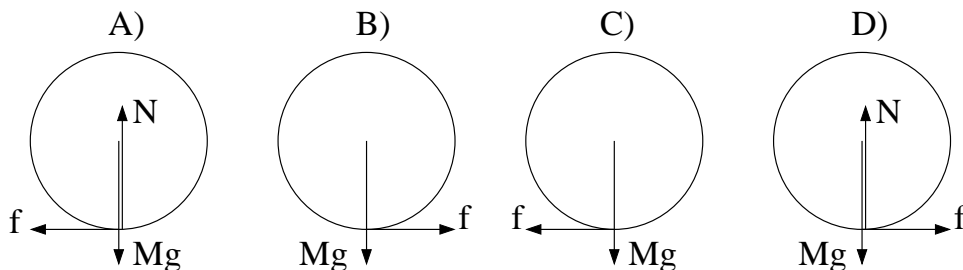


Ei snookerkule med masse  $M$  og radius  $R$  får et kraftig, men kortvarig støt av en horisontal kø (stav). Kulas treghetsmoment relativt en akse gjennom dens massesenter er  $I_0 = 2MR^2/5$ . Vi legger et koordinatsystem  $xyz$  med origo på bordflata og  $xy$ -planet lik vertikalplanet gjennom kulas massesenter. Køen treffer kula (som ligger i ro) i  $xy$ -planet med en kraft  $F$  i  $x$ -retning. Treffpunktet er i samme høyde som massesenteret, se figuren. Støtet er så kraftig og så kortvarig at vi under selve støtet kan neglisjere innvirkningen av friksjonskraften  $f$  fra snookerbordet. Etter støtet, derimot, kan  $f$  generelt ikke neglisjeres. (Men vi ser bort fra luftmotstand.) Oppgavene 8 – 10 er knyttet til denne figuren.

8) Anta at kula har masse 167 gram, og at det virker en konstant kraft på 500 N i støtet, som varer i 1 millisekund. Hva blir da kulas hastighet umiddelbart etter at støtet er fullført?

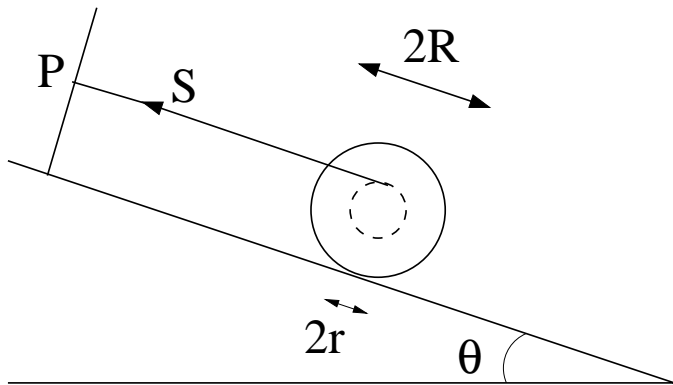
- A) 0.15 m/s      B) 0.4 m/s      C) 1.0 m/s      D) 3.0 m/s

9) Hvilken figur viser kreftene på kula like etter at støtet er fullført?



10) Etter at støtet er fullført, er kulas dreieimpuls relativt origo,  $L = MRV + I_0\omega$ , bevart. Her er  $V$  og  $\omega$  hhv kulas hastighet og vinkelhastighet. Like etter støtet glir kula med hastighet  $V_0$ , uten å rotere. Hva er kulas hastighet når ren rulling er oppnådd?

- A)  $3V_0/5$       B)  $2V_0/5$       C)  $2V_0/7$       D)  $5V_0/7$



Ei snelle, dvs to skiver med radius  $R$  forbundet med en aksling med radius  $r < R$ , ligger på et skråplan med helningsvinkel  $\theta$ . Ei snor er viklet om akslingen, og strukket parallellt med skråplanet til et festepunkt  $P$  som vist i figuren. Snellas treghetsmoment om akslingen er  $I_0$ , massen er  $M$ , statisk friksjonskoeffisient mot skråplanet er  $\mu_s$ , og kinetisk friksjonskoeffisient er  $\mu_k$ , der  $\mu_k < \mu_s$ . Oppgavene 11 – 13 er knyttet til denne figuren.

11) Med snella liggende i ro på skråplanet, hvilke tre ligninger fastlegger snordraget  $S$ , og friksjonskraften  $f$  og normalkraften  $N$  fra skråplanet på snella?

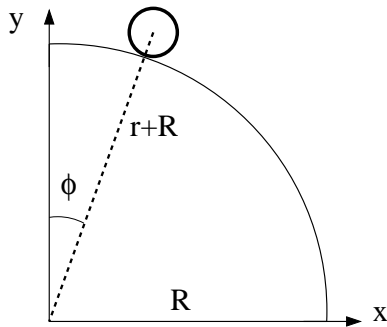
- A)  $\sin \theta = N/Mg$ ,  $\sin \theta = (f + S)/Mg$ ,  $r/R = S/f$   
 B)  $\cos \theta = N/Mg$ ,  $\sin \theta = (f + S)/Mg$ ,  $r/R = f/S$   
 C)  $\cos \theta = N/Mg$ ,  $\cos \theta = (f + S)/Mg$ ,  $r/R = S/f$   
 D)  $\sin \theta = N/Mg$ ,  $\cos \theta = (f + S)/Mg$ ,  $r/R = f/S$

12) Hvilken fjerde ligning bidrar til å fastlegge  $\theta_0$ , dvs den maksimale skråplanvinkelen før snella begynner å slure nedover skråplanet?

- A)  $\sin \theta_0 = N/\mu_s Mg$   
 B)  $\cos \theta_0 = N/\mu_s Mg$   
 C)  $\sin \theta_0 = f/\mu_s Mg$   
 D)  $\cos \theta_0 = f/\mu_s Mg$

13) Hvis  $\theta > \theta_0$ , vil snella slure nedover skråplanet. Hva blir sammenhengen mellom snellas lineære akselerasjon  $a$  og snellas vinkelakselerasjon  $\alpha$ ?

- A)  $a = \alpha r$       B)  $a = \alpha/r$       C)  $a = \alpha R$       D)  $a = \alpha/R$



$i$	$t_i$ (ms)	$x_i$ (mm)	$y_i$ (mm)
1	0	130	792
2	33	140	791
3	67	151	789
4	100	163	786
5	133	176	783
6	167	190	780
7	200	206	776
8	233	222	771
9	267	241	766
10	300	261	759

Tabellen viser posisjon  $(x, y)$ , målt i enheten millimeter (mm), og tid  $t$ , målt i enheten millisekunder (ms), for massesenteret til en hul messingsylinder (dvs et "sylinderskall") som ruller på utsiden av en kvartsrinkel med radius  $R$ . Sylinderen har indre radius 17 mm og ytre radius  $r = 19$  mm, samt masse  $m$ . Oppgavene 14 – 19 er knyttet til denne figuren og tabellen.

14) Kvartsrinkelens radius  $R$  er ca

- A) 584 mm      B) 684 mm      C) 784 mm      D) 884 mm

15) Et rimelig estimat for messingsylinderens treghetsmoment med hensyn på sylinderens symmetriakse gjennom dens massesenter er

- A)  $I_0 = 0.1mr^2$       B)  $I_0 = 0.5mr^2$       C)  $I_0 = 0.9mr^2$       D)  $I_0 = 1.2mr^2$

16) Sylinderens hastighet ved  $t = t_7 = 0.200$  s er omtrent

- A) 0.05 m/s      B) 0.50 m/s      C) 5.0 m/s      D) 50 m/s

17) Med konstant tidsintervall  $\Delta t = t_{i+1} - t_i$  kan sylinderens akselerasjon  $a_i$  ved tidspunktet  $t_i$  tilnærmes med algoritmen ("oppskriften")

A) 
$$a_i = \frac{\sqrt{(x_{i+1} + x_{i-1} - 2x_i)^2 + (y_{i+1} + y_{i-1} - 2y_i)^2}}{(\Delta t)^2}$$

B) 
$$a_i = \frac{\sqrt{(x_{i+1} + x_{i-1} + 2x_i)^2 + (y_{i+1} + y_{i-1} + 2y_i)^2}}{(\Delta t)^2}$$

C) 
$$a_i = \frac{\sqrt{(x_{i+1} + x_{i-1} - 2x_i)^2 + (y_{i+1} + y_{i-1} - 2y_i)^2}}{\Delta t}$$

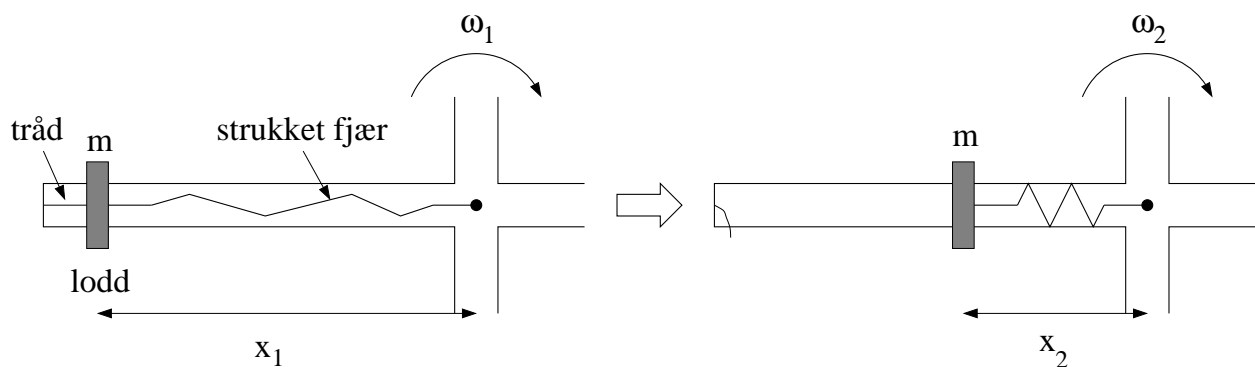
D) 
$$a_i = \frac{\sqrt{(x_{i+1} + x_{i-1} + 2x_i)^2 + (y_{i+1} + y_{i-1} + 2y_i)^2}}{\Delta t}$$

18) Hvor, angitt ved vinkelen  $\phi$  i grader, er sylinderen ved  $t = t_{10} = 0.300$  s?

- A)  $4^\circ$             B)  $19^\circ$             C)  $44^\circ$             D)  $82^\circ$

19) Sylinderen ble startet på toppen, ved  $\phi \simeq 0^\circ$  med hastighet  $v \simeq 0$ . Hva er da korrekt kvalitativ beskrivelse av sylindereens bevegelse nedover kvartsirkelen, fra  $y \simeq r + R$  til  $y = 0$ ?

- A) Ren rulling hele veien.  
 B) Ren rulling etterfulgt av sluring etterfulgt av "skrått kast"-bevegelse.  
 C) Ren rulling etterfulgt av sluring hele veien.  
 D) Ren rulling etterfulgt av "skrått kast"-bevegelse. (Ingen sluring.)



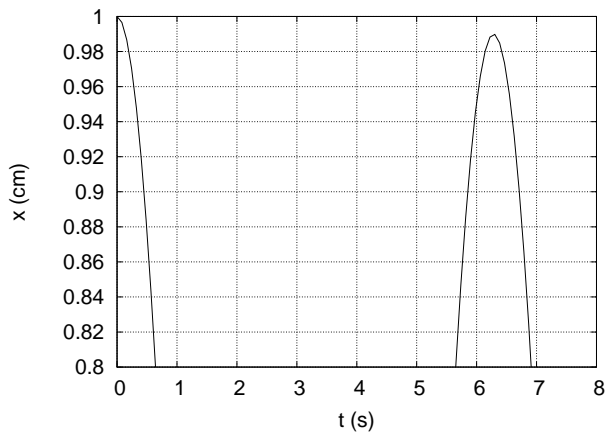
Figuren over viser den ene av fire like stenger på et roterende aksekorset, sett ovenfra og ned. Aksekorset har treghetsmoment  $I_0$  med hensyn på vertikalaksen gjennom aksekorsets massesenter (markert med en liten svart sirkel). På hver av aksekorsets fire stenger er et lite lodd med masse  $m$  i utgangspunktet festet med en tynn tråd til stangas ytterste ende, samt til ei strukket fjær, som igjen er festet til rotasjonsaksen. (Figuren til venstre.) Tråd og fjær er tilnærmet masseløse. Før trådene kuttes roterer systemet med vinkelhastighet  $\omega_1$ , med de fire loddene i avstand  $x_1$  fra rotasjonsaksen. Når de fire trådene kuttes, trekkes loddene innover av hver sin fjær, til den nye likevektsavstanden  $x_2$  fra rotasjonsaksen. (Figur til høyre.) Systemet roterer nå med vinkelhastighet  $\omega_2$ . Oppgavene 20 og 21 er relatert til dette eksperimentet.

20) Hva er forholdet  $\omega_2/\omega_1$  mellom vinkelhastighetene i slutt-tilstand og start-tilstand?

- A)  $\omega_2/\omega_1 = (I_0 + 4mx_2^2)/(I_0 + 4mx_1^2)$             B)  $\omega_2/\omega_1 = (I_0 - 4mx_1^2)/(I_0 - 4mx_2^2)$   
 C)  $\omega_2/\omega_1 = (I_0 + 4mx_1^2)/(I_0 + 4mx_2^2)$             D)  $\omega_2/\omega_1 = (I_0 - 4mx_2^2)/(I_0 - 4mx_1^2)$

21) Hva er forholdet  $K_2/K_1$  mellom kinetisk rotasjonsenergi i slutt-tilstand og start-tilstand?

- A)  $K_2/K_1 = (I_0 + 4mx_2^2)/(I_0 + 4mx_1^2)$             B)  $K_2/K_1 = (I_0 - 4mx_1^2)/(I_0 - 4mx_2^2)$   
 C)  $K_2/K_1 = (I_0 + 4mx_1^2)/(I_0 + 4mx_2^2)$             D)  $K_2/K_1 = (I_0 - 4mx_2^2)/(I_0 - 4mx_1^2)$



22) Et svakt dempet mekanisk svingesystem svinger upåvirket av ytre krefter med et utsving som beskrives av funksjonen

$$x(t) = Ae^{-\gamma t} \cos \omega t,$$

med  $A = 1.0$  cm. Figuren til venstre viser (deler av)  $x(t)$  de første 8 sekundene av svingeforløpet (der 8 sekunder tilsvarer noe mer enn en hel periode). Dersom dette systemet ble påvirket av en ytre

harmonisk kraft, ville utsvingsamplituden plottet som funksjon av frekvensen  $\Omega$  til den ytre kraften bli en resonanskurve, med maksimal amplitude når  $\Omega \simeq \omega_0$ , der  $\omega_0$  er svingesystemets egenfrekvens. Med svak demping blir resonanstoppen relativt smal, med halvverdibredde  $\Delta\omega \simeq 2\gamma$ . Med utgangspunkt i figuren over, hvor stor er omtrent resonanskurvens  $Q$ -faktor, definert som  $Q = \omega_0/\Delta\omega$ ?

- A) 5                      B) 17                      C) 122                      D) 313

23) En personbil med masse 1200 kg kolliderer fullstendig uelastisk med en lastebil som står i ro. (Dvs, bil og lastebil henger sammen etter kollisjonen.) Lastebilen har masse 6000 kg. Hvor stor andel av den kinetiske energien går tapt i denne kollisjonen? (Dvs  $(K_{\text{før}} - K_{\text{etter}})/K_{\text{før}}$ .) Se bort fra friksjonskrefter fra bakken i løpet av kollisjonen.

- A) 12%                      B) 54%                      C) 83%                      D) 99%



24) Et sykkelhjul med masse  $M$ , radius  $R$  og treghetsmoment  $I_0 = MR^2$  (mhp akslingen gjennom hjulets massesenter) settes i rask rotasjon med vinkelhastighet  $\omega$ . Det roterende hjulet henges opp i ei snor festet til akslingen i avstand  $r$  fra hjulets massesenter, som vist i figuren over til venstre. Som en følge av tyngdekraftens dreiemoment  $\tau = Mgr$  relativt snoras festepunkt (A) preseserer hjulet (langsomt) om vertikalaksen med vinkelhastighet  $\Omega$ . Hva blir  $\Omega$ ? Tips: Benytt N2 for rotasjon ( $\tau = \Delta L/\Delta t$ , "spinningsatsen"),  $L = I_0\omega$ , samt figuren over til høyre.

- A)  $gr/\omega R^2$                       B)  $gR/\omega r^2$                       C)  $\omega r/R$                       D)  $\omega R/r$

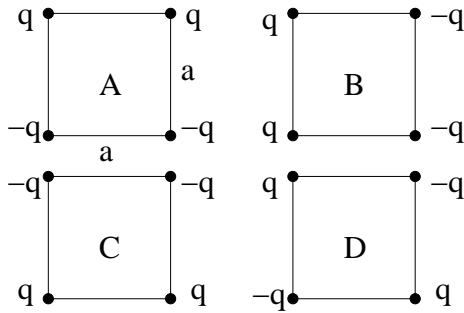
25) En fallskjermhopper utsettes for friksjonskraften (luftmotstanden)  $f = -Dv^2$ , der  $D$  er en konstant. Hopper med fallskjerm har total masse  $m$ , og tyngdens akselerasjon er  $g$ . Hvilken differensialligning bestemmer da fallskjermhopperens hastighet  $v(t)$ ?

A)  $\frac{dv}{1+Dv^2/m} = g dt$

B)  $\frac{dv}{D-v^2/mg} = g dt$

C)  $\frac{dv}{v^2-mg} = \frac{D}{g} dt$

D)  $\frac{dv}{1-Dv^2/mg} = g dt$



26) Hvilken plassering av to positive punktladninger  $q$  og to negative punktladninger  $-q$  gir minst mulig elektrisk feltstyrke ( $E = |\mathbf{E}|$ ) i midten av kvadratet?

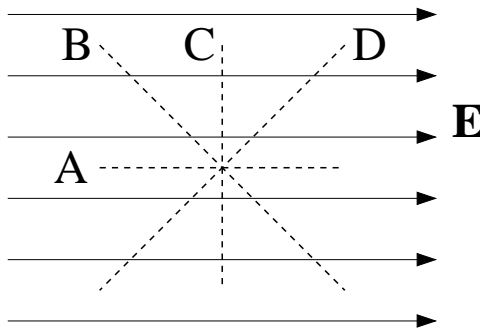
27) Hva er absoluttverdien av det elektriske dipolmomentet til systemet med fire punktladninger i figur D i oppgave 26? Kvadratene har sidekanter  $a$ .

A)  $4qa$

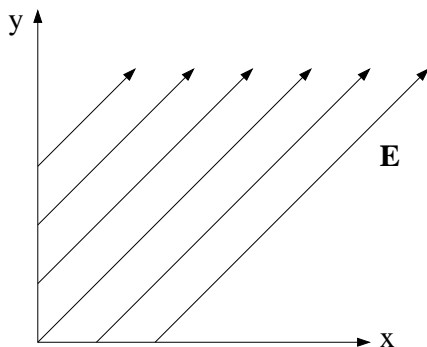
B)  $2qa$

C)  $qa$

D) 0



28) Langs hvilken stiplet linje endrer potensialet seg raskest?



29) Figuren viser feltlinjer for et uniformt elektrisk felt. Hvilken funksjon kan brukes til å beskrive potensialet  $V(x, y)$ ? (Her er  $E_0$  en positiv konstant størrelse.)

A)  $V(x, y) = -E_0x - E_0y$

B)  $V(x, y) = -E_0x + E_0y$

C)  $V(x, y) = E_0x - E_0y^2$

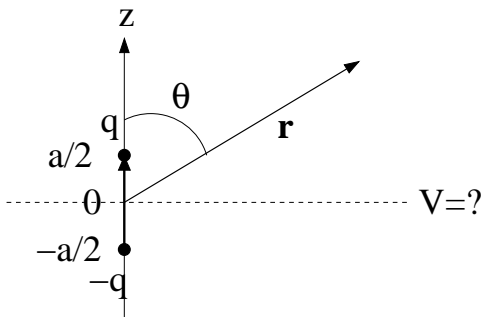
D)  $V(x, y) = -E_0\sqrt{x} + E_0y$



30) Figuren viser en elektrisk dipol med dipolmoment  $\mathbf{p} = qa\hat{z}$ . I stor avstand  $\mathbf{r}$  ( $r \gg a$ ) fra dipolen kan potensialet skrives på formen

$$V(r, \theta) = \frac{p \cos \theta}{4\pi\epsilon_0 r^2}.$$

(Her er  $p = |\mathbf{p}|$ .) Hva blir da verdien av  $V$  i  $xy$ -planet?



A)  $V = \frac{-qa}{2\pi\epsilon_0(x^2 + y^2)}$

B)  $V = \frac{qa}{4\pi\epsilon_0(x^2 + y^2)}$

C)  $V = \frac{qa}{8\pi\epsilon_0(x^2 + y^2)}$

D)  $V = 0$

31) For samme dipol som i oppgave 30, hva blir potensialet langt ute på den positive  $z$ -aksen?

A)  $V = qa/4\pi\epsilon_0 z^4$

B)  $V = qa/4\pi\epsilon_0 z^3$

C)  $V = qa/4\pi\epsilon_0 z^2$

D)  $V = qa/4\pi\epsilon_0 z$

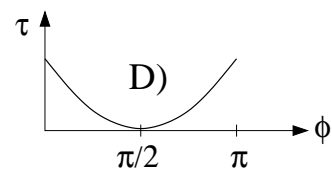
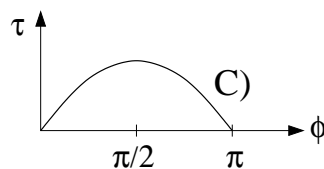
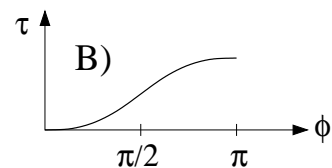
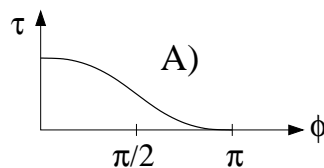
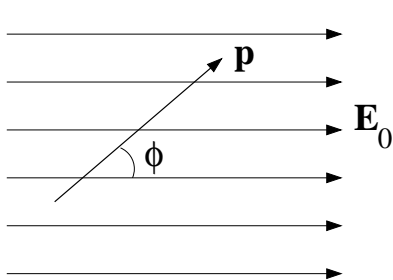
32) For samme dipol som i oppgave 30, med hvilken enhetsvektor og med hvilket fortegn kan vi angi retningen på det elektriske feltet i et punkt i  $xy$ -planet, dvs  $\mathbf{E}(r, \theta) = \mathbf{E}(r, \pi/2)$ ?

A)  $\hat{z}$

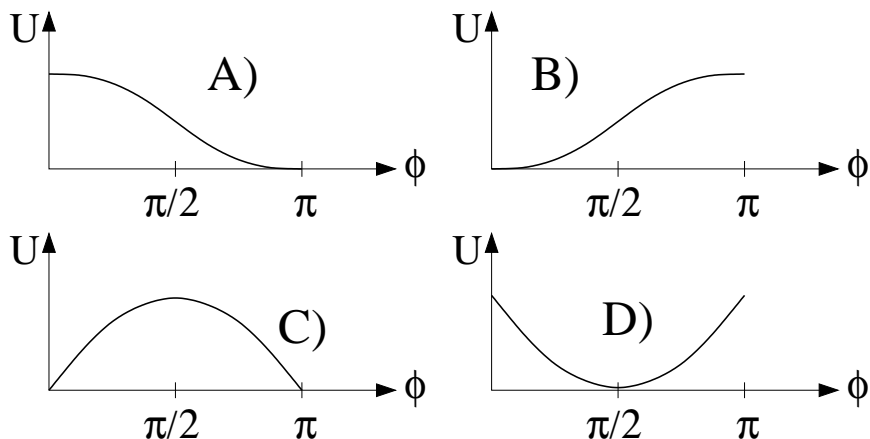
B)  $\hat{r}$

C)  $-\hat{z}$

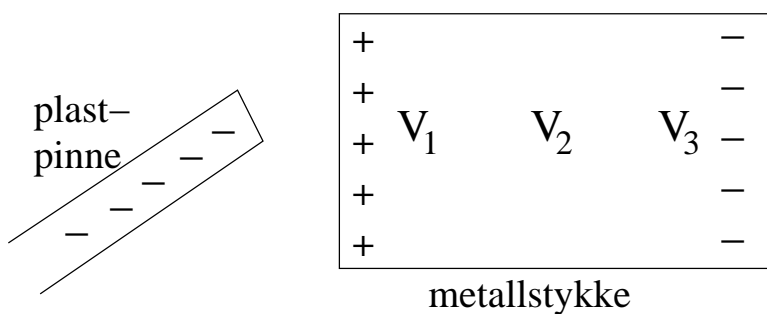
D)  $-\hat{r}$



33) Figuren til venstre viser en elektrisk dipol med dipolmoment  $\mathbf{p}$  i et uniformt ytre elektrisk felt  $\mathbf{E}_0$ . Hvilken av figurene til høyre viser da (kvalitativt) absoluttverdien av dreiemomentet som virker på dipolen,  $\tau = |\boldsymbol{\tau}|$ , som funksjon av vinkelen  $\phi$  mellom  $\mathbf{p}$  og  $\mathbf{E}_0$ ?

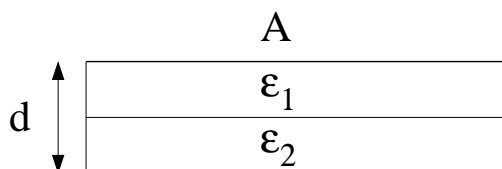


34) Og hvilken av disse figurene viser potensiell energi  $U(\phi)$  for dipolen i oppgave 33?



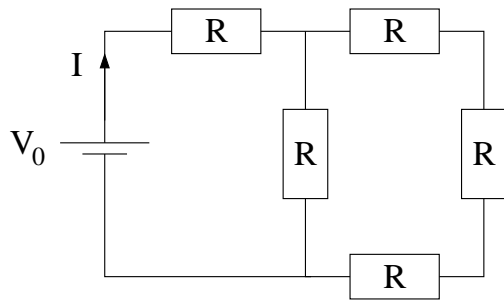
35) En negativt ladet plastpinne holdes i nærheten av et stykke metall (som kan betraktes som en perfekt elektrisk leder).  $V_1$ ,  $V_2$  og  $V_3$  angir potensialet på tre ulike steder på metallstykket, som vist i figuren. Hvordan vil du rangere disse?

- A)  $V_1 > V_2 > V_3$   
 B)  $V_1 = V_2 = V_3$   
 C)  $V_1 < V_2 < V_3$   
 D)  $V_1 > V_3 > V_2$



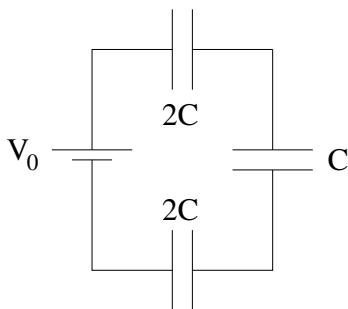
36) En platekondensator har metallplater med areal  $A = 1 \text{ cm}^2$  og avstand  $d = 2 \text{ mm}$  mellom platene. Volumet mellom platene er fylt med to like tykke dielektriske skiver, som vist i figuren, med permittivitet hhv  $\epsilon_1 = 4\epsilon_0$  (øverst) og  $\epsilon_2 = 5\epsilon_0$  (nederst). Hva er kondensatorens kapasitans? (Tips: Dette kan betraktes som en seriekobling av to kapasitanser.)

- A) 2 pF  
 B) 2 nF  
 C) 2  $\mu\text{F}$   
 D) 2 mF



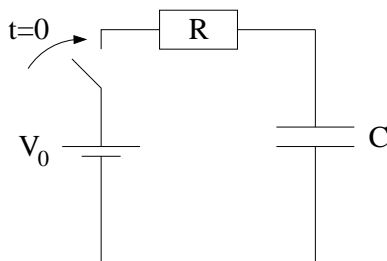
37) Hva blir strømmen  $I$  i kretsen til venstre?

- A)  $V_0/7R$                       B)  $4V_0/13R$   
 C)  $V_0/13R$                       D)  $4V_0/7R$



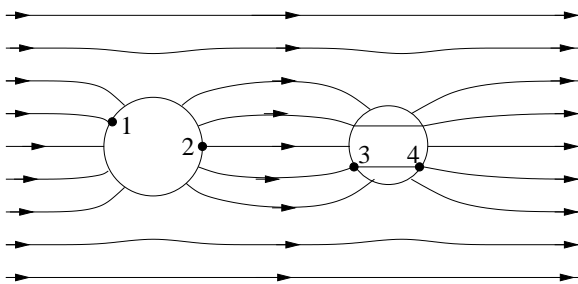
38) Hva blir spenningen over kondensatoren med kapasitans  $C$  i kretsen til venstre?

- A)  $V_0/5$                       B)  $V_0/2$   
 C)  $V_0$                       D)  $2V_0/7$



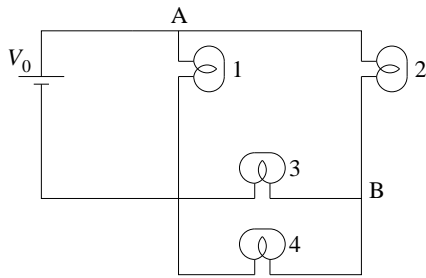
39) En likespenningskilde  $V_0$  kobles til en seriekobling av en motstand  $R = 3 \text{ k}\Omega$  og en kapasitans  $C = 3 \text{ mF}$  ved tidspunktet  $t = 0$ . Vel vitende om Ohms lov,  $V_R = RI$ , velger vi å måle strømstyrken  $I(t)$  i kretsen via spenningen  $V_R(t)$  over motstanden. Siden kondensatoren er uten ladning i utgangspunktet, kan vi fastslå at  $V_R(t)$  blir maksimal umiddelbart etter at spenningskilden er koblet til. Men hvor lang tid vil det ta før  $V_R(t)$  er redusert til 80% av sin maksimale verdi?

- A) Ca  $2 \mu\text{s}$                       B) Ca  $2 \text{ ms}$                       C) Ca  $2 \text{ s}$   
 D) Mer enn en halv time.



40) Ei metallkule og ei plastkule (som er et dielektrikum) er plassert mellom to store uniformt men motsatt ladde metallplater. Figuren viser en kvalitativ skisse av det resulterende elektriske feltet omkring de to kulene. Ranger potensialene i de fire avmerkede posisjonene 1 – 4.

- A)  $V_1 > V_2 > V_3 > V_4$   
 B)  $V_1 < V_2 < V_3 < V_4$   
 C)  $V_1 = V_2 > V_3 > V_4$   
 D)  $V_1 = V_2 > V_3 = V_4$



Lyspærene 1 – 4 i kretsen til venstre kan betraktes som identiske resistanser  $R$ . Økt strøm gjennom ei gitt lyspære resulterer i økt lysstyrke i denne pæra. Skrus ei pære ut, blir det der en åpen krets, dvs det går ingen strøm der. Kortsluttes det mellom to punkter i kretsen, betyr det at punktene forbindes med en perfekt leder uten motstand. Oppgavene 41 – 43 er relatert til denne kretsen.

41) Hva skjer med lysstyrken i pære 3 dersom pære 4 skrus ut?

- A) Lyser svakere.      B) Lyser sterkere.      C) Lyser med uendret styrke.      D) Slutter å lyse.

42) Hva skjer med lysstyrken i pære 1 dersom vi kortsletter mellom A og B?

- A) Lyser svakere.      B) Lyser sterkere.      C) Lyser med uendret styrke.      D) Slutter å lyse.

43) Med alle fire lyspærer på plass i kretsen (og uten kortslutning mellom A og B), hva blir totalt effekttap i kretsen dersom  $V_0 = 12 \text{ V}$  og  $R = 5 \Omega$ ?

- A) 48 W      B) 152 W      C) 276 W      D) 466 W

44) Ved hjelp av et "krysset" elektrisk og magnetisk felt har du klart å plukke ut ioner med ladning  $e$  (dvs underskudd på et elektron) og hastighet 400 m/s. Disse ionene sendes inn i et område med uniform magnetfeltstyrke på 0.045 T, på en slik måte at ionenes hastighet hele tiden står normalt på magnetfeltets retning. Ionene avbøyes og følger en sirkulær bane, og du måler banens radius til 7.5 mm. Hva slags ioner er dette? ( $1u \simeq 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ )

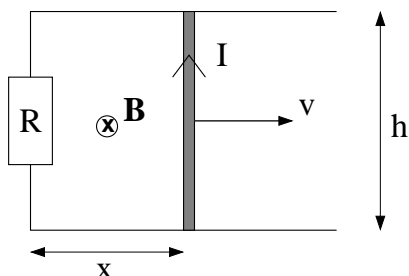
- A) Hydrogenioner med atommasse  $1u$       B) Oksygenioner med atommasse  $16u$   
 C) Klorioner med atommasse  $35u$       D) Bromioner med atommasse  $81u$

45) En sylinder har radius 2 cm, lengde 10 cm og uniform magnetisering (dvs magnetisk dipolmoment pr volumenheter) 50 A/m, med  $\mathbf{M}$  rettet langs sylinderens symmetriakse. Hva er da total induisert magnetiseringsstrøm  $I_m$  i sylinderens overflate?

- A) 5.0 mA      B) 5.0 A      C) 50 A      D) 5.0 kA

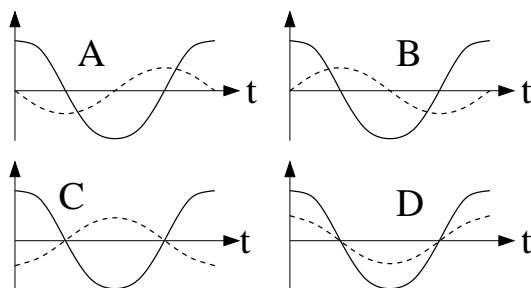
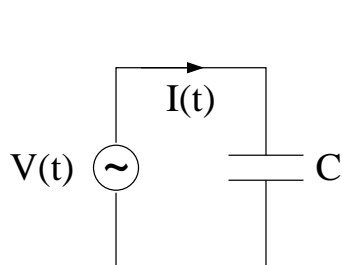
46) Dersom magnetiseringen  $\mathbf{M}$  i oppgave 45 er forårsaket av et ytre magnetfelt  $\mathbf{B}_0 = 1.0 \text{ T}$  (med samme retning som  $\mathbf{M}$ ), hva er da sylinderens magnetiske susceptibilitet  $\chi_m$ ? (Oppgitt:  $\mathbf{B} = \mathbf{B}_0 + \mu_0 \mathbf{M}$ ,  $\mu_0 \mathbf{M} = \mathbf{B} \chi_m / (1 + \chi_m)$ )

- A) 63      B) 0.63      C)  $6.3 \cdot 10^{-3}$       D)  $6.3 \cdot 10^{-5}$

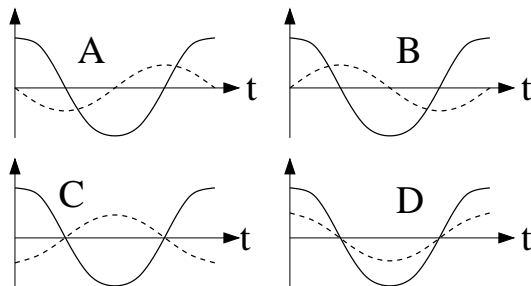
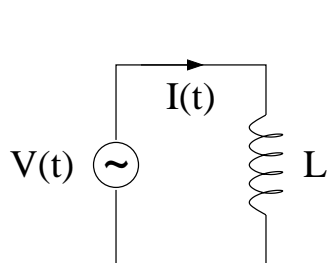


47) I figuren til venstre lukkes den elektriske kretsen ved hjelp av en rett elektrisk leder med lengde  $h$ . Kretsen har resistans  $R$ . Et uniformt magnetfelt  $\mathbf{B}$  har retning inn i planet. Dermed induseres det en spenning  $\Delta V$  i kretsen når den rette lederen trekkes mot høyre med hastighet  $v$ , i henhold til Faradays induksjonslov. På den induserte strømmen  $I$  i den rette lederen virker det dermed en bremsende magnetisk kraft (mot venstre i figuren). Denne magnetiske kraften må balanseres med en trekk-kraft mot høyre, dersom den rette lederen skal bevege seg med konstant hastighet  $v$  (jf Newtons 1. lov). Hvor stor er denne kraften?

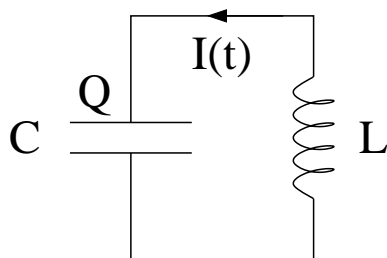
- A)  $B^2 h^2 v / R$                       B)  $B h v / R$   
 C)  $B h v$                                 D)  $B^2 h^2 v R$



48) En vekselspenning  $V(t) = V_0 \cos \omega t$  er koblet til en kapasitans  $C$ . Hvilken graf viser korrekt sammenheng mellom  $V(t)$  (heltrukket linje) og resulterende strøm  $I(t) = dQ(t)/dt$  (stiplet linje) i kretsen?



49) En vekselspenning  $V(t) = V_0 \cos \omega t$  er koblet til en induktans  $L$ . Hvilken graf viser korrekt sammenheng mellom  $V(t)$  (heltrukket linje) og resulterende strøm  $I(t)$  (stiplet linje) i kretsen?



50) Strømmen i  $LC$ -kretsen til venstre bestemmes av Kirchhoffs spenningsregel,

$$-LdI/dt - Q/C = 0.$$

Hva blir perioden  $T$  for harmonisk svingning av  $I$  og  $Q$  i denne kretsen dersom  $L = 5$  mH og  $C = 5$  mF?

- A) 31.4 ns                                B) 31.4  $\mu$ s                                C) 31.4 ms  
 D) 31.4 s

**FORMLER:** Fete symboler angir vektorer. Symboler med hatt over angir enhetsvektorer. Formlernes gyldighetsområde og de ulike symbolenes betydning antas forøvrig å være kjent. Symbolbruk og betegnelser som i forelesningene.

### MEKANISK FYSIKK

- Newtons andre lov:  $\mathbf{F} = d\mathbf{p}/dt$      $\mathbf{p} = m\mathbf{v} = m\dot{\mathbf{r}}$
- Konstant akselerasjon:  $v = v_0 + at$      $x = x_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2$
- Konstant vinkelakselerasjon:  $\omega = \omega_0 + \alpha t$      $\theta = \theta_0 + \omega_0t + \frac{1}{2}\alpha t^2$
- Arbeid:  $dW = \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r}$     Kinetisk energi:  $K = \frac{1}{2}mv^2$
- Konservativ kraft og potensiell energi:  $U(\mathbf{r}) = -\int_{\mathbf{r}_0}^{\mathbf{r}} \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r}$      $\mathbf{F} = -\nabla U(\mathbf{r})$
- Friksjon,    statisk:  $f \leq \mu_s N$     kinetisk:  $f = \mu_k N$
- Luftmotstand (liten  $v$ ):  $\mathbf{f} = -k\mathbf{v}$     Luftmotstand (stor  $v$ ):  $\mathbf{f} = -Dv^2\hat{v}$
- Tyngdepunkt:  $\mathbf{R}_{CM} = \frac{1}{M} \sum_i \mathbf{r}_i m_i \rightarrow \frac{1}{M} \int \mathbf{r} \cdot dm$
- Sirkelbevegelse:  $v = r\omega$     Sentripetalakselerasjon:  $a = -v^2/r$     Baneakselerasjon:  $a = dv/dt = r d\omega/dt$
- Dreiemoment:  $\boldsymbol{\tau} = (\mathbf{r} - \mathbf{r}_0) \times \mathbf{F}$     Statisk likevekt:  $\sum \mathbf{F}_i = 0$      $\sum \boldsymbol{\tau}_i = 0$
- Dreieimpuls:  $\mathbf{L} = (\mathbf{r} - \mathbf{r}_0) \times \mathbf{p}$     N2 rotasjon:  $\boldsymbol{\tau} = d\mathbf{L}/dt$
- Stive legemer, sylindersymmetri mhp rotasjonsaksen:  $\mathbf{L} = \mathbf{L}_b + \mathbf{L}_s = (\mathbf{R}_{CM} - \mathbf{r}_0) \times M\mathbf{V} + I_0\boldsymbol{\omega}$
- Kinetisk energi, stivt legeme:  $K = \frac{1}{2}MV^2 + \frac{1}{2}I_0\omega^2$     Trehetsmoment:  $I = \sum_i m_i r_i^2 \rightarrow \int r^2 dm$
- Steiners sats (parallellakse-teoremet):  $I = I_0 + Md^2$
- Gravitasjon:  $\mathbf{F} = -\frac{GMm}{r^2}\hat{r}$      $U(r) = -\frac{GMm}{r}$      $\mathbf{g} = \mathbf{F}/m$
- Enkel harmonisk oscillator:  $\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0$      $T = 2\pi/\omega_0$      $f = 1/T = \omega_0/2\pi$   
Masse i fjær:  $\omega_0 = \sqrt{k/m}$     Matematisk pendel:  $\omega_0 = \sqrt{g/L}$
- Fri, dempet svingning, langsom bevegelse i fluid:  $m\ddot{x} + b\dot{x} + kx = 0$   
 $\Rightarrow \ddot{x} + 2\gamma\dot{x} + \omega_0^2 x = 0$      $\omega_0^2 = k/m$      $\gamma = b/2m$   
Underkritisk demping ( $\gamma < \omega_0$ )     $x(t) = Ae^{-\gamma t} \sin(\omega t + \phi)$      $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2}$   
Overkritisk demping ( $\gamma > \omega_0$ )     $x(t) = Ae^{-\alpha_1 t} + Be^{-\alpha_2 t}$      $\alpha_{1,2} = \gamma \pm \sqrt{\gamma^2 - \omega_0^2}$   
Kritisk demping ( $\gamma = \omega_0$ )     $x(t) = Ae^{-\gamma t} + Bte^{-\gamma t}$

- Tvungen svingning, harmonisk ytre kraft:  $m\ddot{x} + b\dot{x} + kx = F_0 \cos \omega t$   
(partikulær-)løsning:  $x(t) = A(\omega) \sin(\omega t + \phi(\omega))$   
amplitude:  $A(\omega) = \frac{F_0/m}{\sqrt{(\omega^2 - \omega_0^2)^2 + (2\gamma\omega)^2}}$

## ELEKTRISITET OG MAGNETISME

### Elektrostatikk

- Coulombs lov:

$$\mathbf{F} = \frac{qq'}{4\pi\epsilon_0 r^2} \hat{r}$$

- Elektrisk felt og potensial:

$$\mathbf{E} = -\nabla V$$

$$\Delta V = V_B - V_A = - \int_A^B \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}$$

- Elektrisk potensial fra punktladning:

$$V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

- Elektrisk dipolmoment; for punktladninger  $\pm q$  i avstand  $\mathbf{d}$ :

$$\mathbf{p} = q\mathbf{d}$$

- Elektrisk polarisering = elektrisk dipolmoment pr volumenhet:

$$\mathbf{P} = \Delta\mathbf{p}/\Delta V$$

- Lineær respons:

$$\mathbf{P} = \chi_e \epsilon_0 \mathbf{E} \quad \mathbf{E} = \mathbf{E}_0 / \epsilon_r \quad \epsilon_r = 1 + \chi_e \quad \epsilon = \epsilon_r \epsilon_0$$

- Kapasitans:

$$C = \frac{q}{V}$$

Seriekobling, parallellkobling:

$$C = \left( \sum_j C_j^{-1} \right)^{-1} \quad C = \sum_j C_j$$

- Parallellplatekondensator (ideell):

$$E = \sigma / \epsilon \quad , \quad C = \epsilon A / d$$

- Energitetthet i elektrisk felt:

$$u_E = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

## Elektrisk strøm

- Strømstyrke, strømtetthet:

$$I = dQ/dt \quad , \quad j = I/A$$

- Ohms lov:

$$\mathbf{j} = \sigma \mathbf{E} \quad , \quad V = RI$$

- Resistans:

$$R = l/\sigma A = \rho l/A, \quad \sigma = \text{konduktivitet}, \quad \rho = \text{resistivitet}$$

Seriekobling, parallellkobling:

$$R = \sum_j R_j \quad , \quad R = \left( \sum_j R_j^{-1} \right)^{-1}$$

- Elektrisk effekt:

$$P = VI$$

## Magnetostatikk

- Magnetisk fluks:

$$\phi = \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A}$$

- Magnetfelt fra strømførende leder (Biot–Savarts lov):

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} I \int \frac{d\mathbf{l} \times \hat{r}}{r^2}$$

- Magnetisk dipolmoment; for plan strømsløyfe:

$$\mathbf{m} = I\mathbf{A} = IA\hat{n}$$

- Magnetisering = magnetisk dipolmoment pr volumenhet:

$$\mathbf{M} = \Delta\mathbf{m}/\Delta V$$

- Lineær respons:

$$\mathbf{M} = \frac{\chi_m}{1 + \chi_m} \frac{1}{\mu_0} \mathbf{B} \quad \mathbf{B} = \mu_r \mathbf{B}_0 \quad \mu_r = 1 + \chi_m \quad \mu = \mu_r \mu_0$$

- Magnetisk kraft på strømførende leder; generelt:

$$\mathbf{F} = \int_L d\mathbf{F} = I \int_L d\mathbf{l} \times \mathbf{B}$$

- Magnetisk kraft på rett strømførende leder:

$$\mathbf{F} = I\mathbf{L} \times \mathbf{B}$$

- Energitetthet i magnetfelt:

$$u_B = \frac{1}{2\mu_0} B^2$$



## Elektrodynamikk og elektromagnetisk induksjon

- Faradays induksjonslov:

$$\Delta V = -\frac{d\phi}{dt}$$

- (Selv-)Induktans:

$$L = \frac{\phi}{I}$$

- Spole (ideell):

$$B = \mu(N/l)I \quad , \quad L = \mu N^2 A/l$$

- Energitetthet i elektromagnetisk felt:

$$u = \frac{1}{2}\epsilon_0 E^2 + \frac{1}{2\mu_0} B^2$$

## Kretser

- Spenning over motstand, kapasitans, induktans:

$$RI \quad Q/C \quad L dI/dt$$

- Tidskonstanter,  $RC$ -krets og  $RL$ -krets:

$$\tau = RC \quad \tau = L/R$$

**KONSTANTER, OMREGNINGSAKTORER OG DEKADISKE PREFIKSER**

- Fundamentale konstanter:

$$\begin{aligned} G &= 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2 \quad (g = 9.81 \text{ m/s}^2) \\ m_e &= 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \\ m_p = m_n &= 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \\ e &= 1.60 \cdot 10^{-19} \text{ C} \\ \epsilon_0 &= 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m} \\ \frac{1}{4\pi\epsilon_0} &= 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \\ \mu_0 &= 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m} \\ k_B &= 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} \\ N_A &= 6.02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} \\ h &= 6.63 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \\ c &= 3.00 \cdot 10^8 \text{ m/s} \end{aligned}$$

- Omregningsfaktorer:

$$\begin{aligned} 1 \text{ eV} &= 1.60 \cdot 10^{-19} \text{ J} \\ 1 \text{ \AA} &= 10^{-10} \text{ m} \end{aligned}$$

- Dekadiske prefikser: p = piko =  $10^{-12}$ , n = nano =  $10^{-9}$ ,  $\mu$  = mikro =  $10^{-6}$ , m = milli =  $10^{-3}$ , c = centi =  $10^{-2}$ , k = kilo =  $10^3$ , M = mega =  $10^6$ , G = giga =  $10^9$

Kandidatnummer:

Oppgave	A	B	C	D	Oppgave	A	B	C	D
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	26	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	27	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	28	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	29	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	30	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	31	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	32	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	33	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	34	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	35	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	36	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	37	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	38	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	39	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	40	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	41	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	42	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	43	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	44	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	45	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	46	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	47	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	48	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	49	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

NB: Kontroller at du har satt nøyaktig ETT kryss for HVER av de 50 oppgavene!

GOD JUL!