



## PROVET I FYSIK 14.9.2015 BESKRIVNING AV GODA SVAR

De beskrivningar av svarens innehåll och poängsättningar som ges här är inte bindande för studentexamensnämndens bedömning. Censorerna beslutar om de kriterier som används i den slutgiltiga bedömningen.

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 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. 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.

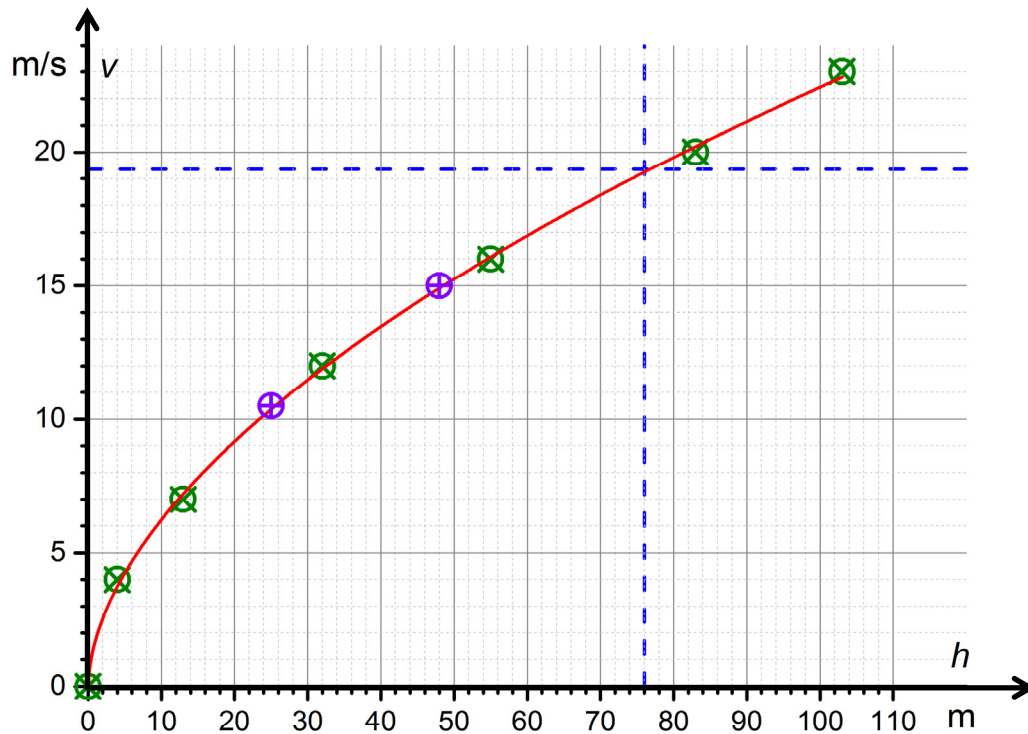
## Uppgift 1

	En kropps rörelseenergi	En kropps potentialenergi	Kemisk energi	Strålningsenergi
A	+	-	0	0
B	0	0	-	+
C	+	+	-	+

Bedömning: För varje ruta som är korrekt ifylld +½ p. En tom ruta tolkas som fel.

## Uppgift 2

a)



3 p.

b) Då raketens flyghöjd är 76 m, är dess hastighet 19 m/s.

1 p.

c) Från grafen avläses raketens momentana hastigheter då raketen är på höjderna 25 m och 48 m.

$$v_1 = 10,5 \text{ m/s} \quad v_2 = 15,0 \text{ m/s} \quad t_1 = 4,0 \text{ s} \quad t_2 = 6,0 \text{ s}$$

1 p.

$$a_k = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(15,0 - 10,5) \text{ m/s}}{(6,0 - 4,0) \text{ s}} = 2,25 \text{ m/s}^2 \approx 2,3 \text{ m/s}^2$$

1 p.

### Uppgift 3

vattens totala massa:  $m_1 = 6,0$  kg

massan för det vatten som värms upp:  $m_2 = 1,2$  kg

vattnets specifika värmekapacitet:  $c = 4190$  J/(kg °C) (hålls konstant)

vattnets begynnelsestemperatur:  $T_1 = 19$  °C

vattnets sluttemperatur:  $T_2 = 95$  °C

uppvärmningstiden:  $t = 230$  s

vattenkokarens totaleffekt:  $P_{tot.} = 2,0$  kW

a) Effekten som krävs för att värma vattnet:

$$P = \frac{Q}{t} = \frac{cm_2(T_2 - T_1)}{t} \quad 1 \text{ p.}$$

Vattenkokarens verkningsgrad:

$$\eta = \frac{P}{P_{tot.}} = \frac{cm_2(T_2 - T_1)}{P_{tot.}t} \quad 1 \text{ p.}$$

$$\eta = \frac{4190 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 1,2 \text{ kg} \cdot (95^\circ\text{C} - 19^\circ\text{C})}{2000 \text{ W} \cdot 230 \text{ s}} = 0,83071304 \approx 83 \% \quad 1 \text{ p.}$$

Vattenkokarens verkningsgrad är 83 %.

b) Det varma vattnet avger värmemängden  $Q_1$  och det kalla vattnet tar emot värmemängden  $Q_2$ .  
Det kalla vattnet tar emot lika mycket värme som det varma vattnet avger. 1 p.  
Vi betecknar sluttemperaturen med  $T_x$ .

$$Q_1 + Q_2 = 0$$
$$c(m_1 - m_2)(T_x - T_1) + cm_2(T_x - T_2) = 0 \quad 1 \text{ p.}$$

Vi löser ekvationen med avseende på sluttemperaturen och insätter de givna siffrvärdena:

$$T_x = \frac{(m_1 - m_2)T_1 + m_2T_2}{m_1}$$
$$T_x = \frac{(6,0 \text{ kg} - 1,2 \text{ kg}) \cdot 19^\circ\text{C} + 1,2 \text{ kg} \cdot 95^\circ\text{C}}{6,0 \text{ kg}} = 34,2^\circ\text{C} \approx 34^\circ\text{C}$$

Diskvattnets sluttemperatur i hinken är 34 °C. 1 p.

#### Uppgift 4

- a) Vitt ljus innehåller alla färger ur det synliga spektret, från rött, som har den längsta våglängden, till violett, som har den kortaste våglängden. 1 p.

Ljuset bryts, dvs. byter riktning, i gränsskiktet mellan luften och glaset, både då det kommer in i prismet och då det kommer ut ur prismet. 1 p.

Brytningsvinkeln beror av ljusets färg, dvs. brytningsindexet beror av ljusets våglängd. Jo kortare våglängd, desto mer bryts ljuset. På grund av detta spjälks det vita ljuset som går genom prismet upp i färger. 1 p.

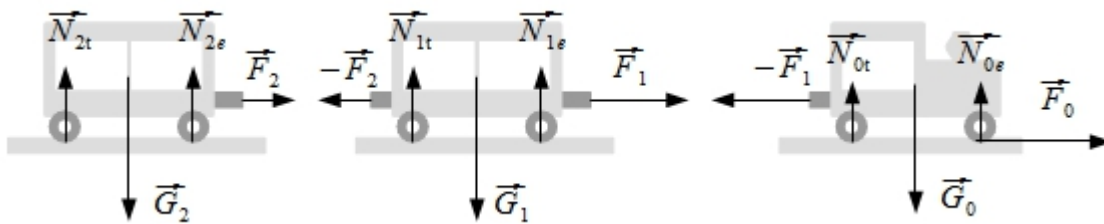
- b) Naturligt ljus innehåller alla våglängder som ögat kan se. Ljuset som infaller mot pölens yta reflekteras både från gränssytan mellan luften och oljan och från gränssytan mellan oljan och vattnet. Ljusvågorna som reflekterats från olika gränssytor interfererar med varandra. 1 p.

Mellan de interfererande ljusvågorna uppstår en fasskillnad, som beror på vågornas våglängdsskillnad, dvs. av oljeskiktets tjocklek och av ljusets våglängd. 1 p.

Interfererande vågor i samma fas förstärker varandra och vågor i motsatt fas försvagar varandra. På grund av detta förstärks vissa färger och vissa färger försvagas. Då man ser på oljefläcken uppifrån, ser man olika färgade områden eftersom oljeskiktets tjocklek varierar. 1 p.

## Uppgift 5

a) Varje kraftfigur är värd högst 1 p.



Om båda axlarna i loket drar, måste vektorn  $\vec{F}_0$  delas in i två delar, vars sammanlagda längd motsvarar längden på vektorn i figuren.

b) Newtons II lag

$\frac{2}{3}$  p.

$$\sum F_{xi} = m_i a$$

$$\begin{cases} F_0 - F_1 = m_0 a \\ F_1 - F_2 = m_1 a \\ F_2 = m_2 a \end{cases}$$

1 p.

Vi löser de okända krafterna ur ekvationssystemet

$$\begin{cases} F_1 = (m_1 + m_2) a = (750 \text{ kg} + 750 \text{ kg}) \cdot 0,32 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 480 \text{ N} & \frac{2}{3} \text{ p.} \\ F_2 = m_2 a = 750 \text{ kg} \cdot 0,32 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 240 \text{ N} & \frac{2}{3} \text{ p.} \end{cases}$$

Den kraft som verkar framåt på vagnen är 480 N och den kraft som verkar bakåt är 240 N.

## Uppgift 6

Repets längd:  $l = 2,5 \text{ m}$

Vinkeln i extremläget:  $\varphi = 45^\circ$

Vinkeln i jämviktsläget:  $\varphi_0 = 0^\circ$

a) I extremläget stannar gungan upp och barnets hastighet är  $v = 0$ .  $\frac{1}{3}$  p.

Enligt Newtons II lag  $\frac{1}{3}$  p.

$$\sum \vec{F} = m \vec{a}$$

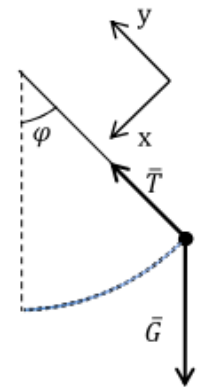
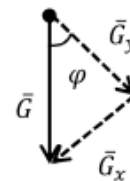
$$\vec{T} + \vec{G} = m \vec{a}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} T - G_y = m a_N = m \frac{v^2}{l} \\ G_x = m g \sin \varphi = m a_T \end{cases} \quad \frac{2}{3} \text{ p.}$$

Eftersom hastigheten är noll är normalaccelerationen

$$a_N = \frac{v^2}{l} = 0 \quad \frac{1}{3} \text{ p.}$$

Kraftfigur  $\frac{2}{3}$  p.



Den tangentiella accelerationen

$$a_T = g \sin \varphi = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \sin 45^\circ = 6,936718 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad \frac{1}{3} \text{ p.}$$

$$\text{Barnets acceleration } a = \sqrt{a_N^2 + a_T^2} = a_T \approx 6,9 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad \frac{1}{3} \text{ p.}$$

b) Det gungande barnets mekaniska energi bevaras,  $\frac{1}{3}$  p.

således har barnet i extremläget endast potentialenergi och i jämviktsläget endast rörelseenergi.

$$mgh = \frac{1}{2} m v_0^2 \quad \frac{2}{3} \text{ p.}$$

Extremläget är på höjden

$$h = l(1 - \cos \varphi).$$

Barnet har i jämviktsläget hastigheten

$$v_0 = \sqrt{2gh} = \sqrt{2gl(1 - \cos \varphi)} = 3,79030 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 3,8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad 1 \text{ p.}$$

Normalaccelerationen

$$a_{N0} = \frac{v_0^2}{l} = \frac{2gl \cos \varphi}{l} = 2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (1 - \cos 45^\circ) = 5,74656 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad \frac{1}{3} \text{ p.}$$

Den tangentiella accelerationen

$$a_{T0} = g \sin \varphi_0 = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \sin 0^\circ = 0 \quad \frac{1}{3} \text{ p.}$$

$$\text{Barnets acceleration } a_0 = \sqrt{a_{N0}^2 + a_{T0}^2} = a_{N0} \approx 5,7 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad \frac{1}{3} \text{ p.}$$



## Uppgift 7

a) Ur grafen över potentialen i kretsen ser man att källspänningen är 9,0 V. Spänningskällans inre resistans sänker potentialen med 1,0 V och då är spänningskällans polspänning 8,0 V.

2 p.

b) Genom att jämföra potentialfallet som den inre resistansen förorsakar, med potentialfallen från de övriga motstånden, märker man att den inre resistansen orsakar ett lika stort potentialfall (-1,0 V) som  $R_1$ .

1 p.

Eftersom samma ström  $I$  går genom alla motstånd, måste spänningskällans inre resistans vara lika stor som  $R_1$  dvs. 2,0  $\Omega$ .

1 p.

c) Man beräknar strömmen i kretsen med hjälp av Kirchhoffs II lag:

$$E - R_s I - R_1 I - R_2 I = 0$$

$$I = \frac{E}{R_s + R_1 + R_2} = \frac{9,0 \text{ V}}{2,0 \Omega + 2,0 \Omega + 14 \Omega} = 0,50 \text{ A}$$

2 p.



## Uppgift 8

- a) Järn är ett ferromagnetiskt ämne. Järnstången inne i spolen förstärker därför märkbart magnetfältet. Den uppmätta magnetiska flödestätheten är därför märkbart större än motsvarande fält för den tomma spolen. 1 p.

I ferromagnetiska ämnen, som järn, finns färdigt magnetiserade domäner. 1 p.

Domänernas magnetism härrör sig från växelverkan mellan närliggande atomer. Då det inte finns något yttre magnetfält är magnetiseringarna i domänerna slumpmässigt riktade och kroppen producerar således inget yttre magnetfält.

Då ett ferromagnetiskt ämne placeras i ett yttre magnetfält, börjar magnetfältet vända de magnetiska domänerna i det yttre fältets riktning. Domänerna förstärker då det yttre fältet märkbart. 1 p.

- b) Aluminium är ett paramagnetiskt ämne, dvs. det förstärker magnetfältet endast litet. Den uppmätta flödestätheten är således endast litet högre än motsvarande värde för den tomma spolen och märkbart mindre än den flödestäthet som uppmättes i a-fallet. 1 p.

I paramagnetiska ämnen, som aluminium, vänder sig endast vissa elektroners magnetiska moment i fältets riktning. Detta fenomen är mycket svagare än ferromagnetism och det yttre fältet förstärks således endast litet. 1 p.

- c) Ferromagnetiska ämnen förändras till paramagnetiska då deras temperatur överstiger en viss gräns, den s.k. Curie-temperaturen. Järnets Curie-temperatur är  $770^{\circ}\text{C}$ , dvs. vid  $850^{\circ}\text{C}$  är järn paramagnetiskt och magnetfältet förstärks endast litet. 1 p.

## Uppgift 9

- a) Historiska och förhistoriska provs ålder kan bestämmas med hjälp av den radioaktiva  $^{14}\text{C}$ -isotopen.

En del av koldioxiden  $\text{CO}_2$  i den övre atmosfären blir radioaktiv på grund av kosmisk strålning. Koldioxid sprider sig från luften till växter, människor och djur, och därför är halten av radioaktivt kol i levande organismer proportionell mot halten av radioaktivt kol i luften. 1 p.

Då organismen dör upphör tillförseln av koldioxid och halten av  $^{14}\text{C}$ -isotopen börjar minska på grund av betasönderfall. Minskningen är dock relativt långsam, eftersom det radioaktiva kolets halveringstid är 5 730 år. 1 p.

Ett provs ålder kan bestämmas på två olika sätt: Genom att mäta provets aktivitet och jämföra detta med aktiviteten i en levande organism, eller genom att bestämma förhållandet mellan antalet  $^{14}\text{C}$ - och  $^{12}\text{C}$ -isotoper i provet och jämföra det med motsvarande förhållande i en levande organism. 1 p.

- b) Antalet radioaktiva  $^{14}\text{C}$ -kärnor minskar exponentiellt i ett prov. Däremot förändras inte antalet  $^{12}\text{C}$ -kärnor efter döden. Vi betecknar  $^{14}\text{C}$ -kärnornas antal i provet vid tiden för dateringen och vid tiden för den avlidnes död enligt följande:

$$N = 1,12 \cdot 10^{-12} \cdot N(^{12}\text{C})$$

$$N_0 = 1,22 \cdot 10^{-12} \cdot N(^{12}\text{C})$$

$$^{14}\text{C}\text{-isotopens halveringstid: } T_{1/2} = 5730 \text{ a} \quad \frac{1}{3} \text{ p.}$$

$$\text{Sönderfallskonstanten: } \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \quad \frac{1}{3} \text{ p.}$$

$$\text{Sönderfallslagen: } N = N_0 e^{-\lambda t} \quad \frac{1}{3} \text{ p.}$$

Vi löser ut provets ålder ur sönderfallslagen och sätter in de givna värdena. Lagg märke till att  $N(^{12}\text{C})$  förkortas bort.

$$t = \frac{T_{1/2}}{\ln 2} \ln \left( \frac{N_0}{N} \right)$$
$$t = \frac{5730 \text{ a}}{\ln 2} \ln \left( \frac{1,22 \cdot 10^{-12}}{1,12 \cdot 10^{-12}} \right) = 706,981 \text{ a}$$

1 p.

Då gravens åldersbestämning gjordes 2013 visade sig graven vara från 1300-talet. Om dateringen gjorts endast utifrån föremålsfynden hade graven och den avlidne daterats till en äldre tidpunkt än de i verkligheten var från. 1 p.

### Uppgift 10

$$\begin{array}{ll} m = 5,5 \text{ kg} & l_1 = 0,62 \text{ m} \\ m_L = 0,0102 \text{ kg} & l_2 = 0,31 \text{ m} \\ v = 235 \text{ m/s} & r_1 = 0,31 \text{ m} \\ l_L = 0,0167 \text{ m} & r_2 = 0,155 \text{ m} \end{array}$$

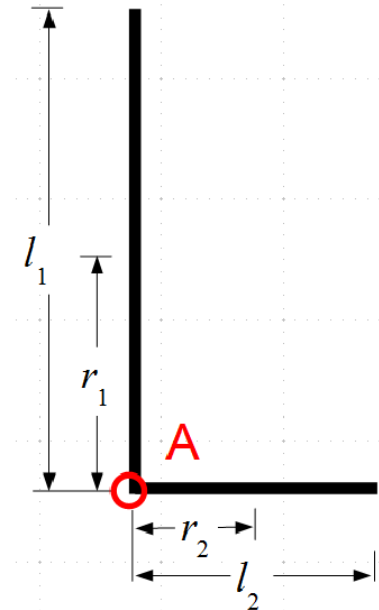
a) Vi tillämpar impulsprincipen då kulan träffar kroppen:

$$F \cdot t = \Delta p = m_L v$$

Kulans hastighet minskar likformigt till noll under en sträcka lika lång som kulans längd:

$$l_L = \frac{1}{2} vt \quad t = \frac{2l_L}{v}$$

$$F = \frac{m_L v}{t} = m_L v \cdot \frac{v}{2l_L} = \frac{m_L v^2}{2l_L} = \frac{0,0102 \text{ kg} \cdot (235 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 \cdot 0,0167 \text{ m}} = 16865,12 \text{ N} \approx 16900 \text{ N}$$



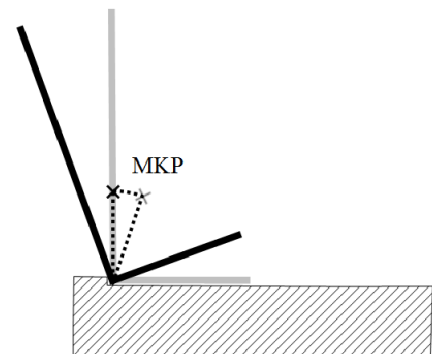
b) Låt kraftmomentet från träffen kring en axel genom punkten A vara  $M_1$  och momentet från tyngden på skivans nedre del vara  $M_2$ .

$$M_1 = r_1 F = 0,31 \text{ m} \cdot 16865,12 \text{ N} = 5228,187 \text{ Nm} \approx 5200 \text{ Nm}$$

$$M_2 = -r_2 \cdot \frac{1}{3} mg = -2,79 \text{ Nm} \approx -2,8 \text{ Nm}$$

Skivan börjar luta om  $M_1 + M_2 > 0$

Eftersom  $M_1 + M_2 \approx 5200 \text{ Nm}$  lutar skivan.



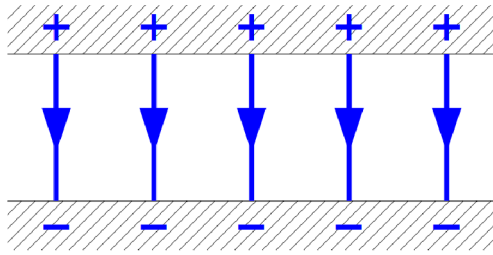
## Uppgift 11

a) Då strömmen upphör har kondensator A laddats till spänningen 9,0 V.

$$\text{Laddning: } Q_0 = C_A U_0 = 15 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot 9,0 \text{ V} = 1,35 \cdot 10^{-10} \text{ C} \approx 140 \text{ pC} \quad 1 \text{ p.}$$

$$\text{Energi: } W_A = \frac{1}{2} C_A U_0^2 = \frac{1}{2} \cdot 15 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot (9,0 \text{ V})^2 = 6,075 \cdot 10^{-10} \text{ J} \approx 610 \text{ pJ} \quad 1 \text{ p.}$$

b)



1 p.

$$\text{Styrkan i elfältet: } E_A = \frac{U_0}{d} = \frac{9,0 \text{ V}}{0,0012 \text{ m}} = 7500 \frac{\text{V}}{\text{m}} \quad 1 \text{ p.}$$

c) Kapacitansen för skivkondensatorn  $C = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{A}{d}$ . Eftersom avståndet mellan skivorna på kondensator B är dubbelt så stort som på kondensator A och kondensatorerna är annars likadana, är kapacitansen för kondensator B hälften så stor som kapacitansen för kondensator A.

Då kondensatorerna kopplas enligt figuren har de samma spänning.

Laddningen fördelas mellan kondensatorerna, den totala laddningen bevaras.

Kondensatorkopplingens totala kapacitans är summan av kapacitanserna. 2/3 p.

$$\begin{aligned} Q_B &= C_B U_B & U_B &= U_A = U_{\text{tot}} \\ Q_A &= C_A U_A & Q_B + Q_A &= Q_0 & C_B &= \frac{1}{2} C_A \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_B + Q_A &= (C_B + C_A) U_{\text{tot}} \\ U_{\text{tot}} &= \frac{Q_B + Q_A}{C_B + C_A} = \frac{Q_0}{\frac{3}{2} C_A} = \frac{Q_0}{\frac{3}{2} C_A} = \frac{2}{3} \frac{Q_0}{C_A} = \frac{2}{3} U_0 \end{aligned}$$

$$\text{Spänningen över kondensatorerna: } U_A = U_B = \frac{2}{3} \cdot 9,0 \text{ V} = 6,0 \text{ V} \quad 2/3 \text{ p.}$$

Kondensatorernas energier:

$$W_{AB} = \frac{1}{2} C_A U_A^2 + \frac{1}{2} C_B U_B^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{2} C_A \cdot \left(\frac{2}{3} U_0\right)^2 = \frac{3}{4} \cdot 15 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot (6,0 \text{ V})^2 = 4,05 \cdot 10^{-10} \text{ J} \approx 410 \text{ pJ} \quad 2/3 \text{ p.}$$

( $W_{AB} < W_A$ , eftersom en del av energin omvandlas till värme pga. strömmen som går i ledningarna och pga. spänningsfallet i ledningarna.)

## Uppgift +12

Livscykeln för tunga och lätta stjärnor skiljer sig från varandra. Alla stjärnor föds dock på samma sätt. För att en stjärna ska födas behövs framför allt tillräckligt med vätgas, som genom gravitationens påverkan samlas och massan koncentreras. Då vätgasen koncentreras, ökar gasens temperatur och tryck och till slut börjar vätekärnorna fusioneras. I fusionerna bildas helium och det frigörs energi, dvs. stjärnan tänds. Stjärnan uppnår en jämvikt, där gravitationskraften och den kraft som strålningstrycket orsakar är i jämvikt. Då sägs stjärnan höra till stjärnornas huvudserie. Stjärnans luminositet och färg beror av stjärnans yttemperatur.

3 p.

Ju större stjärna det är fråga om desto snabbare använder den slut på sitt väte. En stor stjärnas livstid är således kortare än en liten stjärnas. Då vätet nästan har använts slut, avslutas stjärnans tid på huvudserien. Då kärnans väteförråd har fusionerats till helium, flyttar väteets fusionreaktion till skalet och stjärnans yttre del börjar utvidgas. Heliumkärnans massa ökar, den krymper och den blir hetare. Stjärnan blir en röd jätte. Småningom minskar stjärnans temperatur och den blir allt rödare.

1 p.

Till slut börjar stjärnan falla samman, då strålningstrycket minskar. En stjärna med liten massa frigör sitt ytskikt till rymden då den sammanfaller, men kärnan koncentreras till en liten het boll. Stjärnan blir en vit dvärg. En vit dvärg innehåller kol och syre. Eftersom fusionsreaktionerna har upphört svalnar den vita dvärgen så småningom och slutar att lysa. Då kallas stjärnan för en svart dvärg. Detta öde väntar solen, liksom alla andra stjärnor som har en massa som är högst tre gånger solens.

2 p.

En stjärna med stor massa exploderar då den faller samman. Explosionen kallas för en supernova. I fusionsreaktioner i supernovan uppstår kärnor som är tyngre än järn, t.ex. bly och uran. Dessa reaktioner förbrukar energi. Dessa grundämnen frigörs till rymden i explosionen. Stjärnans kärna å sin sida sammanfaller till en tät neutronstjärna, dvs. en pulsar. Eftersom stjärnans rörelsemängdsmoment bevaras, roterar den med en större vinkelhastighet ju mindre kärnan är. Då neutronstjärnan roterar kraftigt, sänder den iväg radiovågor. Därför är det lätt att observera neutronstjärnor med mätapparatur.

2 p.

Stjärnor med mycket stor massa blir till svarta hål i supernovaexplosionen. Då koncentreras stjärnans kärna till en mycket liten volym. Gravitationsfältet från ett svart hål är så starkt att varken ljus eller materia kan rymma från det svarta hålet. Detta område från vilket inte ens ljus kan rymma kallas för händelsehorisonten och dess radie för Schwarzsilds radie.

1 p.

### Uppgift +13

- a) Elektronernas största möjliga kinetiska energi är  $E_k = eU$ , där  $U$  är accelerationsspänningen och  $e$  är elementarladdning. Då elektronerna kolliderar med kvicksilveratomerna förlorar de energi till atomerna. I grafen ser man att de största energiförlusterna sker vid accelerations-spänningarna 5,0 V, 10,0 V och 15,0 V.

Resultatet kan tolkas så att vid dessa värden på accelerationsspänningen tar atomerna emot hela elektronens rörelseenergi. Atomens energitillstånd är kvantiserade.

Då atomen tar emot energi, övergår den till ett exciterat tillstånd. Då den atomen återgår till grundtillståndet emitteras en foton vars energi är lika stor som energiskillnaden mellan atomens exciterade tillstånd och grundtillståndet. Våglängden på strålningen som uppstår bestäms av fotonens energi  $E = hf$ , där  $f = c/\lambda$ . I grafen kan man urskilja tre toppar, vars energier är ungefär multipler av en viss energi  $E$ .

Det är fråga om ett av atomens exciterade tillstånd och hur detta tillstånd återgår till grundtillståndet. Den första toppen motsvarar att ett energikvantum absorberas i den första kollisionen. Den andra och tredje toppen motsvarar de påföljande kollisionerna. Denna tolkning förklarar varför man i experimentet endast observerar en specifik våglängd.

- b) Av grafen kan man avläsa att spänningsskillnaden mellan topparna är 5,0 V, vilket motsvarar energin  $E = 5,0$  eV. Genom att använda detta värde får man för våglängden:

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{4,1356 \cdot 10^{-15} \text{ eVs} \cdot 2,998 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{5,0 \text{ eV}} = 248 \text{ nm}$$