



## Tentamen i Fysik TFYA86

Onsdag 2019-11-01 kl. 8:00-13:00

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 maximalt 4p, så den totala poängen är 30 p. För godkänt krävs totalpoäng enligt nedan, samt minst 2p på varje del. Bonuspoäng från testerna kan endast tillgodoräknas för att nå godkänt betyg.

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,  $q$ ,  $Q$ ,  $\lambda$ , and  $\sigma$  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 $\lambda$	Distance $r$ from wire	$E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{r}$
Infinite conducting cylinder with radius $R$ , charge per unit length $\lambda$	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 $\sigma$	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  $I$ .

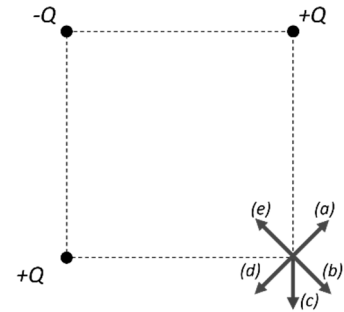
Current Distribution	Point in Magnetic Field	Magnetic-Field Magnitude
Long, straight conductor	Distance $r$ from conductor	$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$
Circular loop of radius $a$	On axis of loop	$B = \frac{\mu_0 I a^2}{2(x^2 + a^2)^{3/2}}$
	At center of loop	$B = \frac{\mu_0 I}{2a}$ (for $N$ loops, 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. Vilken riktningsvektor representerar bäst det elektriska nettofältet från de tre punktladdningarna i det fjärde hörnet av kvadraten?



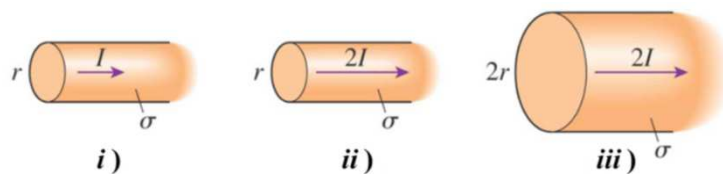
II. En ensam  $+$  laddning befinner sig inuti en ballong. Vilket påstående nedan gäller för nettoflödet av det elektriska fältet genom ballongens yta,  $\Phi_E$ ?

- a)  $\Phi_E$  ökar när ballongen blåses upp och blir större.
- b)  $\Phi_E$  minskar när ballongen blåses upp och blir större.
- c)  $\Phi_E$  påverkas ej av att ballongen blåses upp och blir större.
- d) Informationen räcker ej för att veta hur  $\Phi_E$  påverkas när ballongen blåses upp och blir större.

III. Vilket/vilka av följande påståenden rörande en laddad partikel placerad i ett magnetfält är sanna?

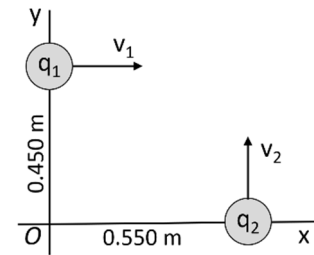
- a) En magnetisk kraft utövas på partikeln endast om den är i rörelse.
- b) Kraften är maximal om partikeln rör sig i magnetfältets riktning.
- c) Den magnetiska kraften påverkar partikelns kinetiska energi.
- d) Den magnetiska kraften på partikeln är riktad i magnetfältets riktning.
- e) Ett magnetfält utövar alltid en kraft på en laddad partikel.

IV. Rangordna de tre ledarnas strömtätheter från högst till lägst. Konduktiviteten är densamma för alla ledare.



**Uppgift A2 (4p)**

Punkt-laddningarna  $q_1 = 8,00 \mu\text{C}$  och  $q_2 = -5,00 \mu\text{C}$  rör sig med hastigheterna  $v_1 = 9,00 \cdot 10^4 \text{ m/s}$  och  $v_2 = 6,50 \cdot 10^4 \text{ m/s}$  med riktningar givna i figuren.



**Beräkna det resulterande magnetfältets storlek och riktning i origo när partiklarna befinner sig på positionerna illustrerade i figuren.**

**Uppgift A3 (4p)**

Du har en pingisboll (ihålig celluloidplast) med diameter 44 mm. Bollens vägg har en försumbar tjocklek och bollen är fylld med en gas som har en nettoladdning.

**a) Hur många överskottselektroner måste fördelas jämnt inuti pingisbollen för att ge upphov till ett elektriskt fält med elektrisk fältstyrka 5410 V/m precis utanför bollens yta? (1p)**

**b) Bestäm den elektriska fältstyrkans storlek och riktning (riktningen anges i förhållande till bollens yta) (i) 1,0 cm innanför bollväggen och (ii) 8,0 cm utanför bollväggen. (3p)**

**Uppgift A4 (4p)**

Magnetisk resonanstomografi (MR) är en medicinsk teknik som används för att avbilda kroppen och upptäcka exempelvis cancertumörer. Patientens kroppsdel placeras i en spole som är 40 cm i diameter och 1,0 m lång. En 100 A stor ström skapar ett 5,0 T stort B-fält inuti spolen. För att inte skada patienten är det viktigt att magnetfältet inte stängs på eller av för snabbt. Kroppsvätskor är ledande och en förändring i magnetfältet kan leda till att strömmar går genom patienten. Antag att patienten har en typisk tvärsnittsarea om  $0,060 \text{ m}^2$ .

**a) Hur många varv har spolen? (1p)**

**b) Vilket är det minsta tidsintervall som kan användas för att stänga på eller av magnetfältet om den inducerade emf:en i patientens kropp inte ska överstiga 0,10 V? (3p)**

**Uppgift A5 (4p)**

Dynamiskt minne eller Dynamiskt RAM (DRAM) är ett flyktigt läs- och skrivbart datorminne som ofta används som arbetsminne och i grafikort till datorer. Varje minnescell består av en kondensator med kapacitansen 35 fF ( $1 \text{ fF} = 1 \cdot 10^{-15} \text{ F}$ ). Varje cell representerar ett binärt värde där 1 är när den är laddad vid 1,5 V och 0 när den är oladdad vid 0 V.

**a) Hur många överskottselektroner finns på den negativa kondensatorplattan då kondensatorn är fulladdad? (1p)**

**b) När kondensatorn är fulladdad läcker den med ca 0.30 fC/s. Hur lång tid tar det för kondensatorn att förlora 2,0 % av sin potential? (1p)**

Antag att kondensatorn är en parallell-plattkondensator där plattorna separeras av ett 2,0 nm tjockt dielektriskt lager med dielektricitetskonstanten  $K = 25$ .

**c) Bestäm arean (i  $\mu\text{m}^2$ ) av en kondensatorplatta. (1p)**

**d) Om kondensatorplattans area motsvarar halva arean av en minnescell, hur många megabytes minne kan placeras på en  $3,0 \text{ cm}^2$  kiselwafer? (1 byte = 8 bit). (1p)**

## Del B. Optik

### Korrigerig av felaktiga uttryck i formelbladet:

<b>Dubbelspalt</b>	
Villkor för konstruktiv interferens	$d \sin \theta = m\lambda, m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$
<b>Enkelspalt</b>	
Intensitet i diffraktionsmönster	$I = I_0 \left\{ \frac{\sin[\pi a(\sin \theta)/\lambda]}{\pi a(\sin \theta)/\lambda} \right\}^2$
<b>Elektromagnetisk våg</b>	
Brytningsindex	$n = \frac{c}{v} = \sqrt{K K_m}$

### Uppgift B6, teori (2p)

I. Två källor sänder ut ljus cirkulärt i alla riktningar. Källorna sänder ut ljuset i fas. För att få konstruktiv interferens i en punkt P krävs att

- Skillnaden i avstånd till P från de båda källorna är ett jämnt antal våglängder.
- Ljuset från de båda källorna har samma intensitet.
- P ligger på en rät linje mellan källorna.
- Att P och de båda källorna bildar en rätvinklig triangel.

II. Ljus med våglängden  $\lambda$  och frekvensen  $f$  passerar genom en enkelspalt och diffraktionsmönstret fångas på en skärm placerad på avståndet  $D$  från spalten. Vilken/vilka av följande förändringar gör att bredden på det centrala maximumet minskar?

- Minska spaltöppningen.
- Minska ljusets frekvens.
- Minska ljusets våglängd.
- Minska avståndet mellan spalten och skärmen.

III. Mikrovågor har en våglängd i storleksordningen cm. Linjärt polariserade mikrovågor kan stoppas med ett metallgaller där avstånden mellan metallpinnarna är i samma storleksordning som mikrovågornas våglängd. Förklara kortfattat vad som händer då du placerar ett metallgaller framför en horisontellt polariserad mikrovåg. Kommer mikrovågorna att kunna passera gallret när metallstavarna är orienterade vertikalt eller horisontellt?

IV. En linjärt polariserad elektromagnetisk våg utbreder sig i positiv z-riktning. Dess elektriska fält svänger längs med en axel (positiv eller negativ x- eller y-axel). Bestäm de möjliga riktningarna för det elektriska och magnetiska fältet.

**Uppgift B7 (4p)**

Två antenner A och B är placerade på 150 m avstånd ifrån varandra och sänder ut radiostrålning med samma våglängd i fas med varandra. Jenny har parkerat sin bil längs den linje som sammanbinder antennerna, 40 meter ifrån antenn B.

**a) Bestäm den längsta våglängd som radiovågorna kan ha för att få konstruktiv interferens vid Jennys bil. (1p)**

**b) Antennerna sänder ut radiovågor med våglängden 9,5 m. Bestäm intensiteten av strålningen i den punkt Jenny befinner sig uttryckt i andel av den maximala intensiteten. (1p)**

Långt ifrån antennerna (så att en plan våg kan antas) står två höghus med 16 m mellanrum. Där höghusen befinner sig är radiovågornas intensitet  $5,5 \text{ W/m}^2$ .

**c) Bestäm den eller de vinklar bakom höghusen där radioskugga uppstår relativt mittlinjen mellan höghusen. (1p)**

**d) Bestäm intensiteten på strålningen vid en vinkel som är  $10^\circ$  från mittlinjen mellan höghusen. (1p)**

## Del C. Modern fysik

### Uppgift C8, teori (2p)

I. Ljus kan beskrivas som ljuspartiklar, fotoner. Vilket/vilka påståenden är korrekta för en foton som rör sig i vakuum?

- a) Fotonen har massa
- b) Fotonen kan accelereras
- c) Fotonens energi beror av dess frekvens
- d) Fotonen har rörelsemängd
- e) Fotonen är oladdad

II. Om osäkerheten i en mätning av en partikels hastighet minskar, vilket av följande påståenden är sant?

- a) Osäkerheten i mätningen av partikelns position ökar.
- b) Osäkerheten i mätningen av partikelns position minskar.
- c) Osäkerheten i mätningen av partikelns position förändras inte.
- d) Går inte att avgöra eftersom mätningarna inte påverkar varandra.

III. Förklara kortfattat vad som händer då små mängder av fosfor (P) tillsätts till en ren kiselkristall (Si). Hur påverkar det kiselkristallens ledningsförmåga?

IV. I en litiumatom har de tre elektronerna energitillstånden  $1s$ ,  $1s$ , respektive  $2s$  då atomen befinner sig i grundtillståndet. Varför kan två av elektronerna båda finnas i tillståndet  $1s$  och varför har den tredje ett annat tillstånd?

**Uppgift C9 (4p)**

Safir (aluminiumoxid,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) är en genomskinlig isolator och bandgapet mellan valensbandet och ledningsbandet är 10 eV.

Del av spektrum	Våglängd
Radiovågor	1 m – 10 km
Mikrovågor	1 mm – 1 m
Infrarött ljus	0,74 $\mu\text{m}$ – 1 mm
Synligt ljus	380 nm – 740 nm
Ultraviolet ljus	1 nm – 380 nm
Röntgenstrålning	10 pm – 1 nm

**a) Vilken del av del elektromagnetiska spektrumet måste en foton tillhöra för att kunna excitera en elektron från valensbandet till ledningsbandet? (1p)**

**b)** Safirer kan anta många olika färger, till exempel är rubiner en form av safir som är förorenat av krom. Om små mängder järn eller järn och titan tillsätts till en safirkristallen så får kristallen en blå nyans.

**Förklara kortfattat hur kristallens färg kan förändras genom att små mängder av andra grundämnen tillsätts. (1p)**



**c)** Safirkristaller dopade med titan kan också användas som lasermedium i en laser som ger rött eller infrarött ljus. Atomerna i kristallen exciteras av en grön laser vilket ger *stimulerad emission* från atomerna i den *inverterad populationen*.

**Förklara kortfattat de två kursiverade begreppen. (2p)**