



Tentamen i

Fysik (TFYA86)

Fysikaliska principer inom informationsteknologi (TFYA94)

Torsdag 2020-06-04 kl. 14:00-19:00

Tillåtna hjälpmedel: Samarbete är ej tillåtet! I övrigt är alla hjälpmedel är tillåtna.

Lösningförslag läggs ut på kursens Lisam-sida efter tentamen.

Inlämning av svaren på tentamen görs i Lisam. Om tekniska problem uppstår går det bra att skicka dem med e-post till examinator på emma.bjork@liu.se (TFYA86) eller lina.rogstrom@liu.se (TFYA94). Svaren ska lämnas in/skickas senast kl. 19:00. Inlämningen stänger 19:10. Svar på teorifrågor ska skrivas i ordbehandlingsprogram och skickas in som en fil. Lösningar på beräkningsuppgifter ska fotograferas och skickas in, helst som pdf. Om detta görs som separata filer ska dessa namnges med uppgiftens nummer.

Observera att:

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

Alla steg i lösningarna måste kunna följas.

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

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 teorifrågor som ger 1 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 , 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 (4p)

Frågorna nedan ska besvaras med korta beskrivningar (2 – 3 meningar). Varje fråga ger 1 p vid korrekt svar.

- a) Du har en golvlampa hemma som har en strömbrytare på sladden. Mellan strömbrytaren och lampan har sladden en längd på 1,5 m. När du trycker på strömbrytaren (alltså sluter den) så tänds lampan ögonblickligen. I din fysikkurs har du lärt dig att elektronernas drifhastighet i rumstemperatur är i storleksordningen $1 \cdot 10^{-4}$ m/s.
Beskriv kortfattat vad händer i sladden när du sluter brytaren som får lampan att börja lysa ögonblickligen?

När brytaren sluts så läggs ett elektriskt fält över hela ledaren, dvs elektroner överallt i ledaren påverkas av en kraft som ger dem en nettoacceleration i riktning mot det elektriska fältet. Om elektronerna skulle börja röra sig i en del av ledaren först så skulle de snabbt ge upphov till ett elektriskt fält som påverkade de andra elektronerna i ledaren så att de också började röra sig, precis som att elektronerna "knuffar" på varandra. Det innebär att elektronerna börjar röra sig samtidigt i hela ledaren.

- b) En plattkondensator är kopplad till ett 12 V-batteri så att potentialskillnaden mellan plattorna hålls konstant. Du vill minska den energimängd som lagras i kondensatorn utan att förändra potentialskillnaden emellan dem.
Beskriv två tillvägagångssätt och förklara varför laddningsmängden minskar. Du kan ändra storlek och dimensioner samt material hos din kondensator.

Den energimängd som lagras i kondensatorn ges av

$$U = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} QV$$

För att minska den lagrade energin så måste laddningsmängden på kondensatorns plattor minska. Då spänningen hålls konstant betyder det att kapacitansen måste minska. För en plattkondensator ges kapacitansen av

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

För att minska kapacitansen kan vi alltså öka avståndet mellan plattorna. Då avståndet mellan plattorna ökar så behövs mindre laddningsmängd på varje platta för att ge upphov till samma potentialskillnad mellan plattorna ($V = Ed$ där fältstyrkan E är beroende av ytladdningen hos plattorna).

Om d hålls konstant så måste den elektriska fältstyrkan också hållas konstant ($V = Ed$). För att minska laddningen på plattorna så måste också plattornas area minska så att ytladdningen σ behålls konstant ($E = \sigma/\epsilon_0$).

Om vi antar att det är luft mellan kondensators plattor från början så får det motsatt effekt att placera ett dielektriskt material mellan plattorna eftersom kapacitansen och därmed laddningen på plattorna skulle öka. Om det från början finns ett dielektriskt material mellan plattorna kan det tas bort vilket leder till att laddningen på plattorna minskar.

- c) En järncylinder ligger löst på ett bord. Då du för en permanentmagnet nära cylindern kommer den att attrahera cylindern.

Beskriv vad som händer i järncylindern.

De magnetiska dipolerna som bildas av att elektroner cirkulerar av atomkärnorna kommer att ställa in sig efter det magnetiska fältet från permanentmagneten. Magnetfältet från permanentmagneten är inhomogent och resulterar i en attraherande nettokraft.

- d) En viss typ av transformator består av två ledningar virade runt en kärna och omvandlar elektrisk energi mellan olika ström- och spänningsnivåer. Du har en uppställning som omvandlar 230 V från elnätet till 6 V för att användas i en CD-spelare. Nu vill du göra om transformatorn så att den kan användas i en ljudförstärkare som kräver 12 V istället.

Beskriv två tillvägagångssätt för att göra så att transformatorn omvandlar 230 V till 12 V istället för 6 V.

En transformator bygger på ömsesidig induktion. För att dubblera den inducerade strömmen eller emf:en i en spole kan antalet varv på spolen dubblas, dubbla tvärsnittsarean på den andra spolen, byta material i kärnan så att magnetfältet förstärks, eller flytta spolarna närmare varandra.

Uppgift A2 (3p)

I luft finns en del fria elektroner (frigörs till exempel då kosmisk strålning träffar luftens molekyler). I ett elektriskt fält kommer de fria elektronerna att accelereras. Om en elektron med tillräckligt hög energi kolliderar med en molekyl i luften kan ytterligare en elektron frigöras. Efter kollisionen accelereras två elektroner som i sin tur kolliderar med molekyler i luften vilket resulterar i en kedjereaktion. Detta sker när du får en stöt till exempel från ett dörrhandtag.

För att en elektron ska frigöras i en kollision mellan en fri elektron och en molekyl i luften krävs i genomsnitt energin $2,2 \cdot 10^{-18}$ J. En fri elektron i luft färdas i genomsnitt $1,0 \mu\text{m}$ mellan kollisioner. En elektron som frigörs från en molekyl kan antas ha hastigheten noll precis då den frigörs.

Bestäm den elektriska fältstyrka som krävs för att få en kedjereaktion.

Kommentar: På grund av ett fel i uppgiften så blir fältstyrkan orimligt stor. Rätt skulle ha varit att en elektron färdas i genomsnitt $4 \mu\text{m}$ mellan kollisioner vilket ger fältstyrkan $3,4 \text{ MV/m}$.

Lösning:

Då elektronen frigörs från molekylen har den kinetiska energin $K_0 = 0$. Den behöver accelereras så att dess kinetiska energi är $K_1 = \frac{mv_1^2}{2} = 2,2 \cdot 10^{-18}$ J. Hastigheten behöver alltså nå värdet

$$v_1 = \sqrt{\frac{2K_1}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2,2 \cdot 10^{-18}}{9,11 \cdot 10^{-31}}} = 2,198 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

Elektronen accelereras på grund av den elektriska kraft som påverkar den i det elektriska fältet. För att bestämma kraften och därigenom det elektriska fältet behöver vi beräkna accelerationen. Elektronen behöver nå hastigheten v_1 på sträckan $s = 1,0 \mu\text{m}$. Då accelerationen är konstant kan vi använda sambandet

$$v_1^2 = v_0^2 + 2as$$

Vilket ger accelerationen

$$a = \frac{v_1^2}{2s} = \frac{(2,198 \cdot 10^6)^2}{2 \cdot 1 \cdot 10^{-6}} = 2,415 \cdot 10^{18} \text{ m/s}^2$$

Den elektriska kraften som verkar på elektronen måste alltså vara

$$F = ma = 9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 2,415 \cdot 10^{18} = 2,20 \cdot 10^{-12} \text{ N}$$

Vilket ger den elektriska fältstyrkan

$$E = \frac{F}{q} = \frac{F}{e} = \frac{2,20 \cdot 10^{-12}}{1,602 \cdot 10^{-19}} = 13,7 \cdot 10^6 \text{ V/m}$$

Svar: 14 MV/m

Uppgift A3 (4p)

En cylinder med radien R och längden L har en volym-laddningstäthet som ges av $\rho = r\rho_0/R$ där ρ_0 är en konstant. Cylinderns laddningstäthet per längdenhet är λ .

- a) Bestäm konstanten ρ_0 uttryckt i R och λ .
b) Bestäm ett uttryck för det elektriska fältet inuti cylindern ($r \leq R$).

a. Cylinderns totala laddningsmängd är $Q = \lambda L$. Den totala laddningsmängden ges också av

$$Q = \int dq = \int \rho dV$$

Där $dV = 2\pi rL dr$ är volymen på ett tunt cylindriskt skal med tjocklek dr . Den totala laddningsmängden är alltså

$$Q = \int_0^R \frac{r\rho_0}{R} \cdot 2\pi rL dr = \frac{2\pi L\rho_0}{R} \int_0^R r^2 dr = \frac{2\pi L\rho_0}{R} \left[\frac{r^3}{3} \right]_0^R = \frac{2\pi L\rho_0 R^3}{R \cdot 3} = \frac{2\pi L\rho_0 R^2}{3}$$

Det ger att konstanten är

$$\rho_0 = \frac{3Q}{2\pi LR^2} = \frac{3\lambda L}{2\pi LR^2} = \frac{3\lambda}{2\pi R^2}$$

b. Välj en cylinderformad Gaussyta med $r < R$. Då är det elektriska fältet parallellt med areavektorn ($\vec{E} // \vec{A}$) vilket ger att flödet är $\Phi_E = EA$. Den inneslutna laddningen ges av $\rho \cdot V$ där $V = \pi r^2 L$ är volymen innanför Gaussytan. Det ger att

$$EA = \frac{Q_{encl}}{\epsilon_0} = \frac{\rho V}{\epsilon_0} = \frac{\frac{r\rho_0}{R} \cdot \pi r^2 L}{\epsilon_0}$$

Bryt ut fältstyrkan E och sätt in att arean för Gaussytan är $A = 2\pi rL$,

$$E = \frac{\rho_0 \cdot \pi L r^3}{\epsilon_0 R} \frac{1}{A} = \frac{\rho_0 \cdot \pi L r^3}{\epsilon_0 R} \frac{1}{2\pi rL} = \frac{\rho_0}{2\epsilon_0 R} r^2$$

Svar: a. $\rho_0 = \frac{3\lambda}{2\pi R^2}$. **b.** $E = \frac{\rho_0}{2\epsilon_0 R} r^2$.

Uppgift A4 (3p)

En elektron med den kinetiska energin 1,5 keV rör sig i det elektriska fältet mellan två parallella, laddade ytor. Det elektriska fältet är riktat nedåt och har storleken 2,4 kN/C. Ett externt magnetfält gör så att elektronen inte viker av mot endera plattan.

a) Bestäm styrka och riktning hos det minsta magnetiska fält som krävs för att elektronen inte skall avvika mot någon av plattorna. (2p)

b) Antag att det istället för en elektron är en proton som rör sig mellan plattorna. Beräkna nu det minsta magnetiska fält till storlek och riktning som krävs för att protonen skall fortsätta att röra sig horisontellt. (1p)

a) Elektronens kinetiska energi ges av

$$\frac{mv^2}{2} = K$$

Elektronens hastighet blir:

$$v = \sqrt{\frac{2K}{m}}$$

Det minsta magnetfält fås då $B \perp v$. Då blir

$$F = qBv$$

Den magnetiska kraften ska motverka den elektriska kraften

$$qE = qBv$$

Vilket ger att

$$B = \frac{E}{v} = \frac{E}{\sqrt{\frac{2K}{m}}} = \frac{2,4 \cdot 10^3}{\sqrt{\frac{2 \cdot 1,5 \cdot 10^3 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19}}{9,11 \cdot 10^{-31}}}} = \mathbf{0,10 \text{ mT}}$$

Då det elektriska fältet är riktat nedåt, vilket ger att den elektriska kraften på elektronen är riktad uppåt. Den magnetiska kraften måste vara riktad nedåt vilket ger att det minsta magnetfältet måste vara riktat åt **vänster** sett ur elektronens färdriktning.

b)

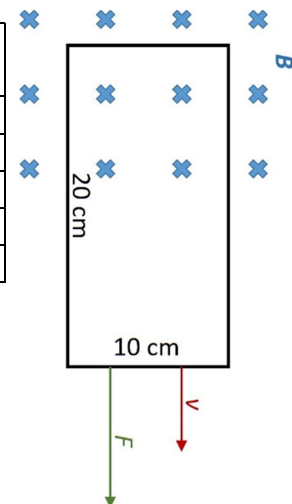
$$B = \frac{E}{v} = \frac{E}{\sqrt{\frac{2K}{m}}} = \frac{2,4 \cdot 10^3}{\sqrt{\frac{2 \cdot 1,5 \cdot 10^3 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19}}{1,67 \cdot 10^{-27}}}} = \mathbf{4,4 \text{ mT}}$$

Den elektriska kraften på protonen är riktad nedåt, vilket kräver en magnetisk kraft riktad uppåt. Detta fås då det minsta magnetfältet måste vara riktat åt **vänster** sett ur protonens färdriktning.

Uppgift A5 (4p)

Du vill undersöka storleken på ett magnetfält som är väl lokaliserat i rummet. Till din hjälp har du en rektangulär slinga som du kan förflytta med kontrollerad hastighet och en dynamometer (instrument för att mäta kraft). Du drar slingan ut ur magnetfältet och mäter samtidigt kraften och antecknar dina mätdata i tabellen till höger. Slingan har storleken 10 x 20 cm och resistansen 2,0 mΩ.

Hastighet (cm/s)	Kraft (N)
1,0	0,75
2,0	1,51
4,0	3,02
6,0	4,50
8,0	6,02



Bestäm storleken på det magnetiska fältet.

Sidan som är vinkelrät mot rörelseriktningen kommer att få en potentialskillnad, pga rörelseemf, vilket skapar en ström i slingan.

Det kommer att induceras en emf i slingan pga förändringen i magnetiskt flöde.

$$|\varepsilon| = \frac{d\Phi_B}{dt} = B \frac{dA}{dt} = Blv$$

Den inducerade strömmen i slingan blir:

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{Blv}{R}$$

Betrakta de olika delarna av slingan som befinner sig i magnetfältet. Sidan som är vinkelrät mot rörelseriktningen kommer att utsättas för en kraft:

$$F = BIl$$

där l är längden på sidan (10 cm). Krafterna på sidorna parallella med rörelseriktningen tar ut varandra pga symmetri.

$$F = BIl = Bl \frac{Blv}{R} = \frac{B^2 l^2}{R} v$$

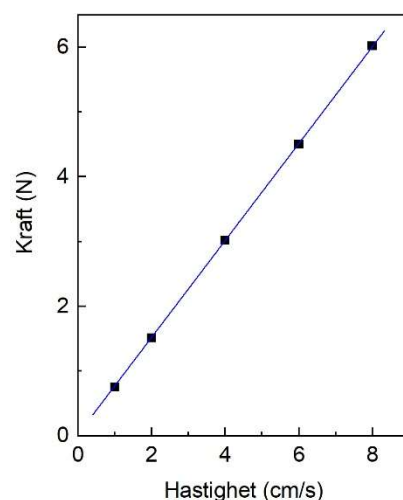
Vi gör en graf med våra data:

Lutningen ges av

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{4,50 - 1,51}{6,0 - 2,0} = 0,748 \text{ N/(cm/s)} = 74,8 \text{ Ns/m.}$$

$$\frac{B^2 l^2}{R} = 74,8$$

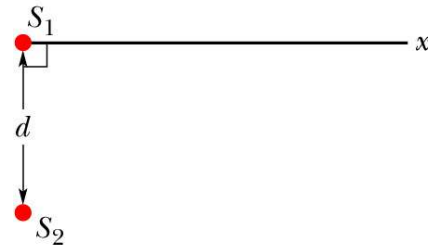
$$B = \sqrt{74,8 \frac{R}{l^2}} = \sqrt{\frac{74,8 \cdot 2,0 \cdot 10^{-3}}{0,10^2}} = 3,9 \text{ T}$$



Del B. Optik

Uppgift B6, teori (3p)

- a) S_1 och S_2 sänder ut identiska vågor som är i fas och har samma effekt. En detektor rör sig längs med x -axeln. **Beskriv hur signalens styrka varierar som funktion av detektorns position på x -axeln. Blir signalen noll vid någon position?**



Vågorna kommer att interferera och amplituden hos den resulterande vågen kommer att vara summan av amplituderna av de utsända vågorna. Konstruktiv interferens (stark signal där vågorna förstärker varandra) fås då $r_2 - r_1 = m\lambda$ där m är ett heltal. Destruktiv interferens fås då $r_2 - r_1 = (m + \frac{1}{2})\lambda$. Intensiteten hos ljudet beror på $1/r^2$. Då effekten från de båda sändarna är densamma kommer intensiteten från S_1 att vara större än intensiteten från S_2 på x -axeln. Vågorna kommer därför inte att släcka ut varandra och signalen blir aldrig noll.

- b) Om opolariserat ljus går genom två polarisationsfilter med polarisationsaxlarna orienterade 90° relativt varandra kommer inget ljus att passera genom det andra polarisationsfiltret. Om ett tredje polarisationsfilter placeras mellan de två filtren kan dock ljus passera genom det sista filtret. **Beskriv vad som händer då det tredje filtret används. Kan det passerade ljusets intensitet ökas ytterligare?**

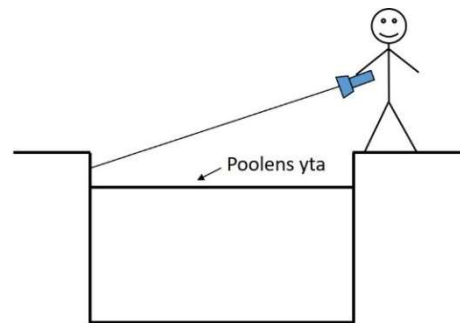
När opolariserat ljus går genom ett polarisationsfilter släpps den del av E-fältet som är riktad i polarisationsriktningen igenom och ljusets intensitet halveras. När den polariserade vågen möter ett nytt polarisationsfilter kommer delar av ljuset att passera beroende på vinkeln mellan ljusets polarisationsriktning och filtret. Komposantuppdelat ljuset och den del som är parallell med det nya filtret kommer att passera. Då vinkeln mellan filtren är 90° är storleken på komponenten som kan passera det andra filtret noll, men om vinkeln är annan kommer en del av ljuset att passera. Ljus med störst intensitet kommer att passera då vinkeln mellan de tre filtren är 45° . För att ytterligare öka intensiteten på ljuset efter polarisationsfiltren kan fler polarisationsfilter placeras mellan det första och det sista filtret.

- c) En laser sänder ut rött monokromatiskt ljus som infaller mot en enkelspalt varpå ett mönster syns på skärmen bakom spalten. **Beskriv mönstret på skärmen, varför det uppstår och hur det eventuellt förändras när du byter till en laser med grönt ljus.**

Ljuset kommer att diffraktera och skapa ett mönster med mörka och ljusa fransar på skärmen pga interferens. När parallellt ljus infaller mot en öppning kan den ses som en plan våg, men efter öppningen strålar ljuset ut åt alla håll och interfererar med sig självt. Detta kan beskrivas med Huygens princip som säger att varje partikel i en ljusvåg kan betraktas som startpunkt för ett nytt vågsystem. Mönstrets form beror på spaltens geometri. Grönt ljus har en kortare våglängd än rött ljus vilket resulterar i att mönstret kommer att tryckas ihop så att de mörka fransarna kommer tätare.

Uppgift B7 (3p)

En sen, kall kväll är du ute och går med en ficklampa längs kanten på en swimmingpool. Poolens kanter är klädda av ett material med brytningsindex 1,50. På vattnet ($n=1,33$) har det bildats ett tunt lager is ($n=1,31$). När du lyser på poolkanten ovanför vattenytan med en viss infallsvinkel planpolariseras ljuset helt.



Bestäm ljusstrålens vinkel när den propagerat ner i vattnet.

Ljuset polariseras då det infaller mot en yta med Brewstervinkeln.

$$\tan \theta_p = \frac{n_b}{n_a} = \frac{n_{poolkant}}{n_{luft}} = \frac{1,50}{1,00}$$

$$\theta_p = \tan^{-1} \frac{1,50}{1,00} = 56,31^\circ$$

Den reflekterade strålen har samma vinkel den infallande strålen mot poolens kant och propagerar genom luften och når isen. Brytningsvinkeln i is ges av Snells lag:

$$n_a \sin \theta_a = n_b \sin \theta_b$$

Vinkeln mäts mot ytans normal vilket ger att
Fel

$$n_{is} \sin \theta_{is} = n_{luft} \sin(90^\circ - \theta_p)$$

Den refrakterade strålen fortsätter sedan ner i vattnet:

$$n_{vatten} \sin \theta_{vatten} = n_{is} \sin \theta_{is} = n_{luft} \sin(90^\circ - \theta_p)$$

$$\sin \theta_{vatten} = \frac{n_{luft} \sin(90^\circ - \theta_p)}{n_{vatten}} = \frac{1,00 \cdot \sin(90^\circ - 56,31^\circ)}{1,33} = \frac{\sin(33,69^\circ)}{1,33}$$

$$\theta_{vatten} = \sin^{-1} \frac{\sin(56,31^\circ)}{1,33} = 24,6^\circ$$

Del C. Modern fysik

Uppgift C8, teori (4p)

- a) Ge två exempel på när en elektron kan ses som en partikel och två när den kan ses som en våg.

Partikel: Laddning i elektriskt/magnetiskt fält, i kollisioner, Bohrs atommodell.

Våg: interferensexperiment, sannolikhetsfördelningar för att hitta en elektron som cirkulerar runt en atomkärna.

12 13 14 15 16

	B	C	N	O
	Al	Si	P	S
Zn	Ga	Ge	As	Se
Cd	In	Sn	Sb	Te

- b) Kisel (Si) är en halvledare. För att förändra kisellets ledningsförmåga kan du dopa materialet så att det blir en p-typ eller n-typ halvledare.

Beskriv skillnaderna mellan p-typ och n-typ dopning och nämn ett lämpligt grundämne för respektive metod för dopning av Si.

I p-dopning dopas materialet med ämnen som har en valenselektron mindre än grundmaterialet.

Detta gör att det blir ett överskott på hål (avsaknad av elektroner) som ses som positiva laddningsbärare som leder ström i halvledaren. Ett lämpligt material för p-dopning av Si är B.

I n-dopning dopas materialet med ämnen som har en extra valenselektron relativt grundmaterialet. Detta ger ett överskott på elektroner som resulterar i negativa laddningsbärare. Ett lämpligt material för n-dopning av Si är As.

- c) En fluoratom har elektronkonfigurationen $1s^2 2s^2 2p^5$. När en elektron exciteras från det inre skalet till L-skalet kan den endast anta ett särskilt kvanttillstånd.

Vilket och varför?

Kommentar: i tentan angav en felaktig elektronkonfiguration varför uppgiften utgick. Den rätta elektronkonfigurationen anges nu i uppgiften.

Pauliprincipen säger att den exciterade elektronen inte kan ha samma sammansättning av kvanttal som de andra elektronerna i skalet. Den exciterade elektronen måste anta kvanttillståndet $n=2$ (ty L-skalet), $l=1$ ty det finns redan två elektroner som har $l=0$ i L-skalet. Det finns bara ett m_l kvanttal med en ledig plats och elektronen kommer att fylla denna. Elektronen kommer att ha motsatt spinn relativt den andra elektronen med samma m_l -tal.

Uppgift C9 (3p)

Du vill med hjälp av fotoelektrisk effekt studera olika material för att använda dem för att designa en ljussensor. I din uppställning har du en ljuskälla med våglängden 300 nm och effekten 10 W.

Grundämne	Utträdesarbete (eV)
Aluminium	4,3
Kisel	4,8
Kol	5,0
Koppar	4,7
Nickel	5,1
Natrium	2,7
Silver	4,3
Titan	3,9

- a) För vilket/vilka av ämnena i tabellen kommer det att produceras en fotoelektron?
b) Från vilket ämne kommer det att emitteras elektroner med störst kinetisk energi? Hur stor är dess kinetiska energi?
c) Anta att varje foton som träffar materialytan upphov till en fotoelektron. Hur många elektroner skulle frigöras varje sekund?

- a) Fotonerna inkommer med energin:

$$E = hf = h \frac{c}{\lambda} = 6,626 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{2,998 \cdot 10^8}{300 \cdot 10^{-9}} = 6,621 \cdot 10^{-19} \text{ J} = \frac{6,622 \cdot 10^{-19}}{1,602 \cdot 10^{-19}} \text{ eV} = 4,13 \text{ eV}$$

För grundämnena med lägre utträdesarbete än fotonenergin kommer en fotoelektron att produceras.

Ämnena som kan användas är: **Natrium och Titan.**

- b) Den kinetiska energin för fotoelektronen ges av

$$K_{max} = hf - \phi$$

Då natrium har ett lägre utträdesarbete än titan kommer **natrium** att generera fotoelektroner med högre kinetisk energi:

$$K_{max} = 4,1 - 2,7 = 1,4 \text{ eV} = 2,2 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

- c) Effekten beskriver överförd energi per sekund. Antalet fotoner som träffar ämnets yta varje sekund är alltså:

$$\frac{P}{E} = \frac{P}{hf} = \frac{10}{6,621 \cdot 10^{-19}} = 1,51 \cdot 10^{19} \text{ st}$$