PROVET I FYSIK 15.3.2017 BESKRIVNING AV GODA SVAR

Examensämnets censorsmöte har godkänt följande beskrivningar av goda svar.

Fysikens mål är att förstå och förklara 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 inlärda. 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. I de delar som kräver beräkningar är storhetsekvationen löst med avseende på den efterfrågade storheten, och i denna storhetsekvation har talvärdena med sina enheter införts. 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.

Uppgiftens olika delar bedöms med en noggrannhet på 1/3 poäng, och summan avrundas till hela poäng.

Uppgift 1

a) 3, L

b) 5, M

c) 1, P

d) 2, K

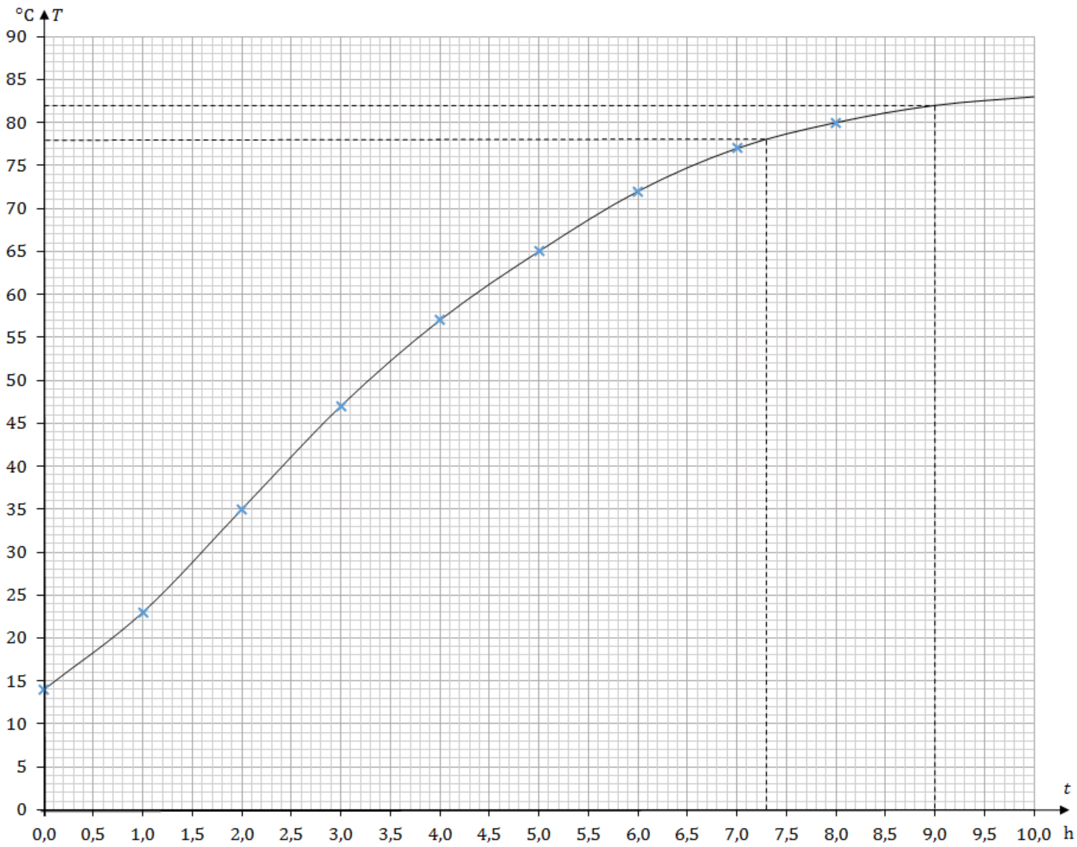
e) 4, O

f) 6, N

Det korrekta plats- och hastighetsgrafparet för fallet: 1 p./punkt
Om endast den ena av plats- eller hastighetsgraferna som kopplats till fallet är korrekt ⅓ p./punkt
Om det inte framgår från svaret till vilket fall det korrekta paret är kopplat ⅓ p./punkt

Uppgift 2

a)



Grafen 3 p.

b) Enligt grafen är innertemperaturen för köttet 78 °C vid tidpunkten 7,3 h = 7 h 18 min.
(Ett från anpassningen avläst svar med ett värde inom intervallet 7,1 h…7,6 h godkänns) (1 p.)

c) Genom att extrapolera grafen får man köttets innertemperatur efter 9,0 timmar: 82 °C.
(Ett från extrapoleringen avläst svar med ett värde inom intervallet 81 °C…84 °C godkänns) (2 p.)

Uppgift 3

a)

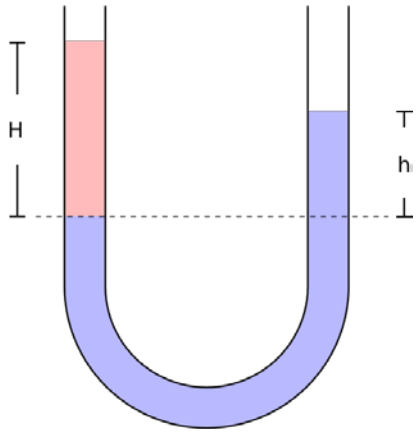
Det yttre lufttrycket inverkar inte på höjdskillnaden. (1 p.)

Rörets båda ändar är öppna, således påverkar det yttre lufttrycket vätskeytan i rörets båda ändar med en lika stor nedåtriktad kraft.

(1 p.)

b)

Vid jämvikt påverkas en godtycklig tvärsnittsyta i vätskepelaren av en lika stor kraft uppåt och neråt. I figuren påverkas den streckade tvärsnittsytan i rörets båda ändar av en lika stor kraft nedifrån p.g.a. det hydrostatiska trycket. Således måste också krafterna uppifrån samt trycken i båda ändarna vara lika stora.



Trycket vid den streckade linjen består av det yttre lufttrycket och av det hydrostatiska trycket från vätskepelarna:

$$p_1 = p_0 + \rho_{olja} g H$$
$$p_2 = p_0 + \rho_{vatten} g h$$

(⅔ p.)

(Referensnivån antingen beskriven med ord eller klart utritad i bilden ⅔ p.)

Vätskorna är i jämvikt:

$$p_1 = p_2$$
$$\rho_{olja} g H = \rho_{vatten} g h$$

(1 p.)

Det yttre lufttryckets inverkan upphävs och för vätskepelarnas höjder får man följande relation

$$h = \frac{\rho_{olja}}{\rho_{vatten}} H$$

(⅔ p.)

Ytornas höjdskillnad är

$$H - h = H\left(1 - \frac{\rho_{olja}}{\rho_{vatten}}\right) = 5{,}0\ \mathrm{cm}\left(1 - \frac{0{,}86\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{dm}^3}}{1{,}0\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{dm}^3}}\right) = 0{,}70\ \mathrm{cm}.$$

D.v.s. oljeytan är 7,0 mm högre än vattnets yta.

(1 p.)

Uppgift 4

a) Då två ljud klingar samtidigt interfererar vågorna. Den sammansatta ljudvågen fås genom att ljudens ljudtryck vid varje tidpunkt adderas. Detta kallas för superpositionsprincipen. (1 p.)

Frekvensskillnaden för ljuden är mycket liten, varvid enveloppkurvan för trycket för det sammansatta ljudet består av pulser. Pulsens maximala amplitud fås då vågorna är i samma fas. Mellan pulserna är amplituden liten, då faserna för vågorna är motsatta. (1 p.)

Ljudstyrkan beror av tryckamplituden, vilket betyder att styrkan i det sammansatta ljudet stundtals ökar och stundtals sjunker. Detta kallas för svävning. (1 p.)

Frekvensen för det hörda ljudet, som vi uppfattar som tonhöjd, är frekvensen för vågen inne i pulsen. Denna frekvens motsvarar helt enkelt medelvärdet för de enskilda vågornas frekvens. (1 p.)

b) I figur 2 kan man avläsa att en puls varar 0,050 s.

Under en sekund hörs således 20 svävningspulser, och då är frekvensskillnaden mellan de enskilda vågorna

(⅔ p.)

$$|f_A - f_B| = \frac{1}{0{,}050\ \mathrm{s}} = 20\ \mathrm{Hz}.$$

(⅔ p.)

Frekvensen för stämjärn B är således $f_B = 440\ \mathrm{Hz} - 20\ \mathrm{Hz} = 420\ \mathrm{Hz}.$ (⅔ p.)

Uppgift 5

a) Vagnarnas totala rörelsemängd i rörelseriktningen bevaras då fjädern utlöses. (⅔ p.)

$\bar{p}_{tot} = 0$

$\bar{p}_1 + \bar{p}_3 = 0$ (⅓ p.)

$-mv_1 + 3mv_3 = 0$

$v_1 = 3v_3 = 3 \cdot 0{,}55\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 1{,}65\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \approx 1{,}7\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ (1 p.)

b) Hastigheterna i b-fallet kan betecknas med *u*.
Vagnstaplarnas rörelsemängd förändras inte:

$\bar{p}_2 + \bar{p}'_3 = 0 \Rightarrow -2mu_2 + 3mu_3 = 0 \Rightarrow u_2 = \frac{3}{2}u_3$ (⅔ p.)

Eftersom fjädern pressas ihop på samma sätt i a- och b-fallen är fjäderkraftens potentialenergi i de två fallen lika stor.

(⅔ p.)

Då fjädern utlöses omvandlas potentialenergin till rörelseenergi hos vagnarna.
Summan av vagnstaplarnas rörelseenergi är lika stor i de två fallen. (⅔ p.)
Fördelningen av rörelseenergin mellan vagnstaplarna beror av förhållandet mellan staplarnas massor.

Den totala rörelseenergin i a-fallets situation:

$$E_{\mathrm{tot}} = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}\cdot 3mv_3^2 = \frac{1}{2}m(3v_3)^2 + \frac{3}{2}mv_3^2 = 6mv_3^2$$

(⅓ p.)

Den totala rörelseenergin i b-fallets situation:

$$E_{\mathrm{tot}} = \frac{1}{2}\cdot 2mu_2^2 + \frac{1}{2}\cdot 3mu_3^2 = m\left(\frac{3}{2}u_3\right)^2 + \frac{3}{2}mu_3^2 = \frac{15}{4}mu_3^2$$

(⅔ p.)

De totala rörelseenergierna är lika stora:

$$6mv_3^2 = \frac{15}{4}mu_3^2.$$

Hastigheten för stapeln med tre vagnar:

$$u_3 = \genfrac{}{}{0pt}{}{+}{(-)}\sqrt{\frac{8}{5}}v_3 = \sqrt{\frac{8}{5}}\cdot 0{,}55\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 0{,}6957011\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \approx 0{,}70\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

Hastigheten för stapeln med två vagnar:

$$u_2 = \frac{3}{2}u_3 = \frac{3}{2}\cdot\sqrt{\frac{8}{5}}\cdot 0{,}55\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 1{,}0435516\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \approx 1{,}0\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

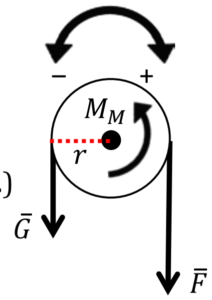
(1 p.)

Uppgift 6

a) Summan av kraftmomenten kring blockets rotationsaxel är noll, alltså $\sum M = 0$.

(⅔ p.)

Krafterna som ger upphov till moment är flakets och säckens sammansatta tyngd *G* samt kraften *F*, med vilken man drar i repet. Därtill verkar motståndsmomentet M_M på blockets axel.



Jämviktsekvationen för momenten kring blockets axel är

$$\sum M = Fr - (m_F + m_S)gr - M_M = 0.$$

(⅓ p.)

Från detta kan man lösa ut kraften

$$F = (m_F + m_S)g + \frac{M_M}{r}$$

(⅔ p.)

$$F = (2{,}9\ \mathrm{kg} + 25\ \mathrm{kg}) \cdot 9{,}81\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} + \frac{0{,}12\ \mathrm{Nm}}{0{,}050\ \mathrm{m}} = 276{,}099\ \mathrm{N} \approx 280\ \mathrm{N}.$$

(⅓ p.)

b) Då säcken lyfts utförs arbetet

$W = Fd = 276{,}099\ \mathrm{N} \cdot 2{,}8\ \mathrm{m} = 773{,}0772\ \mathrm{J} \approx 770\ \mathrm{J}.$ (1 p.)

c) Motståndsmomentet på blocket beaktas inte. Då en motvikt används, är kraften som krävs för att lyfta säcken

$$F_1 = (m_F + m_S - m_V)g$$

(⅔ p.)

eller $F_1 = 0$, om motvikten har så stor massa att $m_V \geq (m_F + m_S)$.

För att lyfta motvikten och sänka ner det tomma flaket krävs kraften

$$F_2 = (m_V - m_F)g$$

(⅔ p.)

eller $F_2 = 0$, om massan hos motvikten är så liten att $m_V \leq m_F$.

Då ingen av krafterna F_1 och F_2 är noll, är arbetet som utförs vid en rörelse fram och tillbaka

$$W = (F_1 + F_2)d = m_S g d.$$

(⅔ p.)

Om någondera kraft är noll, är arbetet som utförs vid en rörelse fram och tillbaka större än detta.

Det lönar sig således att välja motvikten så att

$$m_F \leq m_V \leq (m_F + m_S)$$
$$2{,}9\ \mathrm{kg} \leq m_V \leq 27{,}9\ \mathrm{kg}$$
$$2{,}9\ \mathrm{kg} \leq m_V \leq 28\ \mathrm{kg}$$

(1 p.)

Uppgift 7

a) Anta att den laddade skivkondensatorns elfält är homogent mellan kondensatorskivorna och försvinnande liten på andra ställen.

Efter uppladdningen frikopplas kondensatorn från spänningskällan, och därför förändras inte laddningen på kondensatorskivorna. (⅔ p.)

Materialskivan som placerats i luftspalten ändrar inte på elfältets riktning. Styrkan i elfältet förändras inte i den kvarvarande luftspalten. (⅔ p.)

i) Inne i isolatorn minskar styrkan i elfältet p.g.a. polarisationen i det isolerande ämnet. (1 p.)

Om styrkan i ett yttre elfält är E_u, är styrkan i elfältet i det isolerande materialet

$$E_e = \frac{E_u}{\varepsilon_r},$$

där ε_r är det isolerande materialets relativa permittivitet.

ii) I en ledare är styrkan i elfältet noll p.g.a. influensfenomenet. (1 p.)

b) Kapacitansen är förhållandet mellan kondensatorskivornas laddning och spänningen mellan kondensatorskivorna:

$$C = \frac{Q}{U}$$

I ett homogent elfält är spänningen

$$U = Ed,$$

där d är avståndet mellan observationspunkterna i elfältets riktning.

(1 p.)

i) I fallet med den isolerande skivan är fältet i luftspalten oförändrat, men elfältet i den isolerande skivan är svagare. Därför minskar spänningen mellan kondensatorskivorna. Eftersom kondensatorskivornas laddning inte förändras, ökar kapacitansen. (1 p.)

(Spänningen över den isolerande skivan och luftspalten:

$$U_1 + U_2 = E\frac{d}{2} + \frac{E}{\varepsilon_r}\frac{d}{2} = Ed\frac{(\varepsilon_r + 1)}{2\varepsilon_r} < Ed,$$

eftersom $\varepsilon_r > 1$.)

ii) I fallet med den ledande skivan är elfältet inne i skivan noll. I luftspalten, vars tjocklek är hälften av avståndet mellan kondensatorskivorna, är styrkan i elfältet lika stort som tidigare. Således är kondensatorns spänning hälften av den ursprungliga spänningen. Kondensatorskivornas laddning förändras inte och därför fördubblas kondensatorns kapacitans. (1 p.)

Uppgift 8

a) Den inducerade spänningen i testspolen får vi genom induktionslagen. Då förändringstakten för det magnetiska flödet genom spolen är konstant, får lagen formen

$$e = -\frac{d\Phi}{dt} = -NA\frac{\Delta B}{\Delta t}.$$

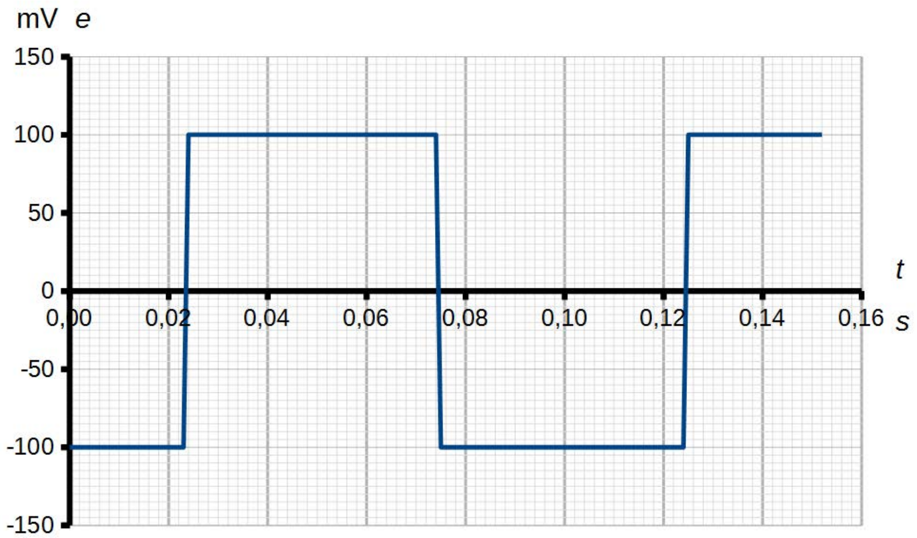
(⅔ p.)

Vi beräknar de inducerade spänningarna i testspolen som motsvarar grafens lineära delar: Topparna för *B*:s graf infaller vid tidpunkterna 0,024 s, 0,074 s och 0,124 s, d.v.s. med 0,050 s intervall. Grafen är också symmetrisk i förhållande till *t*-axeln. Således är $\left|\frac{\Delta B}{\Delta t}\right|$ konstant för grafens lineära delar varför det är tillräckligt att den inducerade spänningen beräknas med en enda förändringstakt för den magnetiska flödestätheten.

$$\hat{e} = -3600 \cdot (0{,}042\ \mathrm{m})^2 \cdot \frac{(-0{,}32 - 0{,}28)\ \mathrm{mT}}{(0{,}070 - 0{,}032)\ \mathrm{s}} = 100{,}26947\ \mathrm{mV} \approx 100\ \mathrm{mV}$$

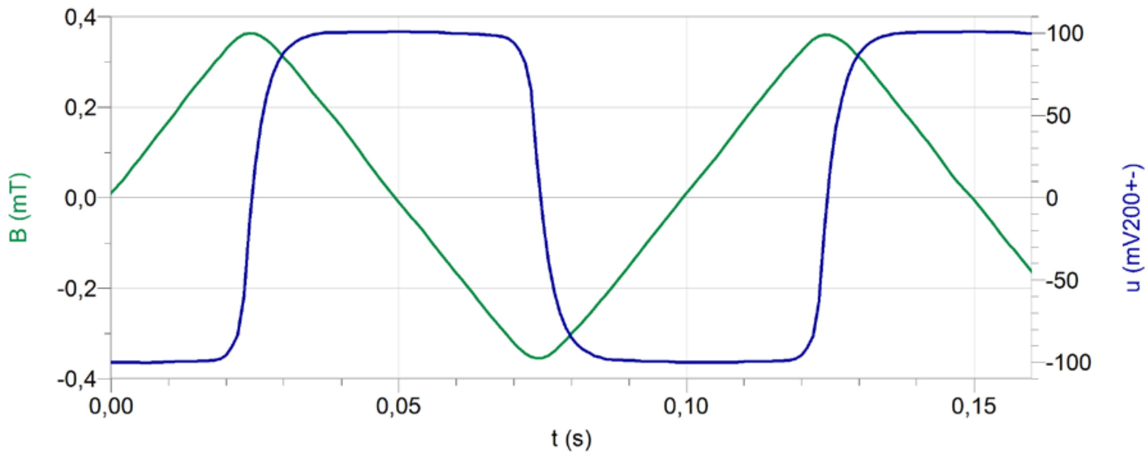
(1 ⅓ p.)

Grafen för spänningen kan ritas för att motsvara en situation där topparna i *B*(*t*) inte alls är avrundade.



(2 p.)

Nedan visas graferna över de verkliga experimentella resultaten.



b) Då spolen svängs så att dess axel inte är i magnetfältets riktning, är arean vinkelrätt mot magnetfältet $A \cos \alpha$.

Maximivärdet för den inducerade spänningen i testspolen är då

$$\hat{e} = -NA \cos \alpha \, \frac{\Delta B}{\Delta t}$$

(1 p.)

$$\hat{e} = -3600 \cdot (0{,}042 \text{ m})^2 \cdot \cos 65\,° \cdot \frac{(-0{,}32 - 0{,}28) \text{ mT}}{(0{,}070 - 0{,}032) \text{ s}} = 42{,}375711 \text{ mV} \approx 42 \text{ mV}$$

(1 p.)

Uppgift 9

a) I figur A visas excitationstillstånden i atomens elektronmoln.

(⅔ p.)

Energinivåerna i elektronmolnet bestäms i huvudsak av den **elektromagnetiska växelverkan** mellan kopparatomens elektroner och kärna, men den elektromagnetiska växelverkan mellan elektronerna inverkar också på energinivåerna. (En mycket viktig roll har Pauliprincipen.) (⅔ p.)

Excitationstillstånden uppstår då accelererade elektroner avger sin rörelseenergi till atomens elektronmoln. Energin som tas emot av kopparatomens elektroner är minst lika stor som den energi som krävs för att frigöra en elektron från K-skalet.

(⅔ p.)

b) I figur B visas kärnans excitationstillstånd. Beståndsdelarna är alltså protoner och neutroner.

(1 p.)

Energinivåerna i kärnan bestäms av den **starka växelverkan** mellan protonerna och neutronerna samt av den **elektromagnetiska växelverkan** mellan protonerna. Den starka växelverkan ger upphov till en attraktiv kraft över avstånd av samma storleksordning som kärnans storlek.

(1 p.)

Tc-99-kärnans exciterade tillstånd uppstår då den svaga växelverkan orsakar att en Mo-99-kärna omvandlas till en Tc-99-kärna genom β^--sönderfall. Vid ett betasönderfall ökar kärnans ordningstal (Z(Mo)=42, Z(Tc)=43) då en neutron omvandlas till en proton. Efter betasönderfallet befinner sig Tc-99-kärnan i ett kortvarigt excitationstillstånd. Då den exciterade kärnan återgår till grundtillståndet frigörs gammastrålning.

(1 p.)

c) Energin för fotonen som uppstår i transitionen är lika stor som skillnaden mellan nivåernas energier.

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

(⅓ p.)

I figur A är den transition som ger upphov till den längsta våglängden $L_2 \to K$. (⅓ p.)

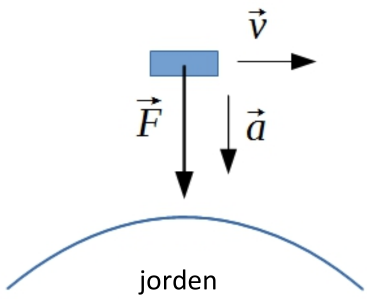
$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{4{,}1356654 \cdot 10^{-15}\mathrm{eVs} \cdot 2{,}998 \cdot 10^8 \,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{8979\ \mathrm{eV} - 952\ \mathrm{eV}} = 1{,}54462749 \cdot 10^{-10}\ \mathrm{m} \approx 0{,}15\ \mathrm{nm}$$

I figur B finns endast en transition i vilken det uppstår elektromagnetisk strålning. (⅓ p.)
Våglängden för den emitterade strålningen som motsvarar denna transition är

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{4{,}1356654 \cdot 10^{-15}\mathrm{eVs} \cdot 2{,}998 \cdot 10^8 \,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{0{,}435\ \mathrm{MeV} - 0{,}294\ \mathrm{MeV}} = 8{,}79342189 \cdot 10^{-12}\ \mathrm{m} \approx 8{,}8\ \mathrm{pm}$$

Uppgift 10

a) Jorden påverkar rymdstationen med en gravitationskraft



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

som är riktad mot jordens medelpunkt.

(Figur 1 p.)

Gravitationskraften håller stationen i en cirkulär omloppsbana på avståndet
$$r = h + R = 405000\ \mathrm{m} + 6378140\ \mathrm{m} = 6783140\ \mathrm{m}$$
från jordens medelpunkt.
Jordens massa är $M = 5{,}974 \cdot 10^{24}$ kg och rymdstationens massa är m.

Gravitationskraften ger rymdstationen en centripetalacceleration. Newtons II lag tillämpas på de krafter som påverkar rymdstationen
$$F = ma_n$$
$$\gamma \frac{mM}{r^2} = m \frac{v^2}{r},$$
(1 p.)

där v är rymdstationens hastighet. Genom att förenkla uttrycket får vi hastigheten

$$v = \sqrt{\gamma \frac{M}{r}} = \sqrt{6{,}67428 \cdot 10^{-11} \mathrm{Nm}^2/\mathrm{kg}^2 \cdot \frac{5{,}974 \cdot 10^{24}\ \mathrm{kg}}{6783140\ \mathrm{m}}} = 7666{,}893488\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 7670\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$
(1 p.)

b) Omloppstiden på den cirkulära omloppsbanan är

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi \cdot 6783140\ \mathrm{m}}{7666{,}893488\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}} = 5558{,}930178\ \mathrm{s} = 5560\ \mathrm{s} = 92{,}6\ \mathrm{min}$$
(1 p.)

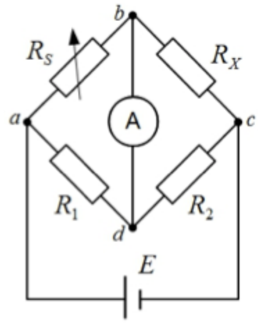
c) Gravitationskraften med vilken jorden verkar på rymdstationen håller stationen i dess bana. Utan denna kraft skulle rymdstationen fortsätta sin färd linjärt. Rymdstationen faller således fritt i gravitationsfältet. Samma växelverkan verkar också på en människa på rymdstationen.

En människa som är i fritt fall har samma acceleration som stationen (1 p.)

och människan känner därför ingen stödkraft. (1 p.)

På grund av det uppstår känslan av tyngdlöshet, trots att människan påverkas av en nästan lika stor gravitationskraft som på jordytan.

Uppgift 11



Då en elström går genom kretsen är förgreningspunkterna för strömmen i bryggan punkterna *a* och *c*. Regleringsmotståndets R_S värde har justerats så att ingen ström går genom strömmätaren.

Då är potentialerna i punkterna *b* och *d* lika stora (ingen spänningsskillnad mellan *b* och *d*).

Det leder till att följande gäller för spänningarna

$$\begin{cases} U_{ab} = U_{ad} \\ U_{bc} = U_{dc} \end{cases}.$$

(1 p.)

Strömmarna delas inte i punkterna *b* och *d*. Samma ström I_{ad} går genom motstånden R_1 och R_2. Genom motstånden R_S och R_X går också samma ström I_{ab}. (1 p.)

Enligt Ohms lag $U = RI$

$$\begin{cases} I_{ab}R_X = I_{ad}\, R_2 \\ I_{ab}R_S = I_{ad}\, R_1 \end{cases}$$

(2 p.)

Detta ger förhållandet

$$\frac{R_X}{R_S} = \frac{R_2}{R_1}$$

(1 p.)

Den sökta resistansen är

$$R_X = \frac{R_2}{R_1}R_S = \frac{3{,}00\ \mathrm{k\Omega}}{2{,}00\ \mathrm{k\Omega}} \cdot 1{,}48\ \mathrm{k\Omega} = 2{,}22\ \mathrm{k\Omega}.$$

(1 p.)

Uppgift +12

Här presenteras två exempel på mätmetoder för varje fall.

a) Bestämning av vätskans densitet:

Mätning 1.
Massan m_0 för en tom **måttflaska** och *massan m* för en måttflaska fylld med den undersökta vätskan bestäms genom vägning. *Volymen* för vätskan i måttflaskan är *V*.
Vätskans densitet är $\rho = \frac{m-m_0}{V}$.

Mätning 2.
Först vägs en **vikt** som hänger i ett **snöre i luft** med en **fjädervåg**. Därefter sänks vikten ned i vätskan som finns i ett **mätglas**. Vikten ska vara fullständigt under vätskeytan, men inte vidröra mätglasets botten. Viktens *volym V* kan avläsas på mätglaset genom att se hur mycket vätske-ytan stigit. Slutligen vägs vikten nedsänkt i vätskan med hjälp av fjädervågen. Skillnaden mellan värdena uppmätta med fjädervågen ger *lyftkraften* $N = G_\mathrm{l} - G_\mathrm{v}$ som verkar på vikten. Lyftkraften beror av vätskans densitet $N = \rho g V$.
Vätskans densitet $\rho = \frac{G_\mathrm{l}-G_\mathrm{v}}{gV}$.

b) Bestämning av vätskans specifika värmekapacitet:

Mätning 1.
Vätskans *massa m* bestäms. Vätskan hälls i en **kalorimeter** och värms upp med en **doppvärmare**. *Strömmen I* genom doppvärmaren, *spänningen U* över doppvärmaren, vätskans *uppvärmningstid t*, samt vätskans *begynnelse*- och *sluttemperaturer* T_0 och *T* mäts.
Doppvärmarens effekt är

$$P = UI = \frac{Q}{t} = \frac{cm(T - T_0)}{t}.$$

Vätskans specifika värmekapacitet är

$$c = \frac{Pt}{m(T - T_0)}.$$

Mätning 2.
Vätska med en fastställd massa m_1, hälls i en **kalorimeter**. En **metallkub** värms upp i kokande **vatten** (*temperatur* T_2). Metallkubens massa har fastställts och dess värmekapacitet är känd. *Begynnelsetemperaturen* T_1 för vätskan i kalorimetern mäts. Kuben sänks ner i vätskan i kalorimetern och sluttemperaturen *T* mäts.

Lika mycket energi överförs till den kalla vätskan som den varma metallkuben avger, d.v.s.

$$cm_1(T - T_1) = c_2m_2(T_2 - T).$$

Vätskans värmekapacitet är

$$c = \frac{c_2m_2(T_2 - T)}{m_1(T - T_1)}.$$

c) Bestämning av vätskans brytningsindex:

Mätning 1.
En **laserstråle** riktas genom vätskan ut i luft $n_l \approx 1{,}00$ och infallsvinkeln vid vilken det sker totalreflektion söks. *Gränsvinkeln* α_g mäts.
Enligt brytningslagen är

$$n \sin \alpha_g = n_l \sin 90°$$
$$n \approx \frac{1}{\sin \alpha_g}$$

Mätning 2.
En **laserstråle** riktas från luft, vars brytningsindex $n_l \approx 1{,}00$, mot vätskans yta. *Infallsvinkeln* α_l och *brytningsvinkeln* α_v mäts.
Enligt brytningslagen $n_v \sin \alpha_v = n_l \sin \alpha_l$. Vätskans brytningsindex $n_v = \frac{n_l \sin \alpha_l}{\sin \alpha_v}$.

(Poängsättning: I varje moment fås 1 p. för en fungerande idé, för omnämnande av instrumenten 1/3 p. och för de korrekta formlerna 1 p.)

Faktorer som inverkar på tillförlitligheten och noggrannheten:
För noggrannheten på enskilda mätningar och således också på slutresultatets noggrannhet inverkar mätapparaturens, t.ex. fjädervågens, mätglasets och ström- och spänningsmätarens noggrannhet och mätområde.

Till exempel följande faktorer inverkar på mätresultatets tillförlitlighet:

- Mätapparaturen är rätt kalibrerad och den visar rätt värde.
- Mätapparaten avläses rätt.
- Mätningen upprepas flera gånger så att uppenbara felmätningar kan förkastas.
- En storhet bestäms på flera sätt och resultaten jämförs med varandra.
- Storheterna, t.ex. specifika värmekapaciteten och luftens brytningsindex, som sätts in i formlerna som används för att bestämma resultatet beror av temperaturen. Temperaturberoendet måste beaktas vid beräkningen.
- Ett ämnes brytningsindex beror av ljusets våglängd.

(2 p.)

Uppgift +13

a) Med växthuseffekten avses uppvärmningen av atmosfärens lägsta lager genom växthusgasernas inverkan. (1 p.)
Den viktigaste växthusgasen är vattenånga, andra växthusgaser är bl.a. koldioxid och metan. Växthusgaserna släpper igenom solens kortvågiga strålning till jordytan, eftersom de inte absorberar synligt ljus. Däremot absorberar gaserna långvågiga infraröd strålning och på så sätt förhindrar de att en del av värmestrålningen från jorden emitteras tillbaka ut i rymden. (1 p.)

På grund av växthuseffekten hålls medeltemperaturen nära jordytan ungefär 33 °C högre än utan växthusgaser. Utan växthuseffekten skulle temperaturen nära jordytan vara ungefär -18 °C.

b) Vattenånga är en kraftig växthusgas. (1 p.)
Vattenånga finns i atmosfärens lägsta lager, där dess värmande effekt är störst. Då varm fuktig luft stiger uppåt avkyls den och vattenångan kondenseras till moln. Strålning sprids av vattendropparna i molnen. Värmestrålningen från jorden sprids tillbaka, och då har molnen en uppvärmande effekt på jordytan. Å andra sidan förhindrar molnen att solstrålning träffar jordytan, så molnen kyler också ner jorden. (1 p.)

c) Koldioxid är en växthusgas. (1 p.)
Den är fördelad över hela atmosfären. Däremot är det endast nära jordytan som det finns mycket vattenånga. Koldioxiden absorberar jordens infraröda strålning och värmer upp också de övre luftlagren. (1 p.)

En ökning av koldioxidhalten höjer atmosfärens temperatur ytterligare. Eftersom mängden vattenånga beror av luftens temperatur, ökar också mängden vattenånga. Då förstärks också växthuseffekten, vilket kan ta sig uttryck i en förhöjning av jordens medeltemperatur.

Förändringarna i halterna av vattenånga i luften är snabba, däremot försvinner koldioxid långsamt från atmosfären.

En förhöjning av medeltemperaturen kan ge upphov till klimatförändring. Fenomen som är förknippade med klimatförändringen är bl.a. uppvärmning av vattnet i haven, förändringar i havsströmmarna och en ökning av extrema väderförhållanden. (1 p.)

d) För fallet med inlandsis är det frågan om ett så kallat återkopplingsfenomen där en liten ökning av temperaturen förorsakar händelser som ytterligare förstärker temperaturökningen.

Isens yta reflekterar solens strålning mycket bättre än en blottad markyta eller smultet vatten. Då temperaturen ökar som resultat av en förstärkt växthuseffekt börjar isen smälta. När isen smälter blottas markyta eller smältvatten, vilka absorberar mera strålning än de reflekterar. Temperaturen ökar ytterligare och inlandsisen börjar smälta snabbare. Havsis fungerar också som en god isolator mellan kall luft och varmare havsvatten. Om havet är fritt från ett istäcke för en större del av året så minskar effekten av denna isolering.

När inlandsisen smälter blir den också mörkare då aska och annat mörkt jordstoft från inuti isen blir synligt. Föroreningar som färdas med vinden från andra källor samlas även kontinuerligt på isens yta. Den mörka ytan absorberar strålning bra, vilket har en liknande temperaturökande och smältningsbefrämjande effekt.

Då isen smälter befrias de växthusgaser som varit bundna i isen, jorden och haven till atmosfären, i synnerhet koldioxid och metan. Detta förstärker ytterligare växthuseffekten. Haven fungerar som en lagrare av kol och kallt vatten binder mera koldioxid än varmt vatten. I haven sker det ett omlopp av vatten i djupled, vilket leder till att koldioxidhaltigt vatten förflyttas till havens botten. Detta omlopp kan störas om havens temperatur ökar. (2 p.)