



PROVET I FYSIK 15.3.2019 BESKRIVNING AV GODA SVAR

Examensämnets censorsmöte har godkänt följande beskrivningar av goda svar.

Fysikens mål är att förstå naturens grundstruktur och de grundläggande mekanismer som driver naturfenomenen, samt lagbundenheterna bakom dessa mekanismer. Inom fysiken strävar man efter att uttrycka begreppslig kunskap och kunskapsstrukturer så uttömmande och allmängiltigt som möjligt. Den experimentella metoden är fysikens viktigaste kunskapskälla, och den kunskap som inhämtats presenteras ofta i form av matematiska teorikonstruktioner och modeller. Dessa modeller spelar också en väsentlig roll då det gäller att utveckla, tillämpa och utnyttja den inhämtade kunskapen. Den nära kopplingen mellan teori och empiriska experiment är typisk för inhämtningen, presentationen och tillämpningen av kunskap på fysikens område.

I provet i fysik bedöms såväl förmågan att förstå fysikaliska fakta som förmågan att tillämpa denna kunskap, i enlighet med grunderna för gymnasiets läroplan. I provet bedöms vidare examinandens förmåga att experimentellt inhämta och bearbeta kunskap. Exempel på denna förmåga är bland annat att planera experiment, att behärska användningen av de vanligaste mätinstrumenten, att presentera och tolka resultat samt att dra slutsatser. Problem på naturvetenskapernas och teknologins område löses genom att använda och tillämpa fysikens begrepp och begreppsstrukturer. Problemlösning som uppvisar kreativitet och uppfinningsrikedom ses som särskilt förtjänstfull. På bedömningen inverkar även hur klara examinandens svar är samt hur konsekvent och väldisponerat faktainnehållet i svaren är.

Svaret på en uppgift i fysik inkluderar motiveringar för svaret, om inget annat nämns i uppgiften. Examinanden kan kombinera fakta och tillämpa det inlärd. Svaret visar att examinanden har identifierat det fysikaliska fenomenet korrekt och granskar situationen på ett fysikaliskt meningsfullt sätt. Examinanden kan beskriva den tillämpade fysikaliska modellen och motivera varför modellen kan användas i uppgiften. Ofta kräver svaret situationsbilder, kraftfigurer, kopplingsscheman eller grafiska presentationer. Figurerna, diagrammen och de grafiska presentationerna är tydliga och i enlighet med de allmänna principerna för läroämnet. I kraftfigurer särskiljs de verkliga krafterna tydligt från deras vektorkomponenter.

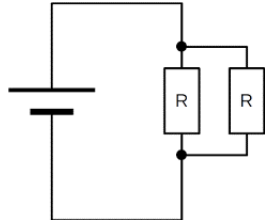
I de uppgifter som kräver matematisk behandling ska storhetsekvationerna och formlerna motiveras på ett sätt som visar att examinanden tolkat situationen rätt, exempelvis utifrån en fundamental fysikalisk lag eller grundprincip. I svaret ingår även behövliga uträkningar och andra tillräckliga motiveringar samt ett slutresultat. Storheternas värden behöver i fysikprovet inte skrivas in synligt i formeln, om det av svaret tydligt framgår vilket talvärde och vilken

enhet som används för respektive storhetsymbol. I provet i fysik är alla funktionsräknare, grafiska räknare och symbolräknare tillåtna. Lösningar som gjorts med hjälp av symbolräknare godkänns, så länge det av svaret framgår på vilken situation och vilka symboler i situationen svaret bygger. Räknare kan användas för att lösa ekvationer och dra slutsatser av grafer på det sätt som förutsätts i uppgiften.

DEL I

1. Flervalsuppgifter från olika delområden i fysiken (20 p.)

- 1.1. Vilofriktion
- 1.2. Mera värme förflyttas till vattnet än till stenarna.
- 1.3. Metall leder snabbare bort värme från huden än vad trä gör.
- 1.4.



- 1.5. Bollen, Mattias och jordklotet
- 1.6. Tiden i luften för en simhoppare.
- 1.7. En stående våg bildas i repet.
- 1.8. En permanent magnet är stationär inuti en spole.
- 1.9. Energi
- 1.10. Den starka växelverkan

DEL II

2. Värmets spridning (15 p.)

2.1.

Bilden handlar om värmeledning. (2 p.)

Materialen som föremålen består av har olika värmeledningsförmåga. Mera värme leds från fingret till föremålet på vänster sida, och i värmekamerabilden ser föremålet varmare ut än föremålet på höger sida. Därför kan man dra slutsatsen att värmeledningsförmågan är större hos föremålet till vänster än hos det till höger. Föremålet kan till exempel vara av metall. Föremålet på höger sida leder inte värme och ser därför ut som om det var jämnt svalt trots att fingret rör vid det. Föremålet kan till exempel vara av ben eller trä. (3 p.)

2.2.

Bilden handlar om värmets konvektion eller strömning. (2 p.)

Vattnet som har färgats rött är varmare än det klara vattnet i kärlet. (1 p.) Det röda vattnet bildar ett lager ovanpå det klara vattnet för att det varma vattnets densitet är lägre än densiteten för det kalla vattnet. (2 p.)

(Värmet sprids genom konvektion. Det färgade vattnet överför energi från det mindre kärlet till det större. Vattnens temperaturer jämnar ut sig och vattnen blandas med varandra.)

2.3.

Bilden handlar om värmets spridning genom strålning. (2 p.)

Personen är varmare än luften i rummet och avger då värmestrålning effektivare än omgivningen. Strålningen reflekteras i fönstret. Värmekameran mäter den reflekterade värmestrålningen. Själva fönstret blir inte varmt på grund av personens närvaro. Värmekameran avbildar alltså inte temperaturen på fönstrets yta utan strålningen som reflekterats i fönstret. (3 p.)

3. Bestämning av kapacitansen hos en kondensator (15 p.)

Kondensatorns laddning är $Q = \int I dt$, vilket motsvarar den fysikaliska arean mellan kurvan för urladdningsströmmen och t -axeln.

Vi bestämmer laddningarna vid de olika spänningarna genom att integrera med något databehandlingsprogram. Med LoggerPro får vi resultaten i tabellen.

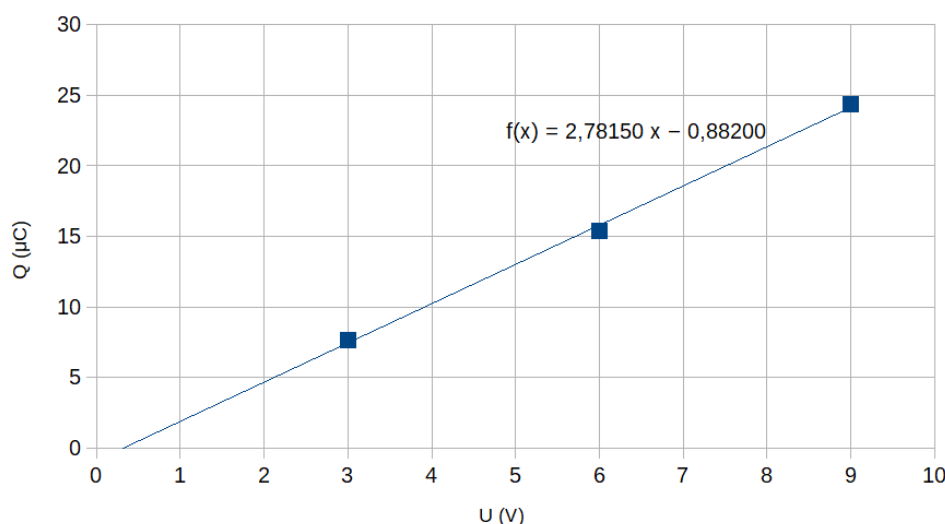
U (V)	3,0	6,0	9,0
Q (μC)	7,67	15,4	24,4

(6 p.)

Kapacitansen hos kondensatorn definieras som $C = \frac{Q}{U}$, där Q är kondensatorns laddning och U är spänningen den laddats med.

Resultaten ritas i en (U, Q) -graf. Enligt ekvation $Q = CU$ är riktningskoefficienten för en linje som anpassas till punkterna lika med kapacitansen hos kondensatorn.

(7 p.)



Från riktningskoefficienten får vi att kondensatorns kapacitans är $C = 2,8 \mu\text{F}$.

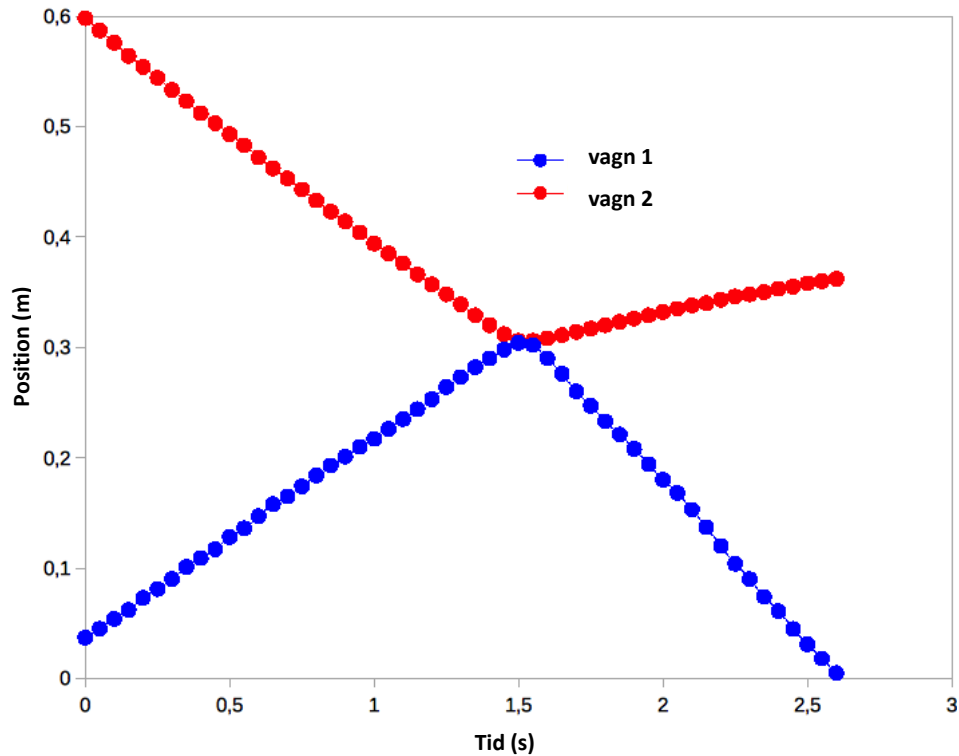
(2 p.)

(Den beräknade osäkerheten vid anpassningen av linjen visar att två gällande siffror är en lämplig noggrannhet i det här fallet.)

4. Kollisioner mellan vagnar (15 p.)

4.1.

Grafer över vagnarnas position som funktion av tiden visas.



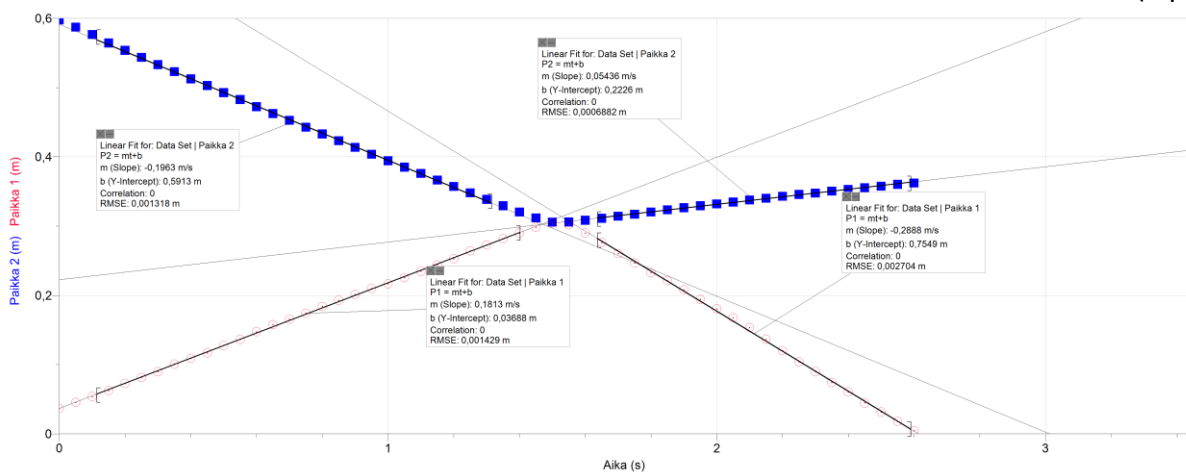
Vi anpassar linjer i graferna över vagnarnas positioner både före och efter kollisionen. Riktningkoefficienten för en linje motsvarar vagnens hastighet, då hastighet är $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$.

(1 p.)

Vid kollision A får vi från anpassningarna som hastigheterna före kollisionen för vagn 1 $v_1 = 0,181$ m/s och för vagn 2 $v_2 = -0,196$ m/s.

Hastigheterna efter kollisionen är $u_1 = -0,289$ m/s och $u_2 = 0,0544$ m/s.

(2 p.)



(4 p.)

4.2.

Vid en ideal elastisk kollision bevaras både den sammanlagda rörelsemängden och den sammanräknade rörelseenergin för vagnarna, alltså

$$p_1 + p_2 = p'_1 + p'_2 \text{ och } E_{k1} + E_{k2} = E'_{k1} + E'_{k2},$$

där storheterna utan primtecken hänvisar till situationen före kollisionen och de med primtecken hänvisar till situationen efter kollisionen.

Vid en ideal kollision är alltså förändringen i rörelsemängden enligt förhandsberäkningen lika med noll

$$\Delta p_{ideal} = 0. \quad (2 \text{ p.})$$

Genom att substituera in resultaten från deluppgift 4.1. och vagnarnas massor $m_1 = 0,606 \text{ kg}$ och $m_2 = 1,126 \text{ kg}$ får vi rörelsemängder före kollisionen

$$p_{1,före} = m_1 v_1 = 0,109686 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad p_{2,före} = m_2 v_2 = -0,220696 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

och efter kollisionen

$$p_{1,efter} = m_1 u_1 = -0,175134 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad p_{2,efter} = m_2 u_2 = 0,061254 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Förändringen i rörelsemängd är

$$\Delta p = p_{1,efter} + p_{2,efter} - (p_{1,före} + p_{2,före}) = -0,0029 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Vi märker att vagnarnas sammanlagda rörelsemängd minskar en aning. Minskningen är dock mycket liten i jämförelse med vagnarnas rörelsemängd, alltså stämmer förhandsberäkningen väldigt väl överens med verkligheten.

(2 p.)

Vid elastiska kollisioner är förändringen i rörelseenergin också lika med noll,

$$\Delta E_{k,ideal} = 0. \quad (2 \text{ p.})$$

Genom att substituera in resultaten från deluppgift 4.1 och vagnarnas massor får vi rörelseenergin före kollisionen

$$E_{k,före} = E_{k1} + E_{k2} = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = 0,0315548 \text{ J}$$

och efter kollisionen

$$E_{k,efter} = E_{k1}' + E_{k2}' = \frac{1}{2} m_1 u_1^2 + \frac{1}{2} m_2 u_2^2 = 0,0269730 \text{ J}.$$

Rörelseenergin minskar

$$\Delta E_k = \frac{1}{2} m_1 u_1^2 + \frac{1}{2} m_2 u_2^2 - \left(\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 \right) = -4,5818 \cdot 10^{-3} \text{ J} \approx -4,6 \text{ mJ}.$$

I proportion till rörelseenergin före kollisionen är minskningen

$$\frac{\Delta E_k}{E_{k,före}} = -0,1452017 \approx -15\%.$$

Kollisionen motsvarar alltså inte helt förhandsberäkningen, utan rörelseenergin minskar en aning.

(2 p.)

5. Bungyjump (15 p.)

5.1. Hopparen är vid den lägsta punkten av sin bana vid tidpunkten $[t_b]$. (2 p.)

5.2. Repet är helt utan spänning vid tidpunkten $[t_d]$. (2 p.)

5.3. Hopparens acceleration är som störst vid tidpunkten $[t_b]$. (2 p.)

5.4. Spännkraften i repet och hopparens tyngd tar för första gången ut varandra vid tidpunkten $[t_a]$. (2 p.)

5.5. Hopparen passerar oscillationens jämviktsläge för första gången vid tidpunkten $[t_a]$. (2 p.)

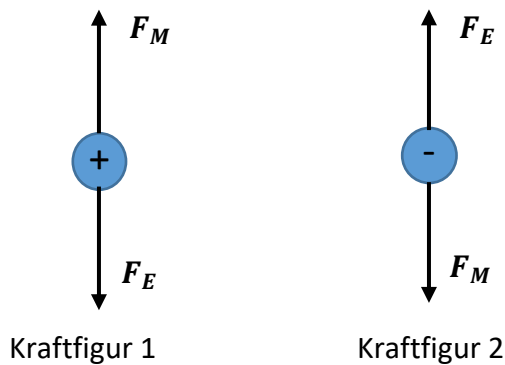
5.6. Repet förblir spänt från och med tidpunkten $[t_e]$. (2 p.)

5.7. Hopparens rörelseenergi är som störst vid tidpunkten $[t_a]$. (3 p.)

6. Hastighetsväljare (15 p.)

6.1.

I hastighetsväljaren påverkas den laddade partikeln både av det elektriska fältets elektriska kraft $F_S = qE$ och av det magnetiska fältets magnetiska kraft, vilken antar formen $F_M = qvB$, då partikeln hastighet och den magnetiska flödestätheten är vinkelräta mot varandra. Kraften är vinkelrät mot både hastigheten och magnetfältet. Om partikeln är positivt laddad kommer krafternas riktningar att vara i enlighet med kraftfigur 1, alltså den magnetiska kraften verkar uppåt och den elektriska kraften verkar nedåt. Om partikeln är negativt laddad kommer krafternas riktningar att vara de motsatta. Se kraftfigur 2. (Förklaring + kraftfigurer 6 p.)



En partikel vars flygbana går rakt igenom hastighetsväljaren är i likformig translationell rörelse. Den accelererar med andra ord inte. Enligt Newtons II lag är därmed summan av krafterna som påverkar den lika med noll. De magnetiska och elektriska krafterna är alltså i balans $F_M = F_S$.

På grund av det här kommer endast partiklar med hastigheten $v = \frac{E}{B}$ att komma igenom hastighetsväljaren. (3 p.)

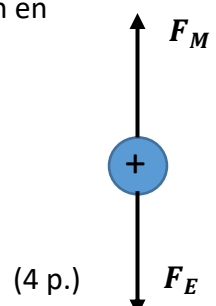
Om partikeln har en större hastighet än det här kommer den magnetiska kraften att vara större än den elektriska kraften. Då rör sig partikeln i den riktning som den magnetiska kraften verkar. Om partikeln hastighet är lägre än den förutbestämde hastigheten kommer den elektriska kraften att vara större än den magnetiska kraften, och partikeln rör sig i den riktning som den elektriska kraften verkar. (2 p.)

(Partiklarna har vanligtvis så liten massa att gravitationskraften inte behöver beaktas i kraftberäkningarna. Då partiklarna även rör sig i vad som nästan är ett vakuum finns det inga krafter som motverkar rörelsen.)

6.2.

En partikel med en rak flygbana påverkas av en magnetisk kraft $F_M = qvB$ och en elektrisk kraft $F_S = qE$ som är i balans.

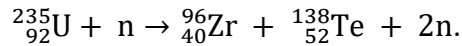
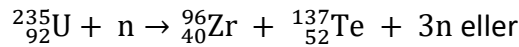
$$qvB = qE$$
$$B = \frac{E}{v} = \frac{132000 \text{ V/m}}{230000 \text{ m/s}} = 0,5739 \text{ T} \approx 0,57 \text{ T}$$



7. Olkiluoto kärnkraftverk (15 p.)

7.1.

Vi väljer en fissionsreaktion som möjliggör kedjereaktionen



(4 p.)

7.2.

Vid en fissionsreaktion frigörs en mängd energi som motsvaras av massdefekten. Atompartiklarnas massor avläses ur materialet: $M_U = 235,044 \text{ u}$, $M_{Zr} = 95,9083 \text{ u}$, $M_{Te} = 136,926 \text{ u}$, $M_n = 1,67493 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

Vi använder omvandlingsfaktorn $u = 1,661 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ och värdet på ljusets hastighet $c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, och får då

$$Q = (M_U + M_n)c^2 - (M_{Zr} + M_{Te} + 3M_n)c^2$$
$$Q \approx 2,880 \cdot 10^{-11} \text{ J} \approx 180 \text{ MeV}$$

Motsvarande uträkning godkänns även ifall de frigjorda neutronernas antal är 1 eller 2. Q är då mellan 180 MeV och 190 MeV.

(6 p.)

7.3.

För att producera den elektriska effekten P måste reaktorn under tiden t producera en mängd energi som motsvarar $E = \frac{P}{\eta} t$.

Energien kommer från reaktioner. Deras antal är $n = \frac{E}{Q}$.

(3 p.)

Den mängd bränsle som behövs under en månad får vi genom att multiplicera antalet reaktioner med massan hos en ${}^{235}_{92}\text{U}$ -atom.

$$m = nM_U = \frac{M_U P t}{\eta Q}$$

Vi substituerar in $M_U = 235,044 \text{ u} \cdot 1,661 \cdot 10^{-27} \frac{\text{kg}}{\text{u}}$, $P = 1,6 \cdot 10^9 \text{ W}$, $t = 30 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s} = 2,592 \cdot 10^6 \text{ s}$, $\eta = 0,37$ och $Q = 2,880 \cdot 10^{-11} \text{ J}$, och får $m = 151,9141622 \text{ kg} \approx 150 \text{ kg}$.

(2 p.)

(Även resultatet 140 kg godkänns, beräknat med det givna värdet på den frigjorda energin 180 MeV.)

Som tillägg kan det konstateras att Olkiluoto 3 årligen använder ungefär 32 ton av den installerade laddningen på 128 ton. Bränslet är anrikat naturligt uran för vilket andelen av isotopen ${}^{235}_{92}\text{U}$ är 3...5 %. Ur detta kan vi beräkna $m = \frac{32000 \text{ kg}}{12 \text{ kk}} \cdot 0,05 \approx 133 \text{ kg/mån}$.)

8. Hägringar (15 p.)

8.1.

Den heta marken värmer luften ovanför markytan. Ju högre upp i atmosfären man kommer, desto kallare blir det. Luftmassorna med olika temperatur bildar lager med olika densitet. Densiteten är som minst närmast markytan. Även luftens brytningsindex ökar när man går uppåt i atmosfären för att kall luft är optiskt tätare än varm luft. (3 p.)

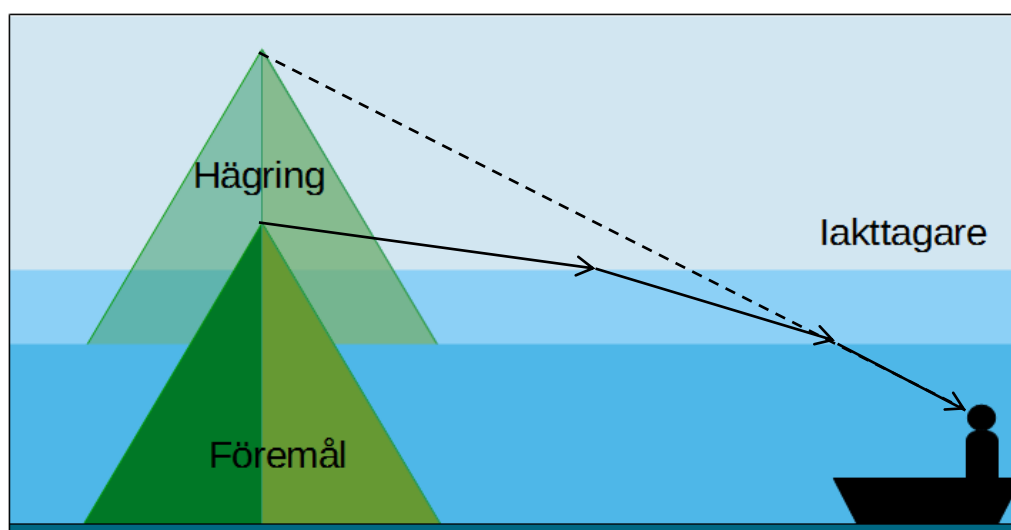
Ljus är en vågrörelse som bryts vid gränsskiktet mellan optiskt olika ämnen i enlighet med brytningslagen. I bild 8.B ser vi att ljusstrålar från pyramidens topp bryts vid gränserna mellan luftlagren. Då ljuset färdas från ett optiskt tätare till ett optiskt tunnare luftlager bryts ljuset bort från normalen. När infallsvinkeln mellan två luftlager är större än gränsvinkeln för totalreflektion reflekteras ljuset i gränsskiktet. Det reflekterade ljuset fortsätter sin färd till iakttagaren och bryts fortsättningsvis i gränsskiktet. (3 p.)

Iakttagaren ser föremålets bild när ljusstrålarna från föremålet möter hans ögon. Iakttagaren upplever att föremålets bild kommer från den riktning från vilken de strålar som träffar ögonen kommer. Iakttagaren ser alltså pyramidens hägring nedanför det riktiga föremålet som i bild 8.B. (1 p.)

8.2.

På havet är luftmassan nära vattenytan svalare än luften som är högre upp. Luften nära vattenytan är därför tätare, och dess brytningsindex är större än brytningsindexet hos luften ovanför. Det här kan modelleras med hjälp av luftlager som har olika temperatur. (2 p.)

Då ljuset färdas genom luftlagren bryts det mot normalen vid de olika gränsskikten. Iakttagaren upplever att ljuset kommer från en riktning som är ovanför pyramidens verkliga topp. Iakttagaren ser alltså en övre hägring. (1 p.)



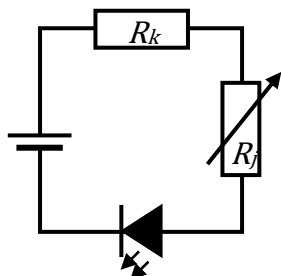
(Fullbordandet av bilden 5 p.)

DEL III

9. Justering av ljusstyrkan hos en LED (20 p.)

9.1.

Det rätta kopplingschemat B): Komponenterna är i serie och dioden är kopplad i passriktningen.



(3 p.)

9.2.

Enligt materialet 9.B är 100 % ljusstyrka för LED:n 300 lm. Då motsvarar 150 lm och 900 lm en 50 % och en 300 % relativ ljusstyrka. De motsvarande strömmarna är $I_{min} = 300$ mA och $I_{max} = 2650$ mA enligt nedre grafen i materialet 9.B.

(3 p.)

Ur den övre grafen i materialet 9.B ser vi att spänningsförlusten för LED:n är $U_{L,min} = 2,71$ V och $U_{L,max} = 3,26$ V vid de här strömmarna.

(2 p.)

En lika stor ström går genom alla komponenter.

$$U_A = R_k I + R_j I + U_L,$$

(2 p.)

$$R_k + R_j = \frac{U_A - U_L}{I}.$$

När vi substituerar med $I_{min} = 300$ mA och $U_{L,min} = 2,71$ V och även ackumulatorns spänning $U_A = 4,5$ V får vi $R_k + R_j \approx 6,0 \Omega$.

När vi substituerar med den maximala strömmen $I_{max} = 2650$ mA och det motsvarande värdet $U_{L,max} = 3,26$ V får vi $R_k + R_j \approx 0,47 \Omega$.

Resistansen hos det konstanta motståndet bör därmed vara $0,47 \Omega$ och hos det justerbara motståndet $5,5 \Omega$.

(5 p.)

9.3.

900 lm ljusstyrka motsvarar en maximal ström på $I_{max} = 2650$ mA. Effekten som tas från ackumulatören är då

$$P_A = U_A I_{max} = 4,5 \text{ V} \cdot 2,650 \text{ A} = 12 \text{ W}.$$

(5 p.)

10. Dubbelspaltexperiment (20 p.)

10.1.

Interferens är en egenskap hos vågrörelser. Enligt kvantmekaniken har partiklar också vågliknande egenskaper och en (de Broglie-) våglängd bestämmas för dem. På grund av det här bildar partiklar ett interferensmönster vid dubbelspaltexperimentet.

(3 p.)

10.2.

Partikelns de Broglie-våglängd är

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv},$$

där h är Plancks konstant, p är partikelns rörelsemängd, m är partikelns massa och v är dess hastighet.

Ur detta får vi hastigheten $v = \frac{h}{m\lambda}$, där vi får våglängden från uttrycket $\lambda = \frac{d \Delta y}{D}$ som finns i materialet 10.A.

Genom att kombinera båda uttrycken får vi för partikelns hastighet

$$v = \frac{hD}{md \Delta y}.$$

(5 p.)

Ur bild 10.B avläser vi avståndet mellan huvudmaximumet och det första sidomaximumet till $\Delta y = 30 \mu\text{m}$. Massan hos en fullerenmolekyl är $m(C_{60}) = 60 \cdot 12,0107 \text{ u} \approx 1,20 \cdot 10^{-24} \text{ kg}$. Enligt uppgiften var $d = 100 \text{ nm}$ och $D = 1,25 \text{ m}$. Vi substituerar in värdena i uttrycket för hastigheten och får $v \approx 200 \text{ m/s}$.

(5 p.)

10.3.

Huvudmaximumet kan observeras i mitten av skärmen eftersom en fasskillnad inte uppstår. Det första sidomaximumet kan observeras i den punkt på skärmen där vågorna från de olika spalterna är i samma fas. I bild 1 ser vi då att vägskillnaden för vågen från den andra spalten motsvarar en våglängd, alltså $d \sin \alpha = \lambda$.

I bild 2 ser vi att $\tan \alpha = \frac{\Delta y}{D}$.

$$\Delta y = D \tan \alpha = \frac{D \sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{D \lambda}{d \cos \alpha}.$$

Då $D \gg d$ och α därmed är mycket liten är $\cos \alpha \approx 1$.

$$\Delta y = \frac{\lambda D}{d}$$

(4 p.)

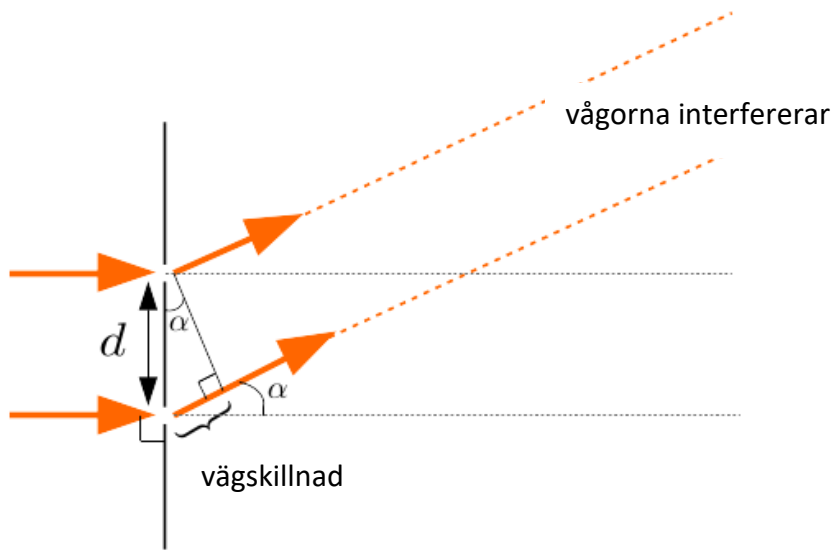


Bild 1.

Bild (3 p.)

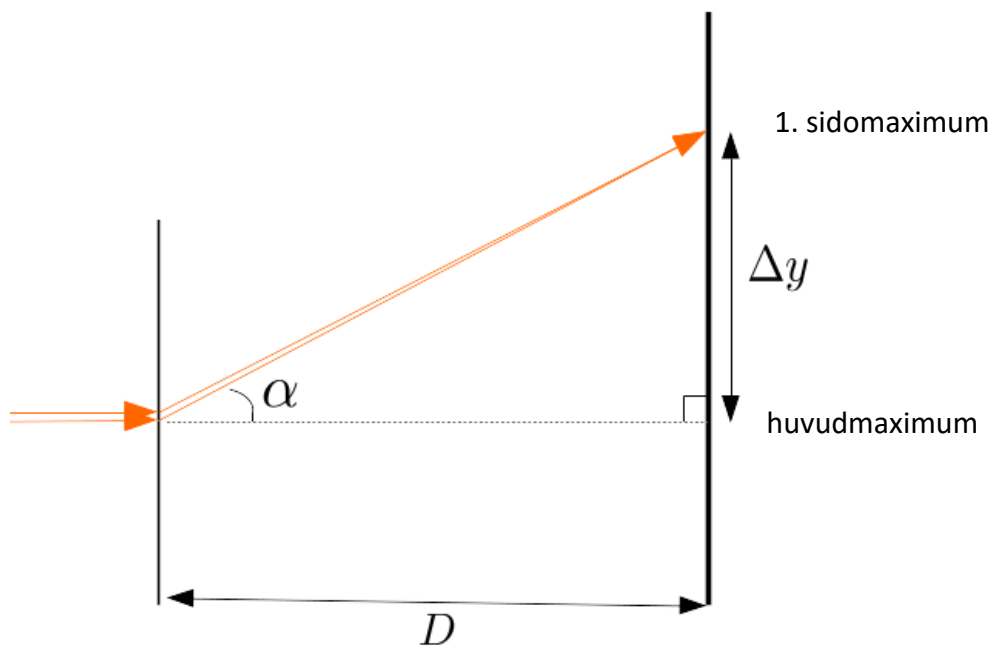


Bild 2.

11. Mätning av hjärtpulsen (20 p.)

11.1.

Människokroppen leder elektricitet väl. Spänningspulsen som genereras vid ett hjärtslag förorsakar därför även en spänningsskillnad på ytan av huden. Pulsen kan bestämmas från spänningspulsernas frekvens. (3 p.)

11.2.

- Hjärtats slag förorsakar fluktuationer i blodmängden i ådrorna. (1 p.)
- Mätningarna både med apparaten som spänns fast i fingret och med handledsmätaren baserar sig på ljusets absorption i blodet. (2 p.)
- Metoderna mäter variationer i ljusets intensitet. (2 p.)
- Apparaten som spänns fast i fingret: intensiteten hos ljuset som går igenom fingret mäts. (1 p.)
- Handledsmätaren: intensiteten hos ljuset som reflekteras / sprids från vävnaderna mäts. (1 p.)
- En till helheten logisk och precis beskrivning av fenomenen och metoderna. (1 p.)

11.3.

- Kroppens rörelser påverkar blodflödet i handleden (1 p.), ljus från externa källor (1 p.) och apparatens rörelser på huden (1 p.) förorsakar störningar.
- PPG-mätningen är känslig för störningar på grund av att hjärtpulsen endast förorsakar en svag förändring i signalen. (2 p.)
- EKG-mätningen mäter hjärtats elektriska funktion och är därför inte känslig för de ovan nämnda störningarna. (1 p.)

11.4.

- EKG mäter spänningspulsen som förorsakas av hjärtslagen. Signalen färdas snabbt från hjärtat till sensorn. PPG mäter förändringar i blodmängden i armen. Förändringarna förorsakas av tryckvågen som uppkommer vid ett hjärtslag. De olika färdhastigheterna för den elektriska signalen och för tryckvågen förorsakar en tidsskillnad i de uppmätta signalerna. (3 p.)