



Tentamen i Fysik TFYA86

Tisdag 2019-06-04 kl. 14:00-19:00

Tillåtna hjälpmedel: Medtaget formelblad med handskrivna anteckningar
Physics handbook
Avprogrammerad räknedosa enligt IFM:s regler.

Lösningförslag läggs ut på kursens Lisam-sida efter tentamen.

Införda beteckningar skall definieras, ekvationer motiveras och numeriskt svar alltid utskrivas med korrekt enhet.

Alla steg i lösningarna måste kunna följas.

Lösningar skall, där det är motiverat, åtföljas av figur.

Skriv bara på ena sidan av varje blad, och endast en uppgift per blad.

Skriv ID-nr och kurskod på varje inlämnat blad.

Tentamen består av en del med elektromagnetism (uppgift A1-A5), en del med optik (uppgift B6-B7) och en del med modern fysik (uppgift C8-C9). Första uppgiften i varje del består av 4 stycken teorifrågor som ger 0,5 p vardera. Övriga problem ger även de maximalt 4p, så den maximala poängen är alltså 30. För godkänt krävs totalpoäng enligt nedan, samt minst 2p på varje del. Bonuspoäng från duggan kan endast tillgodoräknas för att nå godkänt betyg (12p).

Preliminära betygsgränser:

3: 12-17,5

4: 18-23,5

5: 24-30

Lycka till!

Electric field of various symmetric charge distributions: The following table lists electric fields caused by several symmetric charge distributions. In the table, q , Q , λ , and σ refer to the magnitudes of the quantities.

Charge Distribution	Point in Electric Field	Electric Field Magnitude
Single point charge q	Distance r from q	$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$
Charge q on surface of conducting sphere with radius R	Outside sphere, $r > R$	$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$
	Inside sphere, $r < R$	$E = 0$
Infinite wire, charge per unit length λ	Distance r from wire	$E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{r}$
Infinite conducting cylinder with radius R , charge per unit length λ	Outside cylinder, $r > R$	$E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{r}$
	Inside cylinder, $r < R$	$E = 0$
Solid insulating sphere with radius R , charge Q distributed uniformly throughout volume	Outside sphere, $r > R$	$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2}$
	Inside sphere, $r < R$	$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qr}{R^3}$
Infinite sheet of charge with uniform charge per unit area σ	Any point	$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$
Two oppositely charged conducting plates with surface charge densities $+\sigma$ and $-\sigma$	Any point between plates	$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$
Charged conductor	Just outside the conductor	$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$

Magnetic fields due to current distributions: The table lists magnetic fields caused by several current distributions. In each case the conductor is carrying current I .

Current Distribution	Point in Magnetic Field	Magnetic-Field Magnitude
Long, straight conductor	Distance r from conductor	$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$
Circular loop of radius a	On axis of loop	$B = \frac{\mu_0 I a^2}{2(x^2 + a^2)^{3/2}}$
	At center of loop	$B = \frac{\mu_0 I}{2a}$ (for N loops, multiply these expressions by N)
Long cylindrical conductor of radius R	Inside conductor, $r < R$	$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \frac{r}{R^2}$
	Outside conductor, $r > R$	$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$
Long, closely wound solenoid with n turns per unit length, near its midpoint	Inside solenoid, near center	$B = \mu_0 n I$
	Outside solenoid	$B \approx 0$
Tightly wound toroidal solenoid (toroid) with N turns	Within the space enclosed by the windings, distance r from symmetry axis	$B = \frac{\mu_0 N I}{2\pi r}$
	Outside the space enclosed by the windings	$B \approx 0$

Del A. Elektromagnetism

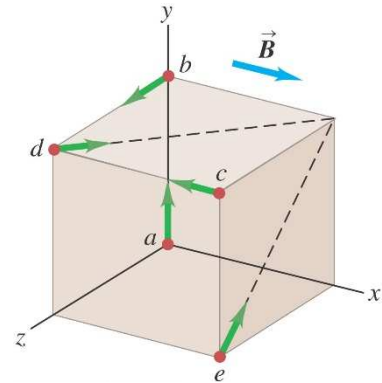
Uppgift A1, teori (2p)

Frågorna nedan ger 0,5 p var vid korrekt svar. Det räcker att ange svarsalternativ. Fler än ett alternativ kan vara rätt! Samtliga korrekta alternativ måste anges för att få poäng. Minuspoäng tillämpas ej. Om någon fråga är oklar eller ni vill förtydliga något, skriv en textkommentar.

I. Vilket/vilka av de följande påståendena om Gauss sats är sanna?

- a) Gauss sats gäller bara för symmetriska laddningsfördelningar, till exempel sfärer eller cylindrar.
- b) Det elektriska flödet genom en gaussisk yta beror enbart på mängden laddning innanför ytan, inte dess storlek eller form.
- c) Om ingen laddning innesluts av en gaussisk yta måste det elektriska fältet vara noll på alla punkter av ytan.
- d) Om en gaussisk yta är helt innesluten i en elektrostatisk ledare måste det elektriska fältet vara noll på alla punkter på ytan.

II. De fem prickarna i hörnen representerar positiva laddningar som rör sig med hastigheten v i de riktningar som pilarna visar. Samtliga laddningar rör sig i ett homogent magnetfält riktat enligt figuren.

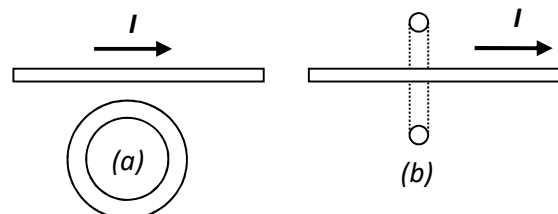


Ange om laddningarna a , b och c utsätts för en magnetisk kraft och, om så är fallet, kraftens riktning.

III. Du har två ledare med samma längd och samma material där den ena har den dubbla radien jämfört med den andra. Samma potential läggs på båda ledarna. Vilket/vilka av påståendena nedan är sanna?

- a) Strömmen är lika stor i båda ledarna.
- b) Strömtätheten är lika stor i båda ledarna.
- c) Elektronerna har samma driftshastighet i båda ledarna.
- d) Det elektriska fältet är lika stort i båda ledarna.

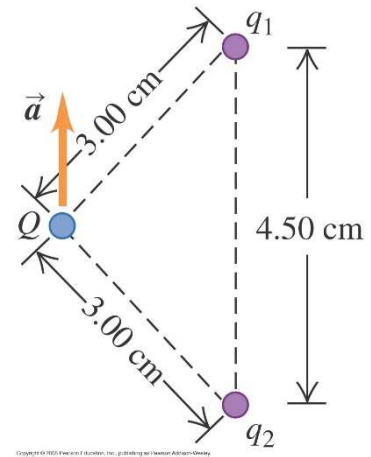
IV. En ledande ring placeras antingen i samma plan som en rak ledare (a) eller med sitt plan vinkelrätt mot ledarens axel som i (b) och med ledaren genom centrum. Vilket/vilka av påståendena nedan gäller?



- a) Om strömmen I ökar induceras en ström i ring (a).
- b) Om strömmen I är konstant induceras en ström i ring (a).
- c) Om strömmen I ökar induceras en ström i ring (b).
- d) Om strömmen I är konstant induceras en ström i ring (b).

Uppgift A2

Två punktladdningar q_1 och q_2 är fixerade 4,50 cm från varandra enligt figuren. En tredje laddning $Q = -1,75 \mu\text{C}$ med massan 5,00 g hålls först stilla på ett avstånd av 3,00 cm från de andra laddningarna enligt figuren. När laddningen Q sedan släpps fritt rör den sig till en början med en acceleration av 324 m/s^2 uppåt och parallellt med linjen som sammanbinder q_1 och q_2 .



- a) Ange tecknet på q_1 respektive q_2 och förhållandet mellan deras storlek. Svaret måste motiveras! (1p)
- b) Beräkna värdet på q_1 och q_2 . (3p)

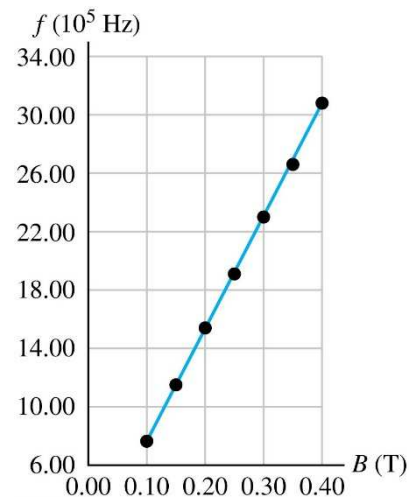
Uppgift A3

En kondensator utgörs av en 1,0 m lång koaxialkabel består av en cylindrisk inre kabel med radie 1,1 mm och en yttre ihålig, cylindrisk ledare med innerradie 1,3 mm. Kabeln har linjeladdningstätheten $8,8 \mu\text{C/m}$ och när volymen mellan kabeln och den yttre ledaren är fylld med ett dielektrikum minskar spänningen med 6000 V.

- a) Bestäm kapacitansen för kondensatorn då inget dielektrikum är mellan ledarna. (3p)
- b) Beräkna värdet på den dielektriska konstanten. (1p)

Uppgift A4 (4p)

En tekniker testar funktionen hos en cyklotron (en partikelaccelerator där partiklar accelereras med hjälp av magnetfält). En alfapartikel rör sig i en cirkulär bana i ett magnetfält som är riktat vinkelrätt mot partikelns hastighet. Teknikern mäter antalet varv per sekund (frekvensen) som alfapartikeln roterar som funktion av magnetfältets styrka, se figuren. Cyklotronfrekvensen $\omega = \frac{qB}{m}$.



- a) Beräkna cyklotronfrekvensen för en proton och för en elektron om magnetfältet har storleken 0,300 T. (1p)
- b) Använd informationen i figuren och beräkna kvoten mellan laddning och massa hos alfapartikeln. Partikeln har laddningen $+2e$. Hur stor är alfapartikelns massa? (2p)
- c) Beräkna hastigheten och den kinetiska energin hos en alfapartikel om den rör sig i en bana med radien 12,0 cm i ett magnetfält med storleken 0,300 T. (1p)

Uppgift A5 (4p)

Du och en kompis är stadens enda överlevare efter en zombieattack. För att kommunicera med omvärlden behöver ni få ström, men kraftverket har slutat fungera. I en övergiven elaffär hittar ni elektriska komponenter, 900 m kabel men inga magneter. Ni drar slutsatsen att det enda sättet är att få ström är att skapa en generator med hjälp av jordens magnetfält vilket på platsen ni befinner er är $7,8 \cdot 10^{-5}$ T riktat parallellt med marken. I en park hittar ni fyra träd som står i en fyrkant med avståndet 5 m mellan varje träd och kan därmed tillverka en spole med kvadratisk tvärsnitt som ni kan rotera med stor hastighet. Ni uppskattar att ni kan rotera spolen med 25 varv per minut genom att veva på ett handtag. För att kommunicera med omvärlden krävs att ni uppnår en maximal emf på minst 10,0 V.

- a) Beräkna den maximala emf:en för er uppställning. Kommer ni att kunna kommunicera med andra överlevande? Motivera ditt svar. (3p)**
- b) Vilken är den största hastigheten en punkt på spolen kommer att ha när den roterar? Kommentera gärna om er uppställning möjlig i praktiken. (1p)**

Del B. Optik

Uppgift B6, teori (2p)

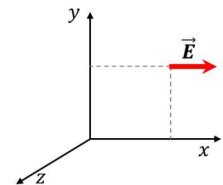
Frågorna nedan ger 0,5p var vid korrekt svar. För flervalfrågorna räcker det att ange svarsalternativ. Fler än ett alternativ kan vara rätt! Samtliga korrekta alternativ måste anges för att få poäng. Minuspoäng tillämpas ej. Om någon fråga är oklar eller ni vill förtydliga något, skriv en textkommentar. För de öppna frågorna räcker det med korta fritextsvar (ca 1-3 meningar).

I. Vilket/vilka påståenden är korrekta för en plan elektromagnetisk våg?

- a) B-fältet är fasförskjutet 90° mot E-fältet
- b) Det elektriska fältet är alltid vinkelrät mot utbredningsriktningen
- c) Amplituden på det elektriska fältet är oberoende av amplituden hos det magnetiska fältet
- d) Energiflödet hos vågen beror av dess frekvens
- e) Vågens utbredningshastighet är lika stor i alla medier

II. En ljusstråle infaller från vatten ($n = 1,33$) mot ett material med brytningsindex 1,50. Strålen träffar ytan med infallsvinkeln θ . Kommer brytningsvinkeln att vara större eller mindre än infallsvinkeln?

III. En elektromagnetisk våg utbreder sig i positiv y-riktning. Figuren visar riktningen på det elektriska fältet vid en viss tidpunkt. Vid samma tidpunkt, i vilken riktning är det magnetiska fältet riktat?



IV. Ett interferensmönster syns på en skärm placerad bakom en dubbelspalt med spaltavståndet d . Om du byter ut dubbelspalten mot ett gitter med 100 linjer med avståndet d emellan linjerna, hur förändras mönstret på skärmen?

- a) Fler ljusa fransar syns på skärmen
- b) Lika många ljusa fransar syns på skärmen
- c) Färre ljusa fransar syns på skärmen
- d) Bredden på de ljusa fransarna ökar
- e) Bredden på de ljusa fransarna ändras inte
- f) Bredden på de ljusa fransarna minskar

Uppgift B7

Under vatten har radiovågor svårt att fortplanta sig på grund av absorption i vattnet. Ubåtar kommunicerar därför ofta med långvågssignaler vilka absorberas till mindre grad. En antenn sänder ut långvågssignaler med frekvensen 50 kHz med effekten 200 kW under vattnet. Antennen sänder ut den elektromagnetiska strålningen jämt i alla riktningar. Vattnets relativa permittivitet är 80,4 och dess relativa permeabilitet kan antas vara 1.

a) Bestäm den elektromagnetiska vågens utbredningshastighet under vattnet. (1p)

b) En ubåt befinner sig 500 m ifrån antennen. Hur stor är amplituden på det elektriska fältet på den elektromagnetiska strålningen som ubåten mottar? (2p)

c) En likadan antenn befinner sig 2 km ifrån den första antennen. De två antennerna sänder ut radiovågor av samma frekvens i fas med varandra. En ubåt passerar längs en linje parallellt med de två antennerna. Kommer ubåten att märka av någon radioskugga då den passerar antennerna? Motivera ditt svar med beräkningar. (1p)



●
Antenn 1

●
Antenn 2

Del C. Modern fysik

Uppgift C8 (2p)

Frågorna nedan ger 0,5p var vid korrekt svar. För flervalfrågorna räcker det att ange svarsalternativ. Fler än ett alternativ kan vara rätt! Samtliga korrekta alternativ måste anges för att få poäng. Minuspoäng tillämpas ej. Om någon fråga är oklar eller ni vill förtydliga något, skriv en textkommentar. För de öppna frågorna räcker det med korta fritextsvar (ca 1-3 meningar).

I. För två sammanflätade fotoner, vilket/vilka av följande påståenden är sant?

- a) Fotonerna har samma våglängd
- b) När polarisationen för den ena fotonen detekteras påverkar det polarisationen hos den andra fotonen.
- c) Fotonerna färdas alltid i samma riktning
- d) Fotonernas polarisation är alltid lika, även efter de detekterats
- e) Effekten av sammanflätningen avtar med tid.

II. Vilket/vilka av följande påståenden är sant?

- a) En foton har en rörelsemängd som beror av dess hastighet.
- b) En foton har en energi som beror av dess frekvens.
- c) En elektron som frigörs från en metallplatta i ett fotoelektriskt experiment har en kinetisk energi som beror av ljusets våglängd.
- d) En elektron som frigörs från en metallplatta i ett fotoelektriskt experiment har en våglängd som beror av ljusets våglängd.

III. Förklara kortfattat varför strömmen i kretsen begränsas när en diod kopplas med ett backspänningsfall men inte då den kopplas med framspänningsfall.

IV. Ge ett exempel på hur du skulle kunna dopa Si för att få en n-dopad halvledare. Motivera valet av dopningsämne.

Uppgift C9

En tillverkare av halvledar-lasrar hävdar att de kan tillhandahålla världens kortaste pulslängd för en viss typ av infraröd laser. Lasern har våglängden 950 nm och dess pulslängd är 2,5 ns.

a) Beräkna osäkerheten i energi för en foton som avges från lasern. (2p)

b) Du vill använda lasern för att excitera elektroner i en ren kiselkristall från valensbandet till ledningsbandet. Energigapet för kisel är 1,14 eV. Är det möjligt att använda lasern och spelar osäkerheten i energi någon roll? (1p)

c) Julia ska köpa en UV-laser för att bestämma utträdesfunktionen hos ett antal metaller genom den fotoelektriska effekten och väljer mellan två 266 nm-lasrar, en med effekten 10 mW och en med effekten 300 mW. Hon är osäker på om effekten har någon betydelse för vilka metaller hon kan mäta på, tabellen visar de metaller hon är intresserad av. Hjälp Julia att ta reda på vilken laser hon bör välja samt om hon kan bestämma utträdesfunktionen för alla metallerna i tabellen.

Vilka av metallerna i tabellen kan hon räkna med att göra framgångsrika experiment på? Spelar det någon roll vilken laser hon väljer? (1p)

Metall	Utträdesfunktion (eV)
Guld	4,83
Järn	4,63
Koppar	4,84
Tantal	4,13
Titan	3,87
Silver	4,54