



FYSIK 29.9.2020

Slutgiltiga beskrivningarna av goda svar 12.11.2020

Grunderna enligt vilka bedömningen gjorts framkommer i de slutgiltiga beskrivningarna av goda svar. Uppgiften om hur bedömningsgrunderna tillämpats på examinandens provprestation utgörs av de poäng som examinanden fått för sin provprestation, de slutgiltiga beskrivningarna av goda svar och de föreskrifter gällande bedömningen som nämnden gett i sina föreskrifter och anvisningar. De slutgiltiga beskrivningarna av goda svar innehåller och beskriver inte nödvändigtvis alla godkända svarsalternativ eller alla godkända detaljer i ett godkänt svar. Eventuella bedömningsmarkeringar i provprestationerna anses vara jämförbara med anteckningar och sålunda ger de, eller avsaknaden av markeringar, inte direkta uppgifter om hur bedömningsgrunderna tillämpats på provprestationen.

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. Problemet på naturvetenskapernas och teknologins område löses genom att använda och tillämpa fysikens begrepp och begreppsstrukturer. Problemlösning som uppvisar kreativitet och uppfinningsriktighet 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 storhetssymbol. 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 samt att storhetsekvationen, löst för storheten som söks i uppgiften, presenteras i samband med svaret. 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 fysik (20 p.)

Rätt svar 2 p., fel svar 0 p., inget svar 0 p.

1.1. Bollen och foten påverkar varandra med lika stora krafter.

1.2. tyngdkraften och luftmotståndet

1.3. Luftmotståndet är lika stort som fallskärmshopparens och utrustningens sammanlagda tyngd.

1.4. Bollens och burkens sammanlagda rörelseenergi bevaras inte, den sammanlagda rörelsemängden bevaras.

1.5. Ledning

1.6. Den kemiska energin hos bränsle omvandlas till rörelseenergi i en bils förbränningsmotor.

1.7. Kraften verkar till höger eller vänster på ledaren i bilden.

1.8. Både vågrörelsens fortplantningshastighet och fortplantningsriktning förändras.

1.9. De elektriska strömmarna är lika men potentialerna är olika i punkterna K och L.

1.10. A

Del II

2. Bastu (15 p.)

2.1. (7 p.)

Värmeenergi från bastustenarna förbrukas då badvattnet värms upp till förångningstemperaturen och då samma vattenmassa förångas.

Då kallt vatten används avger stenarna värmemängden

$$\begin{aligned} Q_1 &= c_{\text{vatten}} m \Delta T + r_{\text{vatten}} m = 4,186 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 0,30 \text{ kg} \cdot (90 - 7) \text{ K} + 2257 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot 0,30 \text{ kg} \\ &= 781,331 \text{ kJ} \end{aligned}$$

och då varmt vatten används är värmemängden

$$\begin{aligned} Q_2 &= c_{\text{vatten}} m \Delta T + r_{\text{vatten}} m = 4,186 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 0,30 \text{ kg} \cdot (90 - 40) \text{ K} + 2257 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot 0,30 \text{ kg} \\ &= 739,890 \text{ kJ}. \end{aligned}$$

Då kallt vatten används minskar värmeenergin som är lagrad i bastustenarna

$$\Delta p = 100 \% \cdot \frac{Q_1 - Q_2}{Q_2} \approx 5,6 \%$$

mer än då varmt vatten används.

Poängsättning:

Vattnets uppvärmning, 2 p.

Vattnets förångning, 2 p.

Rätt slutresultat med en eller två gällande siffrors noggrannhet, 3 p.

Typiskt fel: Förångningen har inte beaktats.

2.2. (4 p.)

Värmeenergin som är lagrad i stenarna minskar enligt uträkningarna i 3.1. med mängden Q_1 .

Därmed är $c_{\text{sten}} m_{\text{sten}} \Delta T = Q_1$, ur vilket vi får

$$\Delta T = \frac{Q_1}{c_{\text{sten}} m_{\text{sten}}} = \frac{781,331 \text{ kJ}}{1,30 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 100 \text{ kg}} \approx 6,0 \text{ K}$$

alltså sjunker stenarnas temperatur med 6 K (från temperaturen 250°C till temperaturen 244°C).

Poängsättning:

Det framgår ur svaret att stenarnas avgivna värmemängd är lika med vattnets mottagna värmemängd, 2 p.

Rätt slutresultat med 1-2 gällande siffrors noggrannhet, 2 p.

Deluppgift 2.2 kan ge högst 2 poäng om förångningen saknas i deluppgift 2.1.

2.3. (4 p.)

Den huvudsakliga orsaken till den uppvärmande effekten på huden är att värmeenergi frigörs när vattenången som uppstår då vattnet kastas kondenseras på huden.

Kondensationen sker för att hudens temperatur är betydligt lägre än vattenångans.

Den uppvärmande effekten beror även i viss mån på följande orsaker:

Luftens densitet ökar momentant då vattenången uppstår och värmen leds effektivare till huden från ett tätare ämne, alltså den fuktiga bastulufden, än från ett tunnare ämne, den torra bastulufden (jämför med den brännande effekten av flytande vatten på huden).

Då man kastar vatten på stenarna uppstår också strömningar i ången och den övriga luftmassan i bastun. Ången som är nära huden och kylts ner av den byts ut mot hetare ånga tack vare strömningarna. Då leds värmen från bastulufden effektivare till huden än innan vattnet kastades (jämför med att blåsa på huden i bastun).

Poängsättning:

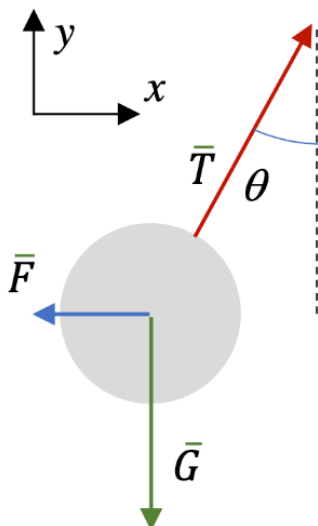
Vattenångans kondensering på huden och den tillhörande frigöringen av energi, 4 p.

Övriga förklaringar, totalt högst 1 p.

3. Elektrisk laddade pingisbollar (15 p.)

3.1. (5 p.)

Vi ritar en kraftfigur.



Krafterna som verkar på bollen är bollens tyngd \vec{G} , trådens spännkraft \vec{T} och den elektriska kraften \vec{F} som uppstår genom laddningarnas växelverkan.

Poängsättning:

Kraftfigur, 3 p.

Namngivning av krafterna, 2 p.

Typiska fel som förorsakar poängavdrag:

- Kraftfiguren ger 0 p. om en kraft saknas, en kraft är felriktad, eller om det finns en extra kraft i figuren.
- Felaktig angreppspunkt för en kraft, -1 p.
- Kraftvektorens längd motsvarar inte ett jämviktsläge, -1 p.
- Beteckningar som är för små tolkas som saknade beteckningar och räknas som fel.
- Om endast två av krafternas namn är rätt, ger namnen 1 p. Om två är fel, ger namnen 0 p.

3.2. (10 p.)

Bollarna repellerar varandra, alltså har deras laddningar samma förtecken. Bollarna är vid samma potential eftersom deras ytor är ledande och de är sammankopplade med en ledare. Eftersom bollarna har samma diameter måste deras laddningar q vara lika stora.

Bollen är vid jämvikt och med hjälp av trådens spännkraft \bar{T} , bollens tyngd \bar{G} och kraften mellan bollarna \bar{F} får vi jämviktsvillkoren i vågrät och lodrät riktning för en boll:

$$-F + T_x = 0,$$

$$T_y - G = 0.$$

Avståndet mellan bollarnas mittpunkter och trådens längd bestämmer vinkeln θ .

$$\frac{d}{2} = L \sin \theta,$$

$$\theta = \arcsin\left(\frac{d}{2L}\right).$$

Ur jämviktsvillkoret i lodrät riktning får vi

$$T \cos \theta - mg = 0,$$

$$T = \frac{mg}{\cos \theta}.$$

Ur jämviktsvillkoret i vågrät riktning får vi

$$F = T \sin \theta,$$

$$F = mg \tan \theta.$$

Bollarna påverkar varandra med coulombkraften $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{d^2}$, där ϵ_0 är permittiviteten hos vakuum.

Eftersom bollarnas laddningar är lika stora, $q_1 = q_2 = q$,

$$\text{får vi } F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{d^2}.$$

Genom att beteckna uttrycken för kraften mellan bollarna lika får vi

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{d^2} = mg \tan \theta.$$

Vilket ger laddningen

$$q = 2d\sqrt{\pi\epsilon_0 mg \tan\theta} = 47 \text{ nC.}$$

Poängsättning:

Likhet mellan laddningarnas förtecken och storlek, 2+2 p.

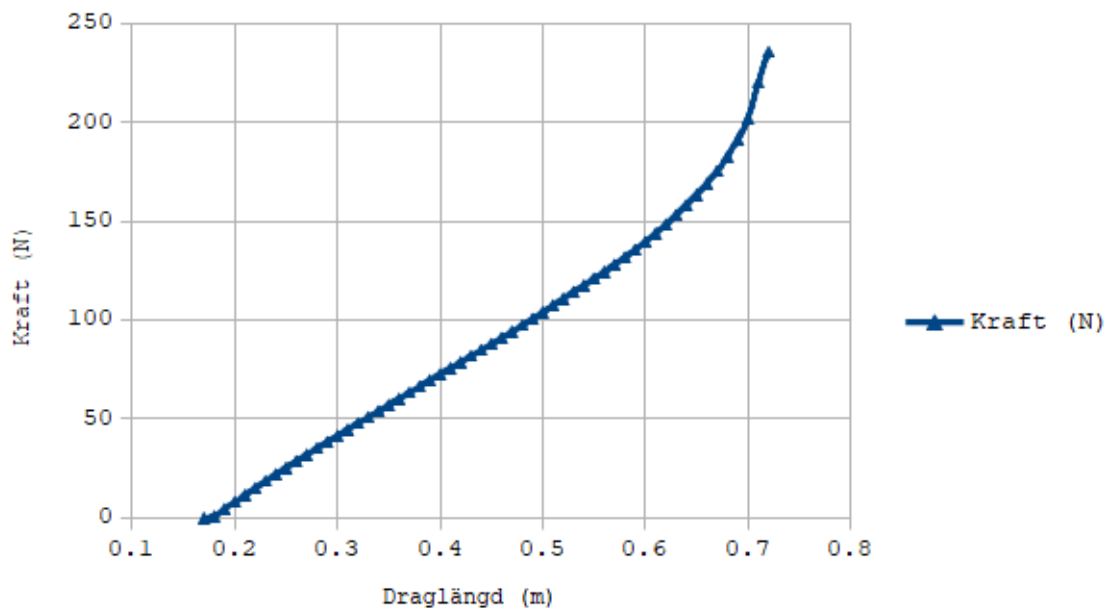
Jämviktstillstånd har konstaterats och motsvarande storhetsekvationer uppvisats, 3 p.

Rätt uttryck för den elektriska kraften har använts, 1 p.

Storhetsekvationen löst för den efterfrågade laddningen och rätt slutresultat med 2-3 gällande siffrors noggrannhet, 2 p.

4. En långbåge (15 p.)

4.1. (7 p.)



Arbete är den fysikaliska ytan under kurvan i (draglängd, kraft)-graf. Genom att integrera ytan fram till draglängden 0,70 m får vi arbetet $W = 46 \text{ J}$.

Poängsättning:

Bild, 4 p.

Vart och ett av följande fel förorsakar ett avdrag på en poäng:

- Axlarna inverterade
- Storhetens beteckning (namn) saknas från den ena eller från båda axlarna

- Storhetens enhet saknas från den ena eller från båda axlarna.

En bestämning av den fysikaliska ytan under kurvan framgår ur svaret, 2 p.

Rätt svar med två eller tre gällande siffrors noggrannhet, 1 p.

Typiskt fel: Arbetet beräknas utgående från kraftens största värde.

4.2. (8 p.)

Pilens utgångshastighet är den största möjliga då motståndskrafterna är försumbara. Då gäller arbetsprincipen: $W = \Delta E_k = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$.

$$W = \Delta E_k = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2.$$

Arbetet är bestämt i deluppgift 4.1., utgångshastigheten är $v_1 = 0$ m/s och $m = 490 \cdot 64,79891 \cdot$

$$10^{-6} \text{ kg} = 31,8 \text{ g} \text{ får vi } v_2 = \sqrt{\frac{2W}{m}} = 54 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Poängsättning:

Omvandlingen av bågens potentialenergi till pilens rörelseenergi motiveras i ord och motsvarande storhetsekvation för förändringen i rörelseenergi skrivs ut, 2+2 p.

Hastighetens storhetsekvation och slutresultatet med två eller tre gällande siffrors noggrannhet, 2+2 p.

Om arbetet har bestämts fel i deluppgift 4.1. kan deluppgift 4.2. ge högst 6 poäng.

Typiskt fel: Sambandet mellan pilens rörelseenergi och arbetet som utförts på bågen har inte förklarats rätt.

5. En pendel (15 p.)

5.1. (6 p.)

För att minska dämpningen av svängningsrörelsen måste de krafter som motverkar rörelsen minimeras. Dessa är friktion vid upphängningspunkten (kan till exempel minimeras med ett lämpligt och så friktionsfritt upphängningssätt som möjligt eller genom att smörja pivån) och pendelns luftmotstånd (kan till exempel minimeras genom att välja en strömlinjeformad vikt, en tunn tråd, eller genom att placera pendeln under en vakuumkupa).

Dessutom lönar det sig att välja en tung vikt och en lång tråd. Då är (även vid små avlänkningsvinklar) pendelns mekaniska energi stor och energiförlusten som förorsakas av krafterna som motverkar rörelsen relativt sett mindre än för en kort och lätt pendel.

Poängsättning:

De två bästa beskrivningarna av dämpningens minimering, 1-2 p. för vardera.

En minimering av motståndskrafternas relativa storlek, 1-2 p.

5.2. (9 p.)

En rörelse som upprätthålls av en harmonisk kraft kallas för harmonisk oscillation. En harmonisk kraft riktar sig mot jämviktsläget och är direkt proportionell mot kroppens avstånd från jämviktsläget.

ANTINGEN:

Periodtiden hos en harmonisk oscillator är inte beroende av svängningens amplitud. Huruvida pendeln svänger harmoniskt kan undersökas genom att mäta svängningstiden för olika värden på avlänkningsvinkeln. Varje svängningstid bestäms genom att mäta tiden det tar för att fullborda ett flertal (till exempel tio) svängningar och sedan dividera den tiden med antalet svängningar. För att minska effekten av luftmotståndet utförs experimentet under en vakuumkupa. Om svängningstiden förblir konstant är pendeln approximativt en harmonisk oscillator för de avlänkningsvinklar som använts i experimentet. Om svängningstiden förändras då avlänkningsvinkeln förändras visar det att pendeln inte är en harmonisk oscillator.

ELLER:

Vi mäter storleken av den återställande kraften vid olika avlänkingsvinklar. Om pendelns skaft är mycket lätt i förhållande till vikten mäter vi den återställande kraften F för olika avlänkingsvinklar φ i riktningen tangentiellt med rörelsen bana med hjälp av en kraftmätare (en fjädervåg) som är fäst i tyngden. För varje avlänkingsvinkel får vi avståndet från jämviktspunkten $x=l\varphi$, där l är avståndet från viktens tyngdpunkt till upphängningspunkten. Resultaten markeras i ett (x, F) -koordinatsystem. Om en linje kan anpassas till punkterna är pendeln approximativt en harmonisk oscillator för de vinklar som använts i experimentet. Om en linje inte kan anpassas till punkterna är pendeln inte en harmonisk oscillator.

Om pendelns skaft är mycket lätt i förhållande till vikten kommer pendelns återställande kraft att vara lika med den komponent av viktens tyngd som är riktad tangentiellt med rörelsens bana. Dess storlek är $F = mg\sin\varphi$, där m är viktens massa, g är tyngdaccelerationen och φ är avlänkingsvinkeln. Viktens avstånd från jämviktsläget är båglängden $l\varphi$, där l är avståndet från viktens tyngdpunkt till fästpunkten. Den återställande kraften är alltså inte direkt proportionell mot avståndet från jämviktsläget, därmed är kraften inte harmonisk. Vid små vinklar är den återställande kraftens storlek $F \approx mg\varphi$, varvid kraften är ungefärligt direkt proportionell mot avståndet från jämviktsläget, alltså banans båglängd $l\varphi$. Vid små vinklar är pendeln alltså nästan en harmonisk oscillator.

Poängsättning:

Om harmonisk oscillation har det nämnts att den återställande kraften

- riktar sig mot jämviktsläget, 1 p.
- är direkt proportionell mot kroppens avstånd från jämviktsläget, 2 p.

Rätt sak undersöks (amplitudens variation eller en mätning av den återställande kraften), 2p.

En beskrivning av mätningarna, 2 p.

Det förväntade resultatet har nämnts, 2 p.

6. Knappnålar (15 p.)

Knappnålarna kan fiskas upp ur springorna mellan golvbrädorna genom att konstruera en elektromagnet av föremålen. För konstruktionen behöver man batteriet, metalltråden och järnspiken (eller blyertspennan).

Plastöverdraget från metalltrådens ändar kan skalas av med hjälp av saxen. Metalltråden snurras runt järnspiken (eller blyertspennan) för att konstruera en (primitiv) spole, och trådens ändar snurras runt batteriets poler eller fästs med hjälp av det isolerande tejp.

Då metalltrådens ändar är kopplade till batteriets poler flödar en elektrisk ström genom tråden. Därmed uppstår ett magnetiskt fält runt tråden och (den primitiva) spolen fungerar som en elektromagnet. Knappnålarna är i sig själva inte magneter, men de magnetiseras momentant under påverkan av magneten och fastnar därför i elektromagneten. På det här sättet får man upp knappnålarna ur springorna mellan golvbrädorna.

Ju fler varv ledningstråden är snurrad runt kärnan och ju kortare sträcka trådvarven täcker, desto starkare är magnetfältet (magnetfältet hos en lång spole $B=N\mu_0 I/l$). Även användningen av järnspiken som spolens kärna förstärker magnetfältet. Eftersom det endast finns ett batteri kan storleken på strömmen i elektromagneten inte justeras.

Metalltråd leder ström väl, vilket betyder att kopplingen nästan motsvarar en kortslutning. Då är den uppkomna strömmen stor och metalltråden värms upp kraftigt. Det lönar sig alltså att fiska upp knappnålarna så snabbt som möjligt. Vid behov kan elektromagneten förflyttas med hjälp av suddgummina eftersom de inte leder värme.

Poängsättning:

Användning av elektromagnet som metod och elektromagnetens rimliga förverkligande, 2+2 p.

Konstaterande att elektrisk ström skapar ett magnetfält, 3 p.

Magnetiseringen av knappnålarna, 3 p.

Reglering av effektiviteten, 3 p.

Upphettningsförsakad av kortslutningen har beaktats som säkerhetsaspekt, 2 p.

Svar där andra metoder än de som grundar sig på elektromagnetism har använts poängsatts utgående från metodens funktionsduglighet och möjlighet till förverkligande.

7. Radioaktivt sönderfall (15 p.)

7.1. (5 p.)

Enligt tabellboken är laddningstalet (ordningstalet) för cesium 55 och för barium 56. I sönderfallen a och b ökar kärnornas laddningstal med ett, alltså är det frågan om β^- -sönderfall där en av kärnans neutroner blir en proton. Vid övergångarna a och b uppstår alltså elektronstrålning, det vill säga β^- -strålning.

Vid övergången c förblir laddningstalet och masstalet konstanta, alltså är det frågan om ett exciterat tillstånd av barium-137 som övergår till en lägre energinivå och kärnan avger en högenergifoton, alltså gammastrålning.

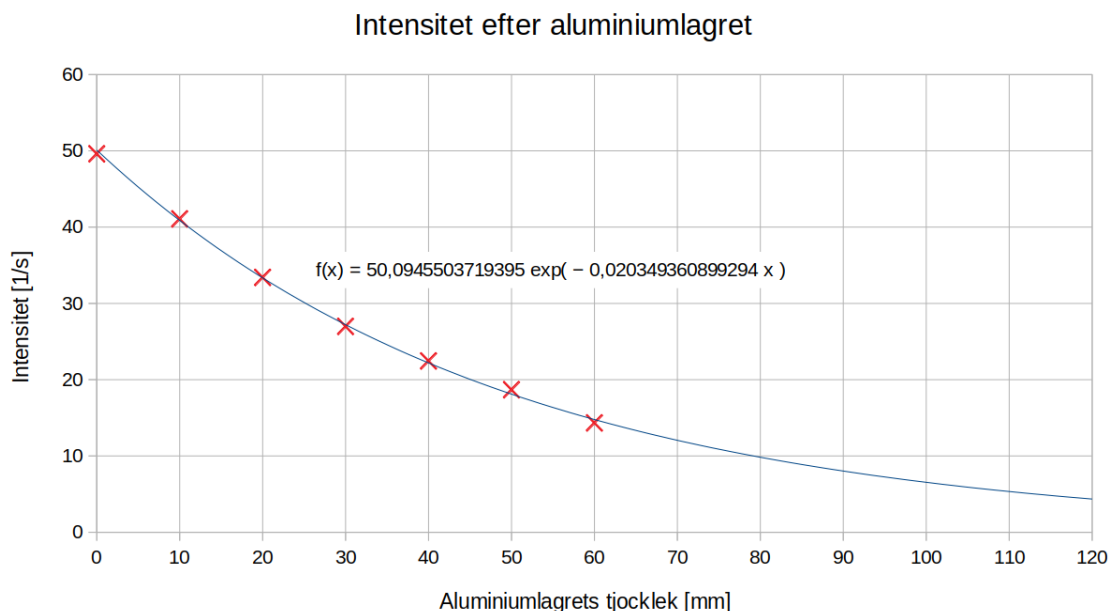
Poängsättning:

Strålningstyperna vid övergångarna a och b namnges och en motivering framförs, 3 p.

Strålningstypen vid övergång c namnges och en motivering framförs, 2 p.

7.2. (5 p.)

Vi ritar ut mätpunkterna med ett beräkningsprogram och anpassar en exponentialfunktion till dem.



Exponentialfunktionen beskriver observationerna väl.

Poängsättning:

Bild, 5 p.

Vart och ett av följande fel förorsakar ett avdrag på två poäng:

- Skalan saknas från axlarna
- En eller flera datapunkter saknas
- Anpassningen har inte (med ord eller formel) uttryckts vara en exponential/potensfunktion.

Vart och ett av följande fel förorsakar ett avdrag på en poäng:

- Axlarna inverterade
- Storhetens beteckning (namn) saknas
- Storhetens enhet saknas.

7.3. (5p.)

Gammastrålningens dämpning i materia beskrivs av gammastrålningens absorptionslag $I(x) = I_0 e^{-\mu x}$, där μ är absorptionskoefficienten. Anpassningen i deluppgift 7.2. gjordes med en exponentialfunktion vars uttryck är angivet i bilden. Anpassningen gav absorptionskoefficienten $\mu = 0,02035 \text{ mm}^{-1}$. Från absorptionslagen löser vi ut tjockleken x vid vilken intensiteten minskar till en tiondel, alltså $I(x)/I_0 = 0,1$:

$$\frac{I(x)}{I_0} = e^{-\mu x},$$
$$\ln(0,10) = -\mu x.$$

Den nödvändiga tjockleken hos aluminiumlagret blir då $x = \frac{-\ln(0,10)}{\mu} = \frac{-\ln(0,10)}{0,020351/\text{mm}} =$

113,15 mm \approx 11cm.

Även ett svar avläst genom extrapolering ur grafen i deluppgift 7.2 godkänns.

Poängsättning:

Halveringstjockleken fås från anpassningen av en exponentialfunktion eller en avläsning från bilden där anpassningen är en exponentialfunktion har åskådliggjorts, 3 p.

Rätt svar med två eller tre gällande siffrors noggrannhet, 2 p.

8. Apollo 11 (15 p.)

8.1. (10 p.)

Enligt Newtons II lag gäller rörelseekvationen $a = F/m$ i radiens riktning för den del av farkosten som bestod av kommando- och servicemodulen. Här är $a = v^2/r$ och m farkostens normalacceleration och massa, v är farkostens hastighet och r är banans radie. F är gravitationskraften som månen påverkar farkosten med,

$$F = \gamma \frac{mM}{r^2}.$$

där $\gamma = 6,673 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$ är gravitationskonstanten och $M = 7,348 \cdot 10^{22} \text{ kg}$ är månens massa. Månens radie är 1738 km, vilket ger $r = (1738 + 110) \text{ km} = 1848 \text{ km}$. Vi substituerar uttrycken för normalaccelerationen och gravitationskraften i rörelseekvationen och får ekvationen

$$\frac{v^2}{r} = \gamma \frac{M}{r^2}.$$

Ur detta får vi farkostens hastighet

$$v = \sqrt{\gamma \frac{M}{r}} = 1629 \text{ m/s}.$$

Tiden det tar att färdas ett varv runt månen är då $T = 2\pi r/v = 7,1279 \cdot 10^3 \text{ s}$, och antalet varv blir

$$N = \frac{\Delta t}{T} = \frac{128 \text{ h } 3 \text{ min} - 100 \text{ h } 12 \text{ min}}{7,1279 \cdot 10^3 \text{ s}} = \frac{4,6098 \cdot 10^5 \text{ s} - 3,6072 \cdot 10^5 \text{ s}}{7,1279 \cdot 10^3 \text{ s}} \approx 14,1.$$

Poängsättning:

En rörelseekvation som kombinerar gravitationskraften och normalaccelerationen har motiverats med Newtons II lag, 3 p.

Rätt radie för omloppsbanan har använts, 2 p.

En storhetsekvation som sammankopplar hastigheten och omloppstiden, 2 p.

En symbolisk storhetsekvation för antalet varv, 1 p.

Antalet varv avrundat från rätt numeriska värde till två eller tre gällande siffrors noggrannhet, 2 p.

Typiskt fel: Tyngdaccelerationen vid månens yta används i rörelseekvationen.

8.2. (5 p.)

Farkosten som bestod av kommando- och servicemodulen befann sig i fritt fall i ett gravitationsfält där accelerationen var tyngdacceleration förorsakad av gravitationskraften.

Då tyngdaccelerationen är lika stor för alla kroppar så var Collins acceleration lika stor som farkostens acceleration. Därför påverkade farkosten inte Collins med en stödkraft och Collins upplevde sig vara i ett tyngdlöst tillstånd.

Poängsättning:

Idén att både Collins och modulen är i fritt fall har uttryckts, 3 p.

Avsaknad av stödkraft, 2 p.

Del III

9. Parkeringsradar (20 p.)

9.1. (7 p.)

Avståndsmätningar med ultraljud baserar sig på reflektion av ultraljudspulser och deras färdtid. Ljudets hastighet i luft är konstant vid korta sträckor och tider, och tiden som det tar för en ultraljudspuls att färdas från källan till mätpunkten och tillbaka till givaren är därför direkt proportionell mot avståndet.

Poängsättning:

En logisk tankekedja har framförts, ur vilken det framgår att pulsen reflekteras och detekteras, tiden mäts och kopplingen mellan tiden och sträckan omnämns, 3 p.

Minimivståndet för en mätning bestäms ur varaktigheten för en ultraljudspuls. Om mätpunkten är för nära hinner pulsens första del färdas tillbaka till källan innan pulsen har skickats iväg i sin helhet. Färdtiden mäts fel då anordningen inte kan ta emot ljudsignaler samtidigt som ljudpulsen ännu skickas.

Poängsättning:

Idén om att skickandet och mottagandet inte kan ske samtidigt, 2 p.

Mätningarnas maximivstånd beror på dämpningen av ultraljudspulsen. Ultraljud försvagas mycket kraftigt i luft och andra gaser. Om avståndet till hindret är för stort dämpas pulsen för mycket, och givaren kan inte längre uppfatta signalen som reflekterats tillbaka.

Poängsättning:

Vågens dämpning, 2 p.

9.2. (6 p.)

Ljudets hastighet i luft (20 °C) är 343 m/s.

Minimivståndet är $x = 15$ cm.

Varaktigheten för en puls kan beräknas med hjälp av den totala sträckan fram och tillbaka samt ljudets hastighet:

$$t = \frac{2x}{v} = \frac{2 \cdot 0,15 \text{ m}}{343 \text{ m/s}} = 0,000874636 \text{ s} \approx 0,87 \text{ ms.}$$

Om en puls består av $n = 90$ svängningsperioder så kan ultraljudets våglängd på motsvarande sätt beräknas enligt:

$$\lambda = \frac{2x}{n} = \frac{2 \cdot 0,15 \text{ m}}{90} = 0,00333333 \text{ m} \approx 3,3 \text{ mm.}$$

och ultraljudets frekvens är:

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{343 \text{ m/s}}{0,00333333 \text{ m}} = 102900 \text{ Hz} \approx 100 \text{ kHz.}$$

Poängsättning:

Slutresultaten med 2-3 gällande siffrors noggrannhet, 2+2+2 p.

Om svaren är fel med en faktor 2 kan deluppgiften ge högst 4 p.

Typiskt fel: Avståndet till hindret används som den sträcka vågen färdats.

9.3. (7 p.)

Minimivståndet för en mätning är direkt proportionellt mot ljudets hastighet, alltså $x \sim v$. Om $v \sim \sqrt{T}$ följer att $x \sim \sqrt{T}$, alltså är förhållandet mellan kvadratroten av temperaturerna lika med förhållandet mellan minimivståndena:

$$\frac{x_{T_1}}{x_{T_2}} = \frac{\sqrt{T_1}}{\sqrt{T_2}}$$

T är temperaturen i kelvin.

Om $T_1 = 20^\circ\text{C} = 293,15 \text{ K}$, $T_2 = 45^\circ\text{C} = 318,15 \text{ K}$, och $x_{T_1} = 15$ cm, så är förändringen i minimivståndet då temperaturen stiger till 45°C :

$$\Delta x = x_{T_2} - x_{T_1} = x_{T_1} \left(\frac{\sqrt{T_2}}{\sqrt{T_1}} - 1 \right) = 15 \text{ cm} \cdot \left(\frac{\sqrt{318,15 \text{ K}}}{\sqrt{293,15 \text{ K}}} - 1 \right) = 0,626520 \text{ cm} \approx 0,62 \text{ cm}.$$

Den relativa förändringen i våglängden är:

$$\frac{\lambda_{T_2}}{\lambda_{T_1}} - 1 = \frac{\sqrt{T_2}}{\sqrt{T_1}} - 1 = \frac{\sqrt{318,15 \text{ K}}}{\sqrt{293,15 \text{ K}}} - 1 = 0,0417680 \approx 4,2 \%$$

Ljudpulsens varaktighet förändras inte. Den är endast beroende av tiden under vilken källan sänder ut ljudpulsens.

Poängsättning:

Sträckans eller hastighetens temperaturberoende, 1 p.

Vartdera slutresultat rätt med 2-3 gällande siffrors noggrannhet, 2+2 p.

Det har nämnts att pulsens varaktighet inte förändras, 2p.

10. Den flygande ringen (20 p.)

10.1. (6 p.)

Då en elektrisk ström kopplas till spolen fungerar den som en elektromagnet när järnstången plötsligt magnetiseras. Det magnetiska flödet genom aluminiumringen förändras vilket inducerar en spänning över ringen.

Den inducerade spänningen förorsakar i sin tur en elektrisk ström i ringen. Den elektriska strömmen skapar ett magnetfält vilket enligt Lenz lag går i motsatt riktning till det magnetiska fältet i järnkärnan. På grund av detta repellerar ringen och järnkärnan varandra och ringen flyger iväg.

Poängsättning:

Ett föränderligt magnetiskt flöde (magnetfält duger inte) genom aluminiumringen har omnämnts, 2 p.

En induktionsström uppstår i aluminiumringen, 2 p.

Den elektriska strömmens riktning motiveras genom magnetfältens motsatta riktningar eller förändringarna i det magnetiska flödet, 2 p.

10.2. (3 p.)

Då experimentet upprepas med en bruten ring induceras det igen en spänning i ringen, men eftersom ringen är bruten kan det inte bildas en strömslinga i vilken en elektrisk ström skulle flöda. Ringen förorsakar därför inte ett magnetfält som repellerar magnetfältet från järnkärnan.

Poängsättning:

Det finns ingen elektrisk ström i ringen, 2 p.

Magnetfältet som ringen förorsakar eller den magnetiska kraften som uppstår är mindre än vid fallet med en obruten ring, 1 p.

Deluppgiften ger 0 p. om det påstås att ingen spänning uppstår i ringen.

10.3. (3 p.)

Ringens som kylts ner med flytande kväve har en märkbart lägre resistivitet än en varmare ring.

Därför är strömmen som förorsakas av induktionsspänningen märkbart större än för en varmare ring.

Då är även magnetfältet som skapas av den elektriska strömmen och därmed de repellerande

krafterna mycket större än vad de är för en varmare ring.

Poängsättning:

En bättre ledningsförmåga eller en lägre resistivitet har noterats, 2 p.

Magnetfältet förorsakat av den elektriska strömmen eller den magnetiska kraften är större än vid fallet med den varma ringen, 1 p.

10.4. (4 p.)

Järn är ett ferromagnetiskt material som består av slumpmässigt ordnade magnetiska domäner. Innanför varje domän är riktningen ungefärligt lika hos de elementära magneter som bildas av atomerna. De ferromagnetiska domänernas slumpmässiga riktningar är en egenskap hos mjukjärn. Då en elektrisk ström kopplas till spolen svänger magnetfältet som strömmen förorsakar de olika domänerna så att deras riktningar är lika. Det totala fältet från spolen och den magnetiserade järnkärnan är då märkbart starkare än fältet som förorsakas av bara den elektriska ledaren som virats till en spole.

Poängsättning:

Ferromagnetism hos järn, 1 p.

De magnetiska domänernas samordning, 2 p.

Järnstångens magnetisering, 1 p.

10.5. (4 p.)

Mässing är inte ett ferromagnetiskt material. Därför magnetiseras en mässingsstång inte nämnvärt i ett yttre magnetfält. Då en elektrisk ström kopplas till spolen påverkas aluminiumringen därför endast av det relativt svaga magnetfältet som förorsakas av den elektriska ledaren som virats till en spole. Därmed induceras endast en svag spänning i ringen och de repellerande magnetiska krafterna förblir små.

Poängsättning:

Jämförelse mellan de magnetiska egenskaperna hos järn och mässing, 2 p.

Det har konstaterats att den inducerade strömmen i aluminiumringen eller aluminiumringens magnetfält är mindre än vid fallet med järnkärnan, 1 p.

Det har konstaterats att aluminiumringen inte flyger, 1 p.

11. En galax (20 p.)

11.1. (6 p.)

a. Universums ålder är tiden från Big Bang. I materialet konstateras det att galaxen GN-z11 sågs som den var för 13,4 miljarder år sedan, vilket var 400 miljoner år efter Big Bang. Universums ålder är alltså 13,8 miljarder år. (Rätt svar utan motiveringar godkänns.)

Poängsättning:

Rätt svar, 2 p.

b. Avlägsna galaxer färdas bort från oss på grund av att rymden expanderar. På grund av rymdens expansion ökar våglängderna hos ljuset från galaxerna. De förskjuts alltså mot de "rödare delarna" av spektrumet när ljuset färdas i rymden. Det här kallas för den kosmiska rödförskjutningen.

Poängsättning:

Rymdens expansion har omnämnts, 2 p.

c. Den avlägsna GN-z11 kan observeras på grund av dess ljusstyrka. Enligt materialet kan ljusstyrkan förklaras med att det uppstår rikligt med nya stjärnor i galaxen. Det här är typiskt för unga galaxer i tillväxtstadiet.

Poängsättning:

I svaret har det gjorts ett logiskt konstaterande att galaxens ljusstyrka kan förklaras med en riklig uppkomst av stjärnor och att galaxens unga ålder kan påvisas utgående från denna rikliga stjärnuppkomst, 2 p.

11.2. (6 p.)

Ur mätdata kan vi uppskatta att värdet hos storheten z är $z \approx 11,1$. Ur ekvationen $z = \frac{\lambda_h - \lambda}{\lambda}$ får vi den observerade våglängden hos Lyman α -linjen

$$\lambda_h = (1 + z)\lambda \approx 1470 \text{ nm.}$$

Poängsättning:

Värdet på z har avlästs ur sannolikhetsfördelningen med 3-5 gällande siffrors noggrannhet, 2 p.
Storhetsekvationen för den observerade våglängden, 2 p.

Ett slutresultat i rätt storleksordning, med en noggrannhet i enlighet med det använda värdet på z , 2 p.

(Ett resultat med för stor eller för liten noggrannhet, -1p.)

11.3. (8 p.)

Ur Dopplers lag om elektromagnetisk strålning

$$\lambda_h = \lambda \sqrt{\frac{1 + \frac{v}{c}}{1 - \frac{v}{c}}}$$

får vi galaxens hastighet

$$v = c \cdot \frac{\lambda_h^2 - \lambda^2}{\lambda_h^2 + \lambda^2} = 0,986 \cdot c = 2,96 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Ur Hubbles lag $v = H_0 d$ får vi avståndet till galaxen ($H_0 = 22 \frac{\text{km/s}}{\text{Mly}}$)

$$d = \frac{v}{H_0} \approx 13,4 \text{ Gly} = 1,27 \cdot 10^{23} \text{ km}.$$

Poängsättning:

Hastighetens storhetsekvation, 2 p.

Rätt hastighet med 3-5 gällande siffrors noggrannhet, 2 p.

(1-2 gällande siffror, 0 p., mer än fem gällande siffror, 1 p.)

En storhetsekvation löst för d med den tidigare lösta hastigheten insatt, 2 p.

Avståndet med 2-3 gällande siffrors noggrannhet, 2 p.

(Fel noggrannhet, -1 p.)

Typiskt fel: Storhetsekvationerna har inte förevisats.