

BOKMÅL

NORGES TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET
INSTITUTT FOR FYSIKK

Faglig kontakt under eksamen:

Magnus Borstad Lilledahl

Telefon:

73591873 (kontor)

92851014 (mobil)

EKSAMEN I EMNE TFY 4102 FYSIKK

31. mai 2012

kl. 09.00-13.00 (4 timer)

Tillatte hjelpemidler: C

Spesifisert trykt hjelpemiddel: Karl Rottmann, Matematisk formelsamling. Bestemt enkel kalkulator tillatt.

Generell informasjon

Det er mange oppgaver som ikke nødvendigvis kommer i økende vanskelighetsgrad så dersom du står fast på en oppgave, ikke vent for lenge med å gå videre. Oppgavesettet består av 4 sider: 1 forside og 3 sider med totalt 10 oppgaver.

Part 1

Oppgave 1

Anta at vi har en partikkel med ladning q_1 i punktet $(a, 0, 0)$ og en partikkel med ladning q_2 i punktet $(b, 0, 0)$, $b > a$.

- Hvor stor er kraften som virker på partikkel q_2 fra q_1 ? Angi kraften som en vektor uttrykt ved størrelsene q_1 , q_2 , a , b og ϵ_0 .
- Hva er det elektriske feltet i punkt $(0, c, 0)$? Angi feltet som en vektor uttrykt ved størrelsene q_1 , q_2 , a , b , c og ϵ_0 .
- Hva er potensialforskjellen mellom punkt $(0, c, 0)$ og punkt $(0, d, 0)$, uttrykt ved størrelsene q_1 , q_2 , a , b , c , d og ϵ_0 ? (Hint: Det kan være lurt å ta utgangspunkt i potensialet for en punktladning relativt til et punkt uendelig langt borte: $V = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q}{r}$).

Anta at vi har to metalliske kuler hengt opp i tynne isolerende snorer. Den ene kula har fått en ladning q_1 mens den andre kula er nøytral.

- Når vi fører kulene nærme hverandre (uten berøring) ser vi at de tiltrekkes. Hvorfor skjer dette selv om den ene kula er nøytral?
- Hvis vi så lar kulene berøre hverandre vil de sprette fra hverandre og hvis vi prøver å føre dem sammen igjen ser vi at kulene frastøter hverandre. Hvorfor skjer det?

Oppgave 2

Anta at vi har to parallelle, uendelig store plater med en overflateladning (ladning per areal) $+\sigma$ på den ene og $-\sigma$ og en avstand d mellom platene.

- Bruk Gauss lov til å vise at det elektriske feltet inni platene er gitt ved $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$. Hva er det elektriske feltet utenfor platene? Begrunn svaret.
- Hva er potensialforskjellen mellom platene?

Oppgave 3

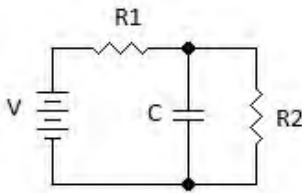
En bil med masse m starter i ro ved $t = 0$ og får så en akselerasjon gitt av $a(t) = c_1 t - c_2 t^3$.

- Hvor langt har bilen beveget seg ved tid $t = t'$?
- Om vi antar at all effekten fra motoren går med til å skyve bilen fremover og at vi ikke har noen friksjon, finn et uttrykk for hvor stor effekt motoren genererer når akselerasjonen er gitt av uttrykket over.

Oppgave 4

En bil med masse $m = 1500$ kg og med en hastighet på 30 m/s kolliderer med en fjellvegg. Bilen stanser i løpet av 0.5 s. Anta at kraften som virker på bilen under kollisjonen er konstant

- Hvor stor er den totale impulsen som virker på bilen gjennom kollisjonen?
- Hvor stor er kraften som virker gjennom kollisjonen?
- Forklar ved hjelp av impulsoverføring hvorfor en tung kuffert bør ligge inntil baksiden av seteryggen i en stasjonsvogn.



Figur 1: Krets for oppgave 9b)

Oppgave 5

En planet med masse m_1 roterer rundt en mye større stjerne med masse m_2 i en avstand r .

- a) Hva er rotasjonsperioden for planeten? (for uniform sirkelbevegelse gjelder $a_r = v^2/r$).

Oppgave 6

En person står på skøyter på en friksjonsfri isflate. Han drar i et tau som går rundt en trinse som er festet i en vegg. Den andre enden går fra trinsa og tilbake til personen og er festet til beltet hans.

- a) Hvis personen drar med en kraft F i tauet hva blir akselerasjonen hans?
 b) Hvor mye arbeid har personen gjort når han har beveget seg en lengde s ?

Oppgave 7

Vi har en masse m som er hengt opp i en fjær som henger i taket. Fjærkonstanten er k og responsen følger Hooks lov ($F = -kx$). Anta at fjæren er masseløs og all bevegelse er friksjonsfri. Vi trekker massen ned en lengde A fra likevektsposisjonen og slipper den.

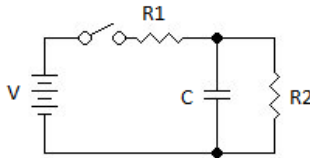
- a) Hva er den største hastigheten som massen har i løpet av en svingesyklus (Hint: kan være lurt å først regne ut den potensielle energien som funksjon av posisjon)?

Oppgave 8

- a) Basert på dine fysiske intuisjon, ranger følgende materialer etter lydshastighet: bly, vann, aluminium og luft. Forklar rangeringen.

Anta at vi eksiterer stående bølger i en orgelpipe med lengde L (som er lukket i den ene enden og åpen i den andre).

- b) Hva blir bølgelengden til de to modene med lavest frekvens?
 c) Hvor i pipen er trykkamplituden størst for moden med lavest frekvens?
 d) Bølgehastigheten i luft er 300 m/s . La $L = 1 \text{ m}$. Hva blir frekvensen til lydbølgen som kommer ut fra orgelpipen for hver av de to modene med lavest frekvens?



Figur 2: Krets for oppgave 9d)

Oppgave 9

- Vis at for seriekoblinger er ekvivalent motstand $R_{\text{eff}} = R_1 + R_2 + \dots$
- Anta at kretsen i figur 1 har stått på lenge og nådd likevekt (symbolet lengst til venstre er en standard spenningskilde). R2 representerer en lyspære. Hvor mye effekt omsettes i lyspæren (Hint: $P = VI$)? $R_1 = 10 \text{ Ohm}$, $R_2 = 100 \text{ Ohm}$, $V = 10\text{V}$, $C = 10 \mu\text{F}$.
- Hva er spenningen over kondensatoren?
- Vi introduserer så en bryter i kretsen som vist i figur 2. Anta at bryteren har vært åpen lenge. Hvis vi nå lukker bryteren vil det ta litt tid før lyspæren begynner å lyse. Dersom vi øker kapasitansen på kondensatoren, vil det ta lengere eller kortere tid før lyspærene lyser? Vil den lys sterkere, svakere eller likt? Begrunn svaret

Oppgave 10

Du er teknisk sjef i et investeringsselskap. En industridesigner kommer til deg og ønsker at du skal investere 10 millioner i et kjøleskap han har laget som kan fjerne opptil 100 kJ/min i varme fra kjøleskapet og max effekt er 100 W (når det er 4°C i kjøleskapet og 22°C i rommet). Før du bestemmer deg gjør du noen utregninger:

- Vis at varme overført når en ideell gass ekspanderer isotermt fra V_1 til V_2 er $Q = nRT \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$ (Hint: for en ideell gass er indre energi bare avhengig av temperaturen...også er det lurt å kunne termodynamikkens først lov).
- Vis at $\frac{|Q_C|}{|Q_H|} = \frac{T_C}{T_H}$ for en Carnot-syklus, der C og H referer til henholdsvis den kalde og varme isoterme delen av syklusen (Hint: kan være lurt å anta en ideell gas ($pV = nRT$) og bruke at $TV^{\gamma-1} = \text{konstant}$ for en adiabatisk prosess)
- Kjølekoefisienten for et kjøleskapet er $K = \frac{|Q_C|}{|W|}$. Vis at for et kjøleskap drevet av en Carnot-syklus er $K = \frac{T_C}{T_H - T_C}$.
- Sparker du designeren på dør eller vil du vurdere prosjektet nærmere? Avgjørelsen må begrunnes slik at du kan rettferdiggjøre den overfor direktøren (som hverken vil være fornøyd med å kaste bort 10 millioner eller gå glipp av en veldig bra investering).

NYNORSK

NOREGS TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET
INSTITUTT FOR FYSIKK

Fagleg kontakt under eksamen:

Magnus Borstad Lilledahl

Telefon:

73591873 (kontor)

92851014 (mobil)

EKSAMEN I EMNE TFY 4102 FYSIKK

31. mai 2012

kl. 09.00-13.00 (4 timer)

Tillete hjelpemidler: C

Spesifisert trykt hjelpemiddel: Karl Rottmann, Matematisk formelsamling. Bestemt enkel kalkulator tillatt.

Generell informasjon

Det er mange oppgaver som ikkje nødvendigvis kjem i aukande vanskelighetsgrad så i fall du står fast på ein oppgave, ikkje vent for lenge med å gå til neste oppgave. Oppgavesettet består av 4 sider, 1 forside og 3 sider med totalt 10 oppgaver.

Oppgåve 1

Anta at vi har ein partikkel med ladning q_1 i punktet $(a, 0, 0)$ og ein partikkel med ladning q_2 i punktet $(b, 0, 0)$, $b > a$.

- Kor stor er krafta som verkar på partikkel q_2 fra q_1 ? Angje krafta som ein vektor uttrykt ved storleikane q_1 , q_2 , a , b og ϵ_0 .
- Kva er det elektriske feltet i punktet $(0, c, 0)$? Angje feltet som ein vektor uttrykt ved storleikane q_1 , q_2 , a , b , c og ϵ_0 .
- Kva er potensialforskjellen mellom punkt $(0, c, 0)$ og punkt $(0, d, 0)$, uttrykt ved storleikane q_1 , q_2 , a , b , c , d og ϵ_0 ? (Hint: Det kan vere lurt å ta utgangspunkt i potensialet for ein punktladning relativt til eit punkt uendelig langt borte: $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r}$).

Anta at vi har to metalliske kuler hengt opp i tynne, isolerande snorer. Den eine kula har fått ei ladning q_1 mens den andre kula er nøytral.

- Når vi fører kulene nærme kvarandre (uten berøring) ser vi at dei tiltrekkes. Kvifor skjer dette selv om den ene kula er nøytral?
- Om vi så lar kulene berøre kvarandre vil dei sprette frå kvarandre og om vi prøver å føre dei saman igjen ser vi at kulene fr st ter kvarandre. Kvifor skjer det?

Oppgåve 2

Anta at vi har to parallelle, uendeleg store plater med ei overflateladning (ladning per areal) $+\sigma$ på den ene og $-\sigma$ på den andre og ein avstand d mellom platene.

- Bruk Gauss lov til å vise at det elektriske feltet inni platene er gitt ved $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$. Kva er det elektriske feltet utenfor platene?
- Kva er potensialforskjellen mellom platene?

Oppgåve 3

Ein bil med masse m starter i ro ved $t = 0$ og f r så ein akselerasjon gitt av $a(t) = c_1 t - c_2 t^3$.

- Kor langt har bilen flyttet seg ved tidet $t = t'$?
- Om vi antar at all effekten fra motoren går med til å skyve bilen fremover og at vi ikkje har nokon friksjon, finn eit uttrykk for kor stor effekt motoren genererer n r akselerasjonen er gitt av uttrykket over.

Oppgåve 4

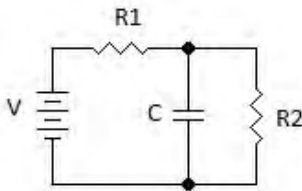
Ein bil med masse $m = 1500$ kg og med hastighet på 30 m/s kolliderer med ein fjellvegg. Bilen stanser i løpet av 0.5 s. Anta at krafta som virker på bilen under kollisjonen er konstant

- Kor stor er den totale impulsen som verkar på bilen gjennom kollisjonen?
- Kor stor er krafta som verkar gjennom kollisjonen?
- Forklar ved hjelp av impulsoverføring kvifor ein tung koffert bør ligge inntil baksiden av seteryggen i en stasjonsvogn.

Oppgåve 5

Ein planet med masse m_1 roterer rundt ei mye større stjerne med masse m_2 i ein avstand r .

- Kva er rotasjonsperioden for planeten? (for uniform sirkelbevegelse gjelder $a_r = v^2/r$).



Figur 1: Krets for oppgave 9b)

Oppgave 6

Ein person står på skøyter på ein friskjonsfri isflate. Han drar i et tau som går rundt en trinse som er festet i ein vegg. Den andre enden av tauet går frå trinsa og tilbake til personen og er festet til beltet hans.

- Om personen drar med ei kraft F i tauet, kva blir akselerasjonen hans?
- Kor mye arbeid har personen gjort når han har beveget seg ein lengde s ?

Oppgave 7

Vi har ein masse m som er hengt opp i en fjær som henger i taket. Fjærkonstanten er k og responsen følger Hooks lov ($F = -kx$). Anta at fjæren er masseløs og all bevegelse er friksjonsfri. Vi trekker massen ned ein lengde A fra likevektsposisjonen og slipper den

- Kva er den største hastigheiten som massen har i løpet av ein svingesyklus (Hint: kan være lurt å fyrst rekne ut den potensielle energien som funksjon av posisjon)?

Oppgave 8

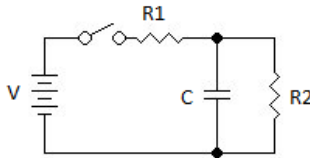
- Basert på dine fysiske intuisjon, ranger fylgjande matrialar etter lydshastighet: bly, vann, aluminium og luft. Forklar rangeringen.

Anta at vi eksiterer stående bølger i ein orgelpipe med lengde L (som er lukket i den eine enden og open i den andre).

- Kva blir bølglengden til dei to modene med lågast frekvens?
- Kor i pipen er trykkamplituden størst for moden med lågast frekvens?
- Bølgjehastigheiten i luft er 300 m/s . La $L = 1 \text{ m}$. Kva blir frekvensen til lydbølgjen som kommer ut av orgelpipen for kvar av dei to lågaste modene?

Oppgave 9

- Vis at for seriekoblinger er ekvivalent motstand $R_{\text{eff}} = R_1 + R_2 + \dots$
- Anta at kretsen i figur 1 har stått på lenge og nådd likevekt (symbolet lengst til venstre er ein standard spenningskilde). R_2 representerer en lyspære. Kor mye effekt omsettes i lyspæren (Hint: $P = VI$)? $R_1 = 10 \text{ Ohm}$, $R_2 = 100 \text{ Ohm}$, $V = 10\text{V}$, $C = 10 \mu\text{F}$.
- Kva er spenninga over kondensatoren?



Figur 2: Krets for oppgave 9d)

- d) Vi introduserer så ein bryter i kretsen som vist i figur 2. Anta at bryteren har vært åpen lenge. Om vi nå lukker bryteren vil det ta litt tid før lyspæren begynner å lyse. Dersom vi auker kapasitansen på kondensatoren, vil det ta lengere eller kortere tid før lyspærene lyser? Vil den lys sterkere, svakere eller likt? Begrunn svaret.

Oppgåve 10

Du er teknisk sjef i eit investeringsselskap. Ein industridesigner kjem til deg og ønsker at du skal investere 10 millioner i et kjøleskap han har laget som kan fjerne opptil 100 kJ/min i varme fra kjøleskapet og at maksimal effekt er 100 W (når det er 4°C i kjøleskapet og 22°C i rommet kor kjøleskapet står). Før du bestemmer deg gjør du nokon utrekninger:

- Vis at varme overført når ein ideell gass ekspanderer isotermt frå V_1 til V_2 er $Q = nRT \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$ (Hint: for ein ideell gass er indre energi bare avhengig av temperaturen...også er det lurt å kunne termodynamikkens først lov).
- Vis at $\frac{|Q_C|}{|Q_H|} = \frac{T_C}{T_H}$ for ein Carnot-syklus, der C og H referer til henholdsvis den kalde og varme isoterme delen av syklusen (Hint: kan være lurt å anta ein ideell gass ($pV = nRT$) og bruke at $TV^{\gamma-1} = \text{konstant}$ for ein adiabatisk prosess)
- Kjølekoefisienten for eit kjøleskap er $K = \frac{|Q_C|}{|W|}$. Vis at for eit kjøleskap drevet av en Carnot-syklus er $K = \frac{T_C}{T_H - T_C}$.
- Sparker du designeren på dør eller vil du vurdere prosjektet nærmere? Avgjersla må underbygges slik at du kan rettferdiggjere ho overfor direktøren (som verken vil være nøgd med å kaste bort 10 millioner eller gå glipp av ei god investering).

ENGLISH

NORWEGIAN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF PHYSICS

Contact during exam:
Magnus Borstad Lilledahl
Phone:
73591873 (office)
92851014 (cell)

EXAM IN TFY 4102

May 31st 2012
09.00-13.00 (4 hours)

Allowed aids: C

Specified printed text: Karl Rottmann, Matematisk formelsamling. Specified simple calculator allowed.

General information

There are quite a few problems in this exam and they do not necessarily come in increasing level of difficulty so if you get stuck on a problem, do not hesitate too long before proceeding. The exam is 4 pages: 1 front page and 3 pages with a total of 10 problems.

Part 1

Problem 1

Assume that we have a particle with charge q_1 at the point $(a, 0, 0)$, and a particle with charge q_2 at the point $(b, 0, 0)$, $b > a$.

- How big is the force which acts on particle q_2 from q_1 ? Express the force as a vector in terms of the variables: q_1 , q_2 , a , b and ϵ_0 .
- What is the electric field at the point $(0, c, 0)$? Express the field as a vector in terms of q_1 , q_2 , a , b , c and ϵ_0 .
- What is the potential difference between the point $(0, c, 0)$ and the point $(0, d, 0)$, express in terms of the variables: q_1 , q_2 , a , b , c , d og ϵ_0 ? (Hint: It might be wise to start with the potential for a point charge relative to a point at infinity, $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r}$).

Assume that we have two metallic spheres, suspended by thin insulating threads. One of the spheres has recieved a charge q_1 while the other sphere is neutral.

- When we bring the spheres close together (without touching) we observe that they attract. Why does this occur, even though one of the spheres is neutral?
- If we let the spheres thouch they will suddenly move appart and if we try to bring them togheter again, we see that they repell. Why does this happen?

Problem 2

Assume that we two infinitely large plates with a surface charge (charge per area) of $+\sigma$ on one of the plates and $-\sigma$ on the other and a distance d between the plates.

- Use Gauss' law to show that the electric field inside the plates is given by $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$. What is the electric field outside the plates? The answer must be justified.
- What is the potential difference between the plates?

Problem 3

A car with mass m starts from rest at time $t = 0$ and has an acceleration given by $a(t) = c_1t - c_2t^3$.

- How far has the car moved at time $t = t'$
- If we assume that all the power from the engine is used to push the car forward and that we have no friction, find and expression for the power generated by the engine when the acceleration is given by the expression above.

Problem 4

A car with a mass of $m = 1500$ kg and a velocity of 30 m/s collides with a rock wall. The car comes to rest 0.5 s after the collision starts. Assume that the force acting on the car during the collision is constant.

- What is the magnitude ot the total impulse that acts on the car during the collision?
- What is the magnitude of the force that acts throughtout the collision?
- Explain using impulse (transfer of momentum) why a heavy suitcase should be placed touch- ing the back of the backseats in a station wagon and not towards the back hatch door.

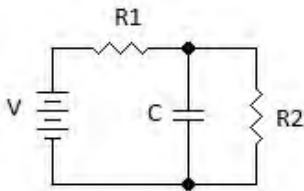


Figure 1: Circuit for problem 9 b)

Problem 5

A planet with mass m_1 rotates at a distance r around a much larger star with mass m_2 .

- What is the rotational period for the planet (for uniform circular motion we have the relation $a_r = v^2/r$).

Problem 6

A person is wearing a pair a skates and is standing on frictionless surface. He pulls at a rope which goes around a pulley attached to a wall. The other end of the rope that comes back from the pulley is attached to the persons belt.

- If the person pulls at the rope with a force F , what will his acceleration be?
- How much work has the person done when he has moved a distance s ?

Problem 7

Assume that we have a mass m hanging from a spring which is attached to the ceiling. The spring constant is k and the spring obeys Hooks law ($F = -kx$). Assume that the spring is massless and that all movement is friction free. We pull the mass down a distance A from the equilibrium position and let it go.

- What is the maximum velocity the mass has during one cycle of the oscillation (Hint: it might be wise to first calculate the potential energy as a function of position)?

Problem 8

- Based on your physical intuition, order the following materials according to the speed of sound in the materials: lead, water, aluminium, and air. Explain your ordering.

Assume that we excite standing waves in an organ pipe with a length L which is closed in one end and open in the other.

- What is the wavelength of the two modes with the lowest frequencies?
- Where in the pipe is the pressure amplitude for the lowest mode at its maximum?
- The speed of sound in air is 300 m/s. Let $L = 1$ m. What is the frequency of the emitted sound for the two lowest modes?

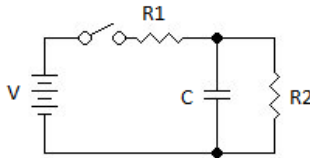


Figure 2: Circuit for problem 9 d)

Problem 9

- Show that for a series connections the equivalent resistance is $R_{\text{eff}} = R_1 + R_2 + \dots$
- Assume that the circuit in figure 1 has been on for a long time and reached equilibrium (the symbol on the left is a standard voltage source). R_2 represents a light bulb. How much power is converted in the light bulb (Hint: $P = VI$)? $R_1 = 10 \text{ Ohm}$, $R_2 = 100 \text{ Ohm}$, $V = 10\text{V}$, $C = 10 \mu\text{F}$.
- What is the voltage over the capacitor?
- We introduce a switch in the circuit as shown in figure 2. Assume that the switch has been open for a long time. If we now close the switch, it will take some time before the bulb (represented by R_2) begins to glow. If we increase the capacitance of the capacitor, will the time it takes for the bulb to start glowing increase, decrease or stay the same Will the bulb glow brighter, dimmer or stay the same once it reaches equilibrium? Justify your answer.

Problem 10

You are chief technology officer in a venture capital firm. An industrial designer comes to you and wants you to invest 10 million in a new fridge he has designed which can remove up to 100 kJ/min from the fridge and that the maximum power used is 100 W (when the temperature in the fridge is 4°C and 22°C in the room outside the fridge). Before deciding, you choose to do a few calculations:

- Show that heat transferred when an ideal gas expands isothermally from V_1 til V_2 is $Q = nRT \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$ (Hint: for an ideal gas the internal energy is only dependent on the temperature...and it is good to know the first law of thermodynamics).
- Show that $\frac{|Q_C|}{|Q_H|} = \frac{T_C}{T_H}$ for a Carnot cycle, where subscripts C and H refer to the cold and hot part of the cycle (Hint: It might be wise to assume an ideal gas ($pV = nRT$) and use that $TV^{\gamma-1} = \text{constant}$ for an adiabatic process).
- The coefficient of refrigeration for a fridge is $K = \frac{|Q_C|}{|W|}$. Show that for a fridge using a Carnot cycle, $K = \frac{T_C}{T_H - T_C}$.
- Do you kick out the designer or will you examine his project in more detail. The decision must be justified to your CEO (who will not be pleased by loosing 10 million, nor missing out on a valuable investment).