



PROVET I FYSIK 18.9.2017 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 teori-konstruktioner 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 gymnasiet 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 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. 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.

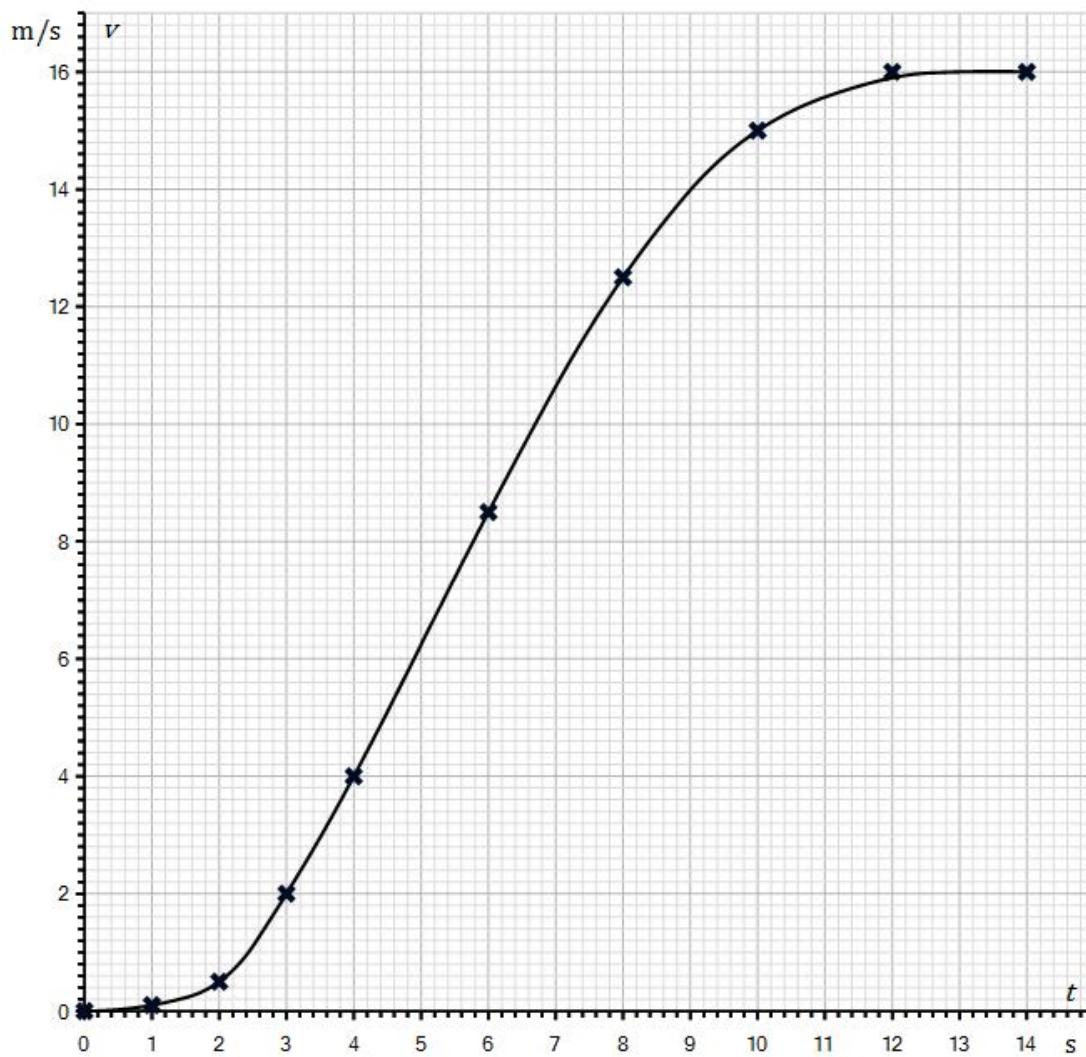
Uppgiftens olika delar bedöms med en noggrannhet på 1/3 poäng, och summan avrundas till hela poäng.

Uppgift 1

	a	b	c	d	e	f
A) Kroppen rör sig likformigt.	X					
B) Kroppens rörelse är accelererande eller retarderande.		X	X	X	X	X
C) Kroppen är i vila vid tidpunkten $t = 0$ s.		X		X	X	X
D) Kroppen är i samma position vid rörelsens början och slut.			X			

Uppgift 2

a)



Grafen 3 p.

- b) Sträckan som bilen färdats kan bestämmas med hjälp av arean mellan kurvan och tidsaxeln. Genom att räkna rutorna vid grafisk integrering eller med hjälp av en räknare får man resultatet $129 \text{ m} \approx 130 \text{ m}$.

Metoden rätt 1 p. + resultatet rätt 1 p.

- c) Bilens medelhastighet får man genom att dividera avståndet som bestämdes i deluppgift b med tiden under vilken bilen har färdats.

$$v_k = \frac{s}{t} = \frac{129 \text{ m}}{14,0 \text{ s}} = 9,2142857 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 9,2 \text{ m/s}$$

1 p.

Uppgift 3

- a) Kroppens temperatur ändrar inte medan den smälter. Smältpunkten avläses från den vågräta delen av kurvan i grafen. Smältpunkten är $-114,0 \text{ }^\circ\text{C}$.

1 p.

- b) Den energi som absorberas av kroppen då den smälter går i sin helhet till kroppens fasförändring, då man antar att värmeförlusterna är obetydliga.

$$Q = P \cdot \Delta t = sm$$

1 p.

Tiden som smältningen tagit är $\Delta t = 15,2 \text{ min} - 3,0 \text{ min} = 12,2 \text{ min}$.

Ämnets specifika smältvärme är

$$s = \frac{P \cdot \Delta t}{m} = \frac{55,0 \text{ W} \cdot 12,2 \cdot 60 \text{ s}}{0,394 \text{ kg}} = 102182,7411 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \approx 102 \text{ kJ/kg}$$

1 p.

- c) Den energi som överförs till vätskan går i sin helhet till en höjning av temperaturen.

$$Q = P \cdot \Delta t = cm \cdot \Delta T$$

1 p.

Vätskans uppvärmning granskas för tidsintervallen

$\Delta t = 20,0 \text{ min} - 15,2 \text{ min} = 4,8 \text{ min}$.

Vätskans temperaturförändring är $\Delta T = -97,5 \text{ }^\circ\text{C} - (-114,0 \text{ }^\circ\text{C}) = 16,5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Ämnets specifika värmekapacitet är

$$c = \frac{P \cdot \Delta t}{m \cdot \Delta T} = \frac{55,0 \text{ W} \cdot 4,8 \cdot 60 \text{ s}}{0,394 \text{ kg} \cdot 16,5 \text{ }^\circ\text{C}} = 2436,548223 \text{ J/kg }^\circ\text{C} \approx 2,4 \text{ kJ/kg }^\circ\text{C}$$

1 p.

- d) Det okända ämnet kan vara etanol. 1 p.

Smältpunkten för etanol är $-114\text{ }^{\circ}\text{C}$, specifika smältvärmerna är 102 kJ/kg och specifika värmekapaciteten som vätska är $2,43\text{ kJ/kg }^{\circ}\text{C}$.

Uppgift 4

- a) Genom att mäta utifrån bilden får man avståndet mellan efter varandra följande vågtoppar till 50–100 m. Dyningarnas våglängd ligger inom det här intervallet.

1 p.

- b) När en våg som utbreder sig träffar ett hinder förändras vågfrontens form. Fenomenet kallas diffraktion. I det här fallet träffar dyningarna från havet strandlinjen och vågorna kan fortsätta endast genom det smala sundet. Efter öppningen böjer sig vågfronten och fyller hela bukten. Situationen motsvarar diffraktion genom en smal spalt.

2 p.

- c) Diffraktionsfenomen är enkla att upptäcka då vågrörelsens våglängd och hindret eller öppningens storlek är av samma storleksordning.

1 p.

I bildens fall är dyningarnas våglängd (50–100 m) och sundets bredd (200 m) av samma storleksordning, vilket gör att diffraktion kan upptäckas.

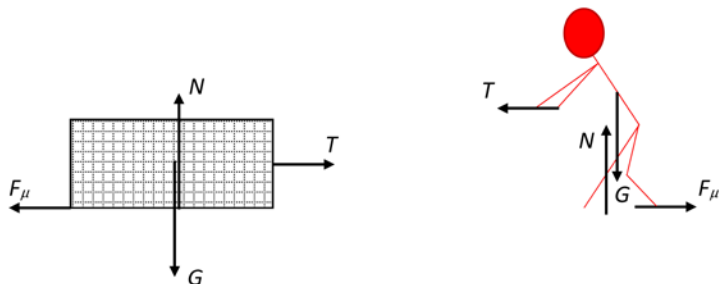
1 p.

För det synliga ljusets del är den elektromagnetiska vågrörelsens våglängd ungefär 0,5 mikrometer medan dörrspringans bredd är några centimeter. Då våglängden är mindre än en tusendel av springans storlek kommer diffraktion inte att förorsaka en märkbar förändring i vågfrontens form.

1 p.

Uppgift 5

- a) Kraftfigurer för lådan och personen som drar 1 p. + 1 p.



Enligt Newtons II lag är friktionskraften mellan personens skor och golvet lika stor som spännkraften i repet.

$$F_{\mu}^{\text{Person}} - T = 0$$

Personens skor kommer nätt och jämnt att inte röra på sig då friktionskraften mellan skorna och golvet är fullt utvecklad. Kraften är då lika stor som den spännkraft personen förmår överföra till repet

$$F_{\mu, \max}^{\text{Person}} = \mu_0 G = \mu_0 m g = T_{\max}$$

1 p.

Eftersom lådan inte rör på sig får man enligt Newtons II lag

$$T_{\max} - F_{\mu}^{\text{låda}} = 0$$

alltså är friktionskraften som påverkar lådan lika stor som den största spännkraften i repet.

$$F_{\mu}^{\text{låda}} = \mu_0 m g = 0,50 \cdot 85 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 416,925 \text{ N} \approx 420 \text{ N}$$

1 p.

- b) Lådan börjar röra på sig när spännkraften i repet är större än en fullt utvecklad vilofriktion mellan lådan och golvet. Vid gränsfallet gäller

$$F_{\mu, \max}^{\text{låda}} = \mu_0 M g = \hat{\mu}_0 m g$$

1 p.

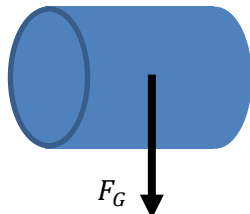
då vilofriktionskoefficienten mellan skorna och golvet är

$$\hat{\mu}_0 = \frac{M}{m} \mu_0 = \frac{120 \text{ kg}}{85 \text{ kg}} \cdot 0,50 = 0,70588235 \approx 0,71.$$

1 p.

Uppgift 6

- a) Riktningen hos telekommunikationsantennerna på jorden kan hållas konstant. 1 p.
- b) Satelliten påverkas av jordens gravitationskraft i riktning mot jordens tyngdpunkt (massmedelpunkt). 1 p.



- c) Satelliten rör sig i en jämn cirkelformad bana runt jordens medelpunkt. Enligt Newtons II lag blir satellitens rörelseekvation

$$\begin{aligned}F_G &= ma = ma_N \\G \frac{Mm}{r^2} &= m \frac{v^2}{r} \\G \frac{M}{r} &= v^2\end{aligned}$$

2 p.

Satelliten gör ett helt omlopp på ett dygn.

$$G \frac{M}{r} = \left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2$$

Omloppsbanas radie

$$\Rightarrow r = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{(2\pi)^2}}$$

1 p.

$$r = \sqrt[3]{\frac{6,67428 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \cdot 5,974 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot (24 \cdot 60 \cdot 60 \text{ s})^2}{(2\pi)^2}} = 42245,371 \text{ m}$$

Avståndet från markytan är

$$h = r - R = 42245,371 \text{ km} - 6356,755 \text{ km} = 35888,616 \text{ km} = 36000 \text{ km.}$$

1 p.

Uppgift 7

- a) För ett homogent elektriskt fält gäller $U = Ed$.

$$E = \frac{U}{d} = \frac{15,0 \text{ V}}{0,100 \text{ m}} = 150 \text{ V/m}$$

2 p.

Fältets riktning är från den positiva elektroden mot den negativa, från höger till vänster i bilden.

1 p.

- b)

$$U = Ed = 150 \frac{\text{V}}{\text{m}} \cdot 0,030 \text{ m} = 4,5 \text{ V}$$

1 p.

- c) Cirkeln som ritas med silverbläck är en ledare. Innanför den är den elektriska fältstyrkan noll.

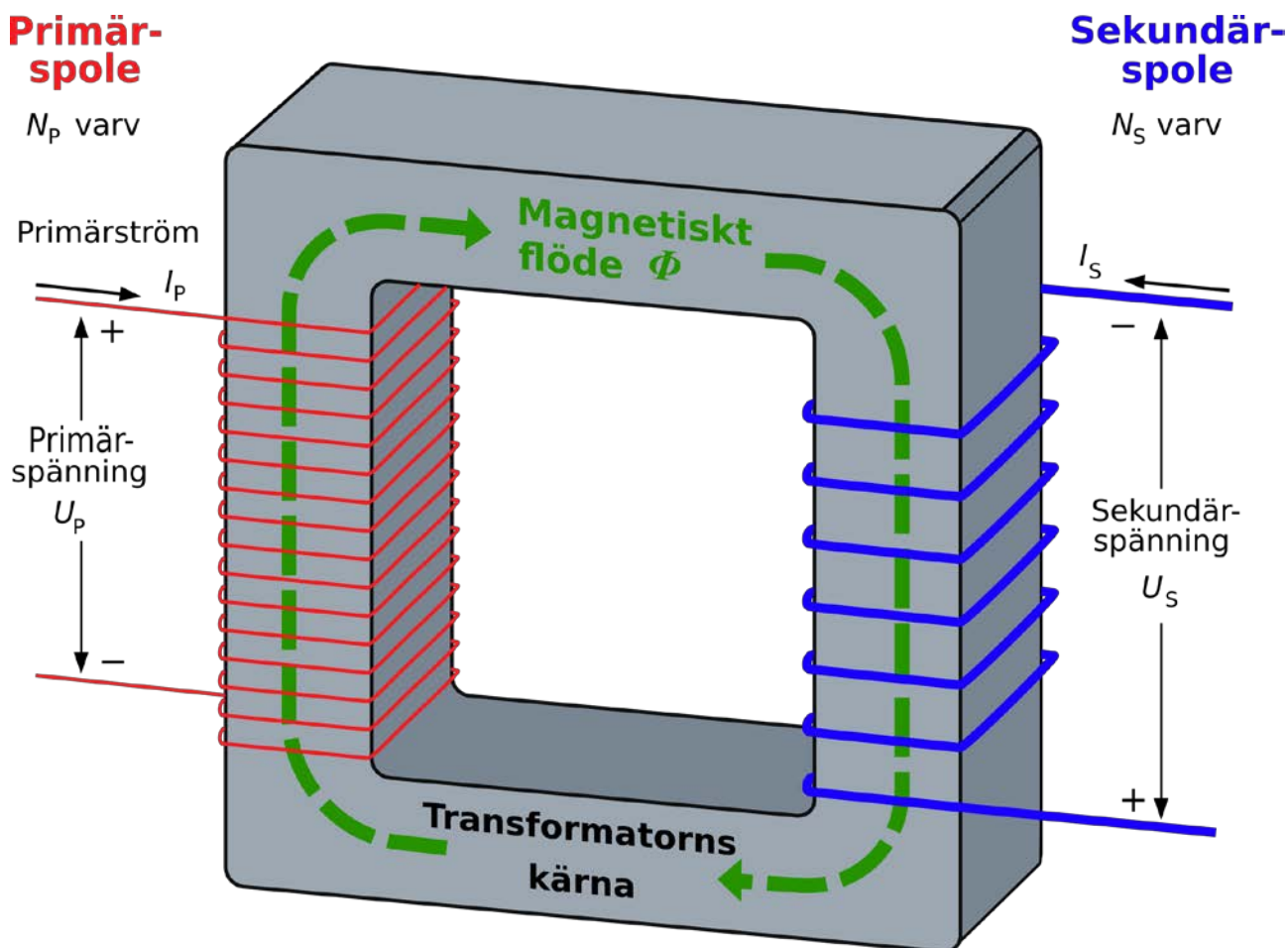
1 p.

Alla punkter som ligger innanför cirkeln är därför vid samma potential, alltså visar mätaren en spänning på 0 V.

1 p.

Uppgift 8

a)



1 p.

En transformator består av två spolar som är kopplade kring en gemensam järnkärna, i enlighet med bilden.

Växelströmmen i transformatorns primärspole I_p inducerar ett varierande (föränderligt) magnetiskt flöde i transformatorns järnkärna. På grund av järnkärnan är det magnetiska flödet lika stort genom båda spolarna. 1 p.

Det varierande (föränderliga) magnetiska flödet inducerar en växelström i sekundärspolen. 1 p.

På grund av den induktiva kopplingen kommer förhållandet mellan spolarnas polspänningar att vara

$$\frac{U_{P,eff}}{U_{S,eff}} = \frac{-N_P \left(\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right)}{-N_S \left(\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right)} = \frac{N_P}{N_S}.$$

Transformatorns omvandlingsfaktor är lika med förhållandet mellan sekundärspolens och primärspolens polspänningar $N_S : N_P$. 1 p.

- b) På grund av resistans i ledningarna och inducerade virvelströmmar i järnkärnan blir transformatorn varm. Elenergi omvandlas till värme, vilket gör att effekten på sekundärsidan är lägre än effekten på primärsidan. 2 p.

Uppgift 9

- a) ${}^{137}_{55}\text{Cs} \rightarrow {}^{137}_{56}\text{Ba} + e^- + \bar{\nu}_e$ 1 p.

- b) Halveringstiden för cesium $T_{1/2} = 30,17$ a
Molmassan för cesium $M = 136,907$ g/mol

Aktivitet $A = \lambda N$

Massa

$$m = nM = \frac{NM}{N_A} = \frac{AM}{\lambda N_A} = \frac{T_{1/2}AM}{\ln 2 N_A}$$

2 p.

$$m = \frac{30,17 \cdot 31536000 \text{ s} \cdot 11000 \text{ Bq} \cdot 136,907 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{\ln 2 \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}} = 3,432685725 \cdot 10^{-9} \text{ g} \approx 3,4 \cdot 10^{-9} \text{ g}$$

1 p.

(Aktivitet är sönderfall per sekund, alltså är Bq = 1/s och halveringstiden konverteras till sekunder.)

- c) Sönderfallslagen:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t} = e^{-\frac{\ln 2}{30 \text{ a}} \cdot 30 \text{ a}} = e^{-\ln 2} = 0,50 = 50 \%$$

eller

${}^{137}\text{Cs}$ -isotopens halveringstid är 30 år. Från år 1987 till år 2017 har det förflutit 30 år. Därmed har ${}^{137}\text{Cs}$ -isotopens mängd halverats, alltså är den nuvarande mängden 50 % av den mängd som uppmättes år 1987.

2 p.

(Med mängd kan här avses ${}^{137}\text{Cs}$ -isotopernas antal, massa eller dylikt. Den betraktade storheten påverkar inte resultatet.)

Uppgift 10

a) Uppåt fastställs som den positiva riktningen. Följande beteckningar används:

m_1, m_2	massan hos boll 1 och 2
v_i	bollarnas gemensamma hastighet just före kollisionen med underlaget
u_i	hastigheten för boll 2 efter att den studsar från underlaget, men innan den träffar boll 1
v_f	hastigheten för boll 1 efter bollarnas kollision med varandra
u_f	hastigheten för boll 2 efter bollarnas kollision med varandra
h_1	höjden som boll 1 stiger till, mätt från den lägsta punkten i dess bana

Medan de faller har båda bollarna hela tiden samma hastighet. Med hjälp av lagen om bevarandet av mekanisk energi kan man beräkna hastigheten för boll 2 just innan den träffar underlaget:

$$E_{\text{kin}} = \Delta E_{\text{pot}} \quad \frac{1}{2}m_2v_i^2 = m_2gh \quad v_i = -\sqrt{2gh}$$

Efter att den kolliderat elastiskt med underlaget studsar boll 2 uppåt med lika stor men motsatt riktad hastighet

$$u_i = \sqrt{2gh}. \quad 1 \text{ p.}$$

Därefter kolliderar bollarna då boll 1 ännu rör sig nedåt med hastigheten

$$v_i = -\sqrt{2gh}.$$

Sluthastigheterna för boll 1 v_f och boll 2 u_f beräknas enligt följande.

Rörelsemängden bevaras vid bollarnas kollision:

$$m_1v_i + m_2u_i = m_1v_f + m_2u_f \quad (1) \quad 1 \text{ p.}$$

$$m_1(v_f - v_i) = m_2(u_i - u_f) \quad (2)$$

Även rörelseenergin bevaras:

$$\frac{1}{2}m_1v_i^2 + \frac{1}{2}m_2u_i^2 = \frac{1}{2}m_1v_f^2 + \frac{1}{2}m_2u_f^2 \quad (3) \quad 1 \text{ p.}$$

$$m_1(v_f^2 - v_i^2) = m_2(u_i^2 - u_f^2) \quad (4)$$

$$m_1(v_f - v_i)(v_f + v_i) = m_2(u_i - u_f)(u_i + u_f) \quad (5)$$

Ekvation (2) sätts in i ekvation (5):

$$v_f + v_i = u_i + u_f \quad (6)$$

Då $v_i = -u_i$ får man från ekvation (1)

$$(m_2 - m_1)u_i = m_1v_f + m_2u_f. \quad (7)$$

Från ekvation (6) får man

$$2u_i = v_f - u_f. \quad (8)$$

Ekvation (8) används för att eliminera u_f från ekvation (7) vilket ger

$$(3m_2 - m_1)u_i = (m_2 + m_1)v_f. \quad (9)$$

Sluthastigheten för boll 1 är

$$v_f = u_i \frac{3m_2 - m_1}{m_2 + m_1}. \quad (10)$$

Då $m_1 < m_2$, $v_f > 0$ kommer boll 1 att stiga till höjden

$$h_1 = \frac{v_f^2}{2g} = \frac{2gh \left(\frac{3m_2 - m_1}{m_2 + m_1} \right)^2}{2g} \quad (11)$$

$$h_1 = h \left(\frac{3m_2 - m_1}{m_2 + m_1} \right)^2.$$

2 p.

b) Om $m_1 \ll m_2$ blir $h_1 \approx h \left(\frac{3m_2}{m_2} \right)^2 = 9h.$

1 p.

Uppgift 11

a) Enligt den ideala gaslagen gäller för varje punkt i Vp -planet att

$$pV = nRT.$$

Gasens tryck, volym och temperatur är kända för tillstånd 1, alltså är gasens substansmängd

$$n = \frac{p_1 V_1}{RT_1} = \frac{101 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot 0,45 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{8,314510 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 / \text{mol} \cdot \text{K} \cdot 291 \text{ K}} = 0,01878470 \text{ mol} \approx 19 \text{ mmol}.$$

1 p.

b) I Vp -diagrammet ser man att delprocess 1 \rightarrow 2 sker vid konstant volym. Därmed är

$$V_2 = V_1 = 0,45 \text{ l}.$$

I Vp -diagrammet ser man att delprocess 3 \rightarrow 1 sker vid konstant tryck. Därmed är

$$p_3 = p_1 = 101 \text{ kPa}.$$

1 p.

För att delprocess 1 → 2 sker vid konstant volym så gäller

$$\frac{p_2}{T_2} = \frac{p_1}{T_1}$$

alltså är

$$T_2 = \frac{p_2}{p_1} T_1 = \frac{760 \text{ kPa}}{101 \text{ kPa}} \cdot 291 \text{ K} = 2188,3200 \text{ K} \approx 2190 \text{ K}.$$

1 p.

För att delprocess 3 → 1 sker vid konstant tryck så gäller

$$\frac{V_3}{T_3} = \frac{V_1}{T_1}$$

alltså är

$$V_3 = \frac{T_3}{T_1} V_1 = \frac{1230 \text{ K}}{291 \text{ K}} \cdot 0,45 \text{ l} = 1,9020619 \text{ l} \approx 1,9 \text{ l}.$$

1 p.

	T (K)	V (l)	p (kPa)
tillstånd 1	291	0,45	101
tillstånd 2	2190	0,45	760
tillstånd 3	1230	1,9	101

c)

	Värme	Arbete
1 → 2	+	0
2 → 3	0	−
3 → 1	−	+

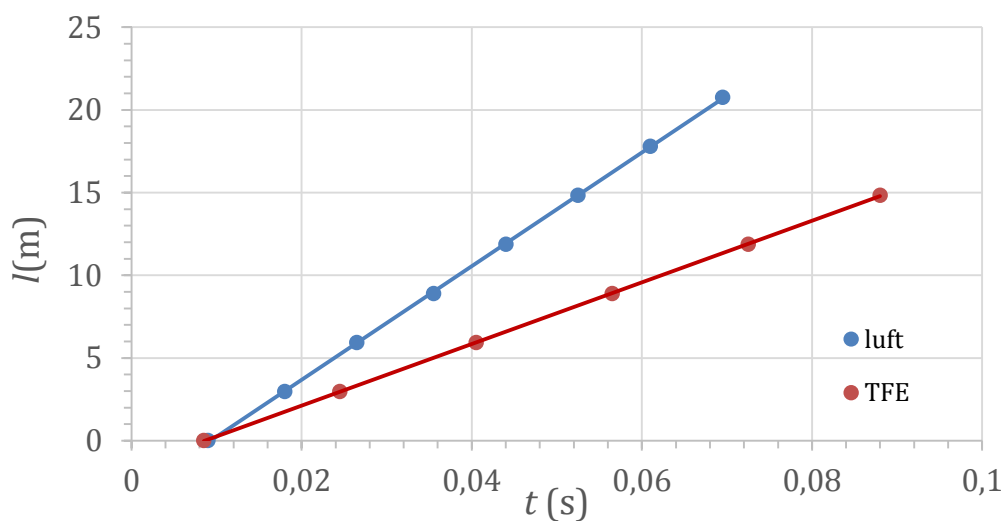
Rätt tecken i en ruta +1/3 p.
Totalt 2 p.

Uppgift +12

- a) Ljudpulsen färdas fram och tillbaka i röret på grund av att ljudet reflekteras både från den slutna nedre och den öppna övre ändan. En del av ljudet kommer ut genom den öppna övre ändan vilket mikrofonen registrerar som en ljudpuls. Därför syns det flera ljudpulser i grafens kurvor. Mellan två registrerade ljudpulser har ljudet färdats en gång fram och tillbaka i röret. 1 p.

Vi ställer upp en tabell över de sträckor l som ljudet färdats samt pulsernas tidpunkter t för både luft och TFE.

reflektion #	luft t (s)	TFE t (s)	l (m)
0	0,0090	0,0085	0,000
1	0,0180	0,0245	2,966
2	0,0265	0,0405	5,932
3	0,0355	0,0565	8,898
4	0,0440	0,0725	11,864
5	0,0525	0,0880	14,830
6	0,0610		17,796
7	0,0695		20,762



Riktningskoefficienten för en linje som anpassats till punkterna (t, l) ger oss ljudets hastighet.

1 p.

Anpassningen kan göras antingen genom att rita eller med en räknare.

Riktningskoefficienterna ger oss $c_{\text{luft}} = 344 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ och $c_{\text{TFE}} = 186 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

1 p.

- b) Förstärkningen av ljudet vid vissa frekvenser beror på att det bildas en stående våg i röret vilket registreras som intensitetsmaxima i grafen i bild 3.

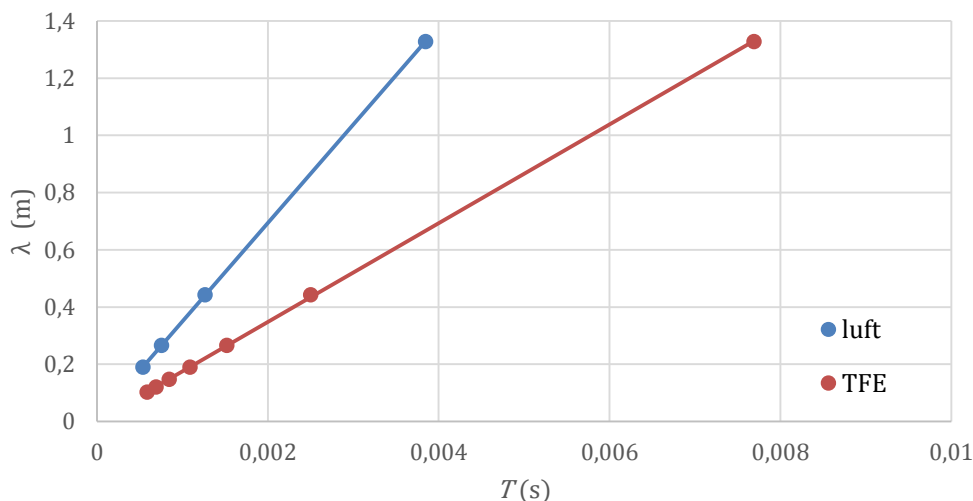
Då resonerar vibrationerna i luftkolumnen i röret med ljudet från högtalaren. Dessa frekvenser kallas resonansfrekvenser. 1 p.

Vid rörets slutna nedre ända uppstår ett tryckmaximum (rörelseminimum) och vid den övre öppna ändan uppstår ett tryckminimum (rörelsemaximum).

Våglängderna som motsvarar resonansfrekvenserna är $\lambda = \frac{4}{i}L$, där L är rörets längd och $i = 1, 3, 5, \dots$ Samtidigt är $\lambda = \frac{v}{f} = v \cdot T$, där T är periodtiden.

Vi ställer upp en tabell över våglängderna och resonansfrekvenserna och beräknar periodtiderna.

i	λ (m)	luft		TFE	
		f (Hz)	T (s)	f (Hz)	T (s)
1	1,328	260	0,003846	130	0,00769
3	0,4427	790	0,001266	400	0,00250
5	0,2656	1320	0,0007576	660	0,00152
7	0,1897	1850	0,0005405	920	0,00109
9	0,1476			1180	0,000847
11	0,1207			1440	0,000694
13	0,1022			1700	0,000588



Riktningkoefficienten för en linje som anpassats till punkterna (T, λ) ger oss ljudets hastighet. 1 p.

Anpassningen kan göras antingen genom att rita eller med en räknare.

Riktningkoefficienterna ger oss

$$v_{\text{luft}} = 343 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ och } v_{\text{TFE}} = 172 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad 1 \text{ p.}$$

- c) Ju tyngre molekyler en gas består av, desto långsammare är ljudets hastighet i gasen.

1 p.

Då en vågrörelse fortskrider i ett medium leder växelverkan mellan mediets beståndsdelar till att rörelsen överförs från en beståndsdel till en annan. I en gas är beståndsdelarna molekyler. Molekylerna i TFE, dvs. $C_2H_2F_4$, har mycket högre massa än molekylerna i luft, N_2 och O_2 . De tunga molekylerna i TFE rör sig långsamt, vilket är orsaken till att ljudet färdas långsammare i TFE än i luft.

1 p.

(Gasernas kompressionsfaktorer är nästan lika i rumstemperatur.)

- d) För TFE har de två olika metoderna gett värden på ljudets hastighet som avviker med ungefär 8 % från varandra. Förmodligen har det längre röret inte fyllts med TFE i lika stor grad som det kortare, varvid luft har blandats med gasen och således ökat ljudets hastighet.

1 p.

Uppgift +13

Som svar räcker inte enbart en lista, utan även motiveringar och en hållbar tankekedja krävs. Fokus i svaret bör ligga på betydelsefulla faktorer och strökommentarer bör undvikas.

- a) Benämning och beskrivning av fenomenet (1 p.) och en redogörelse för hur konstanten är relaterad till fenomenet (1 p.). Exempelvis följande svar, eller andra fenomen som beskrivs på motsvarande sätt, godkänns.

Plancks konstant h

- I den fotoelektriska effekten absorberas ultraviolett strålning av ett mål. Om strålningens frekvens varit tillräckligt hög kan man observera att elektroner frigörs från målet. (1 p.)

Elektronernas högsta möjliga rörelseenergi är linjärt beroende av strålningens frekvens. En noggrann experimentell mätning visar att förhållandet är oberoende av målets material och alltid $E = hf$, där E är elektronens rörelseenergi och f är ljusets frekvens. Det här är Plancks kvanthypotes. (1 p.)

ELLER

- Atomernas linjespektra, vilka uppstår vid emittering eller absorption av elektromagnetisk strålning, visar att atomernas energi (eller energinivåer) är kvantiserade. (1 p.) Plancks konstant är kopplad till skillnaderna mellan energinivåerna. Då strålningen emitteras eller absorberas kan atomens energi bara förändras med energin $E = hf$, där f är strålningens frekvens. Energiskillnaderna som framgår av spektrumen är av storleksordningen eV. (1 p.)

Ljusets hastighet c

- Då fria nukleoner bildar en kärna frigörs mycket energi som härstammar från de ursprungliga nukleonernas massa. Den nya kärnans massa är mindre än de ursprungliga nukleonernas sammanlagda massa. (1 p.)

I enlighet med relativitetsteorin har en partikel energi som är bunden i dess massa enligt formeln $E = mc^2$. Då kärnan bildas frigörs det energi vars mängd motsvaras av förändringen i massan, alltså massunderskottet. För att värdet på ljusets hastighet är stort frigörs det mycket energi trots att massunderskottet är litet när kärnan bildas. För att spjälka kärnan krävs det lika mycket energi. (1 p.)

ELLER

- Information som kommer från universum har sitt ursprung i händelser som skett tidigare, till och med för flera miljarder år sen. Vi kan inte observera rymdens händelser i realtid. (1 p.)

Ljusets hastighet är mycket stor, men dess storlek är ändlig. Information kan inte förmedlas snabbare än med ljusets hastighet. Sträckan som ljuset färdats från fjärran mål i rymden mäts i ljusår, alltså den sträcka som ljus färdas på ett år. (1 p.)

- b)** En beskrivning av den experimentella metoden (1 p.), en beskrivning av mätningarna (1 p.) och en redogörelse för hur resultaten kan analyseras (1 p.).

Följande exempel, eller liknande svar på samma nivå, godkänns:

Plancks konstant h

- Plancks konstant kan bestämmas genom ett experiment som baserar sig på fotoelektrisk effekt. I den experimentella uppställningen använder man monokromatisk elektromagnetisk strålning, till exempel ljus, för att belysa ett metallmål som är inneslutet i ett vakuumrör. Då frigörs elektroner från målet vilka sedan kan samlas upp vid en anod. (1 p.)

Elektronerna skapar en elektrisk ström som kan mätas. Om elektronerna bromsas upp med hjälp av en yttre spänning U till den grad att en ström inte längre kan mätas, kan man dra slutsatsen att den högsta möjliga kinetiska energi som en frigjord elektron kan få är $E = eU$. Mätningen upprepas för flera olika frekvenser av monokromatisk strålning. (1 p.)

När elektronernas högsta möjliga kinetiska energi är uppmätt för flera frekvenser f , kan man utifrån resultaten konstatera att den högsta möjliga kinetiska energin är linjärt beroende av frekvensen. Då mätningarna är flera kan man utifrån riktningskoefficienten bestämma värdet på Plancks konstant. (1 p.)

Ljusets hastighet c

- Mätningar av Jupiters månförmörkelser (Römer) visade att ljusets hastighet är ändlig. (1 p.)

Astronomiska observationer: i beskrivningen förutsätts examinanden behandla de tids- eller platsskillnader som förorsakas av jordens omlopps bana och används vid bestämningen av ljusets hastighet. När jorden rörde sig mot Jupiter uppmättes det att månförmörkelserna varade en kortare tid än när jorden rörde sig bort från Jupiter. (1 p.)

Genom att använda planeternas avstånd och rörelsehastigheter kunde ljusets hastighet uppskattas utgående från skillnaden i färdtiderna. (1 p.)

- c) I ett svar värt en poäng namnges apparaten eller tillämpningen och det anges till vilken naturkonstant den är kopplad. För två poäng krävs det dessutom att någon detalj som är relaterad till apparaten eller tillämpningen har omnämnts. Apparaten eller tillämpningen bör vara modern. Som svar duger till exempel inte spegeln. Vidare duger inte ett svar där tillämpningen eller apparatens namn och funktion inte har specificerats.

För 3–4 poäng krävs det en noggrannare beskrivning av apparaten eller tillämpningen samt en förklaring av varför ett noggrant värde på naturkonstanten är viktigt för användningen av apparaten eller tillämpningen.