PROVET I FYSIK 26.9.2014 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 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 den i fråga varande 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 bör 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

De rätta nummer–bokstavskombinationerna är:

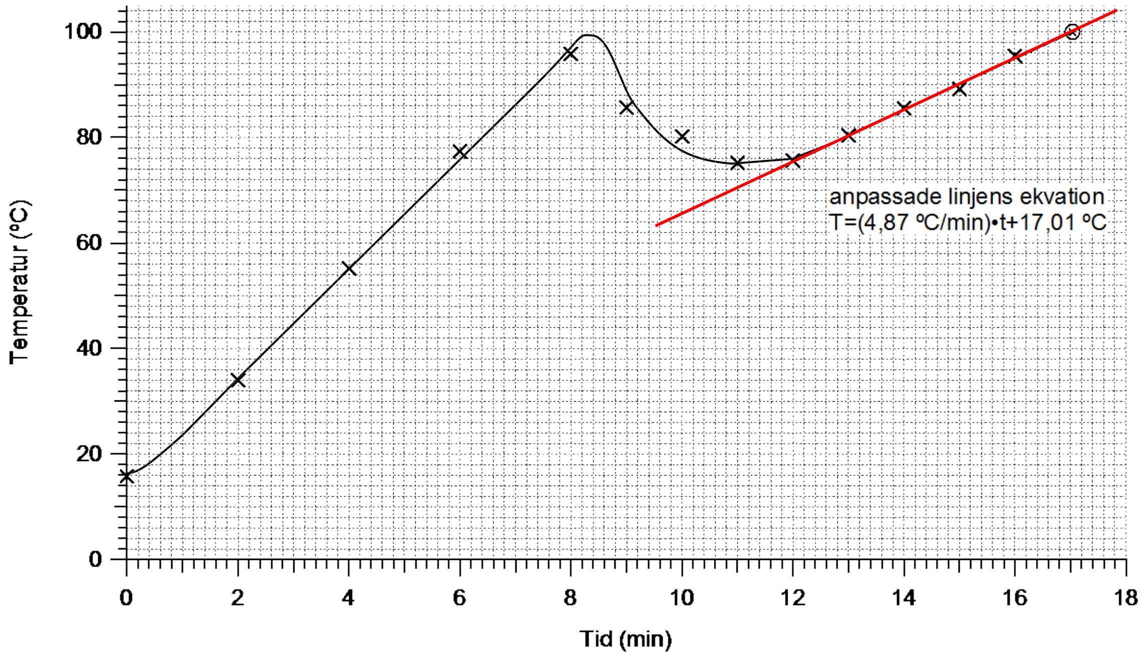
1) g 2) b 3) f 4) a 5) c 6) d

Angående bedömningen:

- *Rätt nummer–bokstavspar ger 1 p./moment*
- *Om flera bokstäver getts för samma nummer 0 p./moment*
- *Om i stället för bokstav har angetts motsvarande siffervärde 1 p./moment*

Uppgift 2

a) 3 p.



b)
Under tidsintervallet 8,5–10,5 min **sjunker** vätskans **temperatur**.
Orsak: trots att uppvärmningen med konstant effekt fortsätter så går en del av kokets energi åt till att höja de frusna bärens temperatur och smälta dem. 1 p.

Under tidsintervallet 13,5–15,5 min **stiger** kokets **temperatur**.
Det beror på att alla bär har hunnit smälta och på att då man värmer med konstant effekt åtgår **energin** bara **till att värma upp koket**. 1 p.

c)
Till de 4 (eller 5) sista datapunkterna anpassas med kalkylator ekvationen för en linje, eller så ritar man en triangel i grafen från vilken linjens riktningskoefficient bestäms.
Från linjens ekvation löses t (100 °C) = 17,0 min. 1 p.
eller
De 4 eller 5 sista datapunkterna används så att linjen som anpassats till dem förlängs i grafen, tills temperaturen 100,0 °C nås.
Ur grafen utläses motsvarande tidpunkt som är 17,0 min.

Uppgift 3

$T_{min} = -35{,}0\ °\mathrm{C}$ $\quad$ $T_0 = 22{,}0\ °\mathrm{C}$
$T_{max} = 55{,}0\ °\mathrm{C}$ $\quad$ $L_0 = 15{,}00\ \mathrm{m}$
$T_1 = 15{,}0\ °\mathrm{C}$

a)
Längdutvidgningskoefficienten för stål

$$\alpha = 12 \cdot 10^{-6}\,\frac{1}{\mathrm{K}} = 12 \cdot 10^{-6}\,\frac{1}{°\mathrm{C}}$$

Rälsens längd vid monteringstemperaturen T_1 är

$$L_1 = L_0 + \Delta L = L_0 + \alpha L_0 \Delta T = L_0[1 + \alpha(T_1 - T_0)].$$ 1 p.

Rälsen är som längst vid maximitemperaturen $T_{max} = 55{,}0\ °\mathrm{C}$.
Mellan två på varandra följande rälser bör man vid monteringstemperaturen lämna en springa som har längdutvidgningsmån:

$$\Delta L = \alpha L_1(T_{max} - T_1) = \alpha L_0(T_{max} - T_1)[1 + \alpha(T_1 - T_0)]\ .$$ 2 p.

De numeriska värdena sätts in i den erhållna ekvationen:

$$\Delta L = 12 \cdot 10^{-6}\,\frac{1}{°\mathrm{C}} \cdot 15{,}00\ \mathrm{m}\ (55{,}0\ °\mathrm{C} - 15{,}0\ °\mathrm{C})\left(1 + 12 \cdot 10^{-6}\,\frac{1}{°\mathrm{C}} \cdot (15{,}0\ °\mathrm{C} - 22{,}0\ °\mathrm{C})\right)$$
$$= 7{,}1993952 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{m} \approx 7{,}2\ \mathrm{mm}$$ 1 p.

b)
Rälsen är som kortast vid minimitemperaturen $T_{min} = -35{,}0\ °\mathrm{C}$ och som längst vid maximitemperaturen $T_{max} = 55{,}0\ °\mathrm{C}$.

Rälsens längd vid temperaturen $T_0 = 22{,}0\ °\mathrm{C}$ är känd. Kontraktionen av rälsen och utvidgningen av rälsen från referenslängden 15,00 m beräknas:

$$\Delta L_{förk} = \alpha L_0(T_{min} - T_0)$$
$$\Delta L_{utv} = \alpha L_0(T_{max} - T_0)$$

Under ett år är rälsens längdförändring maximalt:

$$\Delta L = \left|\Delta L_{förk}\right| + \Delta L_{utv} = -\alpha L_0(T_{min} - T_0) + \alpha L_0(T_{max} - T_0)$$
$$= \alpha L_0(T_{max} - T_{min})$$

$$\Delta L = 12 \cdot 10^{-6}\,\frac{1}{°\mathrm{C}} \cdot 15{,}00\ \mathrm{m}\ \cdot (55{,}0\ °\mathrm{C} - (-35{,}0)\ °\mathrm{C}) = 0{,}0162\ \mathrm{m} \approx 16\ \mathrm{mm}$$ 2 p.

Angående bedömningen:

a) *Om uppgiften lösts oriktigt med formeln* $\Delta L = \alpha L_0(T_{max} - T_1)$ max. 3 p.
b) *Om uppgiften löst utan motivering direkt med formeln* $\Delta L = \alpha L_0(T_{max} - T_{min})$ max. 1 p.

Uppgift 4

a)
Vid ekolodning fungerar ekolodet både som sändare och mottagare. Först utsänder ekolodet en ljudpuls som framskrider under vattenytan som en longitudinell våg.

Då ljudpulsen träffar ett hinder reflekteras pulsen och en del av den återvänder till ekolodets mottagare.

Ekolodet mäter tidsskillnaden mellan den utsända och mottagna pulsen. 2 p.

Ekolodet omvandlar skillnaden till sträckan som pulsen färdats, genom att beakta ljudets framskridningshastighet i vatten.

Eftersom pulsen tillryggalägger sträckan mellan hinder och ekolod två gånger är avståndet precis hälften av distansen som pulsen tillryggalagt. 1 p.

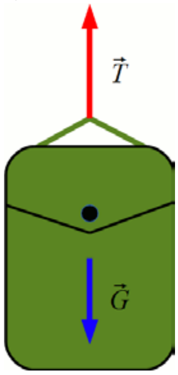
b)
Då objektet rör sig antingen mot eller från ekolodet kommer den reflekterade pulsens frekvens att förändras p.g.a. objektets rörelse.
Detta fenomen kallas för Dopplereffekten. 1 p.

Då ljudvågen reflekteras från objektet fungerar objektet som en ljudsändare. Då objektet rör sig mot ekolodet är den reflekterade vågens frekvens högre än den utsända vågens. Då objektet rör sig från ekolodet är den reflekterade vågens frekvens däremot lägre än den utsända vågens. Frekvensförändringen beror både på objektets och på observatörens hastighet.
Ekolodet mäter den förändrade frekvensen och räknar ut objektets hastighet från detta. 1 p.

Ett enklare sätt att bestämma objektets hastighet är att bestämma dess position vid två olika tidpunkter, varvid man erhåller objektets förskjutning under ett visst tidsintervall och följaktligen objektets hastighet i förhållande till ekolodet $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$. 1 p.

Uppgift 5

a) 1 p.



b)
Dynamikens grundlag, dvs. Newton II lag: $\sum \bar{F} = \bar{T} + \bar{G} = m\bar{a}$,
ur vilken

$$T - G = m_r a, \qquad \text{1 p.}$$

där m_r är ryggsäckens massa och a hissens acceleration.

Eftersom accelerationen är jämn fås hissens topphastighet som:

$$v = at$$

$$v = \frac{T - G}{m_r} t$$

Vågen mäter kraften T, men visar massan m_v för den kropp för vilken $T = m_v g$. 1 p.
Ryggsäckens tyngd är $G = m_r g$.

$$v = \frac{m_v g - m_r g}{m_r} t = \left(\frac{m_v}{m_r} - 1\right) gt$$

$$= \left(\frac{5{,}31 \text{ kg}}{5{,}03 \text{ kg}} - 1\right) \cdot 9{,}81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 11 \text{ s} = 6{,}0069185 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 6{,}0 \frac{\text{m}}{s} \qquad \text{1 p.}$$

c)
Då hissen rör sig likformigt är krafterna som verkar på ryggsäcken i balans.
Stödkraften T är lika med ryggsäckens tyngd. 1 p.
Vågen ger samma utslag som för en ryggsäck i vila, dvs. 5,03 kg. 1 p.

Uppgift 6

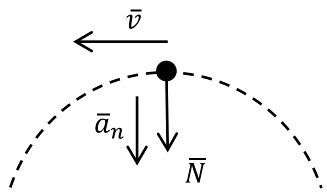
Vi undersöker krafterna som verkar på en droppe honung mitt på vaxskivan.

Droppen täcker en liten yta A och dess tjocklek är samma som honungslagrets tjocklek, dvs. $h = 15\ \mathrm{mm}$.
Droppens massa är $m = \rho A h$, där ρ är honungens densitet.

Honungsdroppen befinner sig i en cirkelrörelse, vars radie är

$$r = \left(\frac{250}{2} + 15\right)\ \mathrm{mm} = 140\ \mathrm{mm} = 0{,}140\ \mathrm{m}.$$

Stödkraften $\bar{N}$, med vilken vaxskivan verkar på droppen, ger upphov till droppens acceleration i cirkelrörelsen. 1 p.



Enligt Newtons II lag är $\sum \bar{F} = \bar{N} = m\bar{a}_n$, där
$\bar{a}_n$ är droppens normalacceleration, vars belopp

$$a_n = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r,$$

där v är banhastigheten och ω är vinkelhastigheten. 1 p.

Ur detta erhålls för stödkraften uttrycket

$$N = m\omega^2 r = \rho A h \omega^2 r.$$

Enligt Newtons III lag verkar droppen på vaxskivan med en kraft vars belopp är N.
Trycket p som verkar på skivan fås genom att dividera N med droppens tvärsnittsarea A, varvid

$$p = \frac{N}{A} = \rho h \omega^2 r.$$ 2 p.

Ur detta uttryck löses vinkelhastigheten ut

$$\omega = \sqrt{\frac{p}{\rho h r}}.$$

Numeriska värden insätts: $r = 0{,}140\ \mathrm{m}$, $h = 0{,}015\ \mathrm{m}$, honungens densitet $\rho = 1360\ \mathrm{kg/m^3}$ och maximivärdet för trycket $p = 3500\ \mathrm{Pa}$:

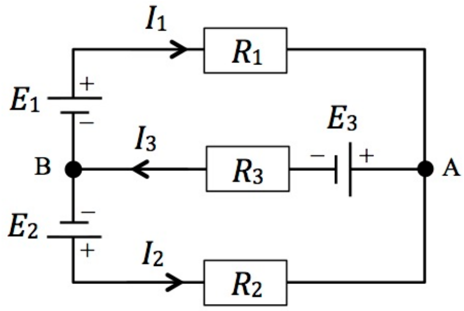
$$\omega = \sqrt{\frac{3500\ \mathrm{Pa}}{1360\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m^3}} \cdot 0{,}015\mathrm{m} \cdot 0{,}140\ \mathrm{m}}} = 35{,}0070021\ \frac{\mathrm{rad}}{s}$$ 1 p.

Sålunda är den maximala vinkelhastigheten med vilken slungan kan roteras $\omega = 35{,}0070021$ rad/s. Detta omvandlas ytterligare till varvtal genom multiplikation med koefficienten $\frac{60}{2\pi}$ s/min, varur erhålls 334,2922 varv per minut.

Svar: 330 varv per minut. 1 p.

Uppgift 7

a)
Strömmarnas riktning väljs enligt figuren.
Kirchhoff I: $I_3 = I_1 + I_2$ (1)



Kirchhoffs II lag tillämpas på två strömslingor och följande ekvationssystem ställs upp:
$E_1 - R_1 I_1 + R_2 I_2 - E_2 = 0$ (2)
$E_1 - R_1 I_1 - E_3 - R_3 I_3 = 0$ (3) 2 p.

Strömmarna I_2 och I_3 i ekvationerna (2) och (3) uttrycks med hjälp av strömmen I_1:

$$I_2 = \frac{1}{R_2}(E_2 - E_1 + R_1 I_1)$$
$$I_3 = \frac{1}{R_3}(E_1 - E_3 - R_1 I_1)$$

De erhållna strömmarna insätts i ekvation (1):

$$\frac{1}{R_3}(E_1 - E_3 - R_1 I_1) = I_1 + \frac{1}{R_2}(E_2 - E_1 + R_1 I_1)$$

Strömmarna I_1, I_2 och I_3 löses ut:

$$I_1 = \frac{E_1 - E_3 - \frac{R_3}{R_2}(E_2 - E_1)}{R_1 + R_3 + \frac{R_1 R_3}{R_2}} = \frac{6{,}0\ \mathrm{V} - 8{,}0\ \mathrm{V} - \frac{3{,}0\ \Omega}{4{,}0\ \Omega}(12{,}0\ \mathrm{V} - 6{,}0\ \mathrm{V})}{2{,}0\ \Omega + 3{,}0\ \Omega + \frac{2{,}0\ \Omega \cdot 3{,}0\ \Omega}{4{,}0\ \Omega}} = -1{,}0\ \mathrm{A}$$
$$I_2 = \frac{12{,}0\ \mathrm{V} - 6{,}0\ \mathrm{V} + 2{,}0\ \Omega \cdot (-1{,}0\ \mathrm{A})}{4{,}0\ \Omega} = 1{,}0\ \mathrm{A}$$
$$I_3 = 1{,}0\ \mathrm{A} - 1{,}0\ \mathrm{A} = 0\ \mathrm{A}$$ 1 p.

I den yttre slingan går en ström på 1,0 A moturs genom motstånden 1 och 2. I ledaren i mitten går ingen ström genom motstånd 3. 1 p.

b)
Eftersom det inte går någon ström genom motstånd 3 är spänningen mellan punkterna A och B samma som spänningskällans 3 källspänning $E_3 = 8{,}0\ \mathrm{V}$. 1 p.
Spänningen ändras inte även om punkt B jordas. Jordningen fixerar potentialen i punkt B vid 0 V, men verkar inte på potentialskillnaden mellan punkterna A och B. 1 p.

Uppgift 8

a)
Stavmagnetens magnetfält är horisontellt vid spolen.
Magnetfältet roterar med magneten. Därmed förändras det magnetiska flödet genom spolen. 1 p.
Härvid bildas enligt induktionslagen en växelspänning $U = -N \cdot \frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t}$ i spolen. 1 p.

b)
Flödet genom spolen $\Phi = BA\cos\varphi = BA\cos(\omega t)$, där φ är vinkeln mellan magnetfältet och spolens axel och ω vinkelhastigheten för magnetens rotation.

$U = -N \cdot \frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t} = NAB \cdot \omega \sin(\omega t) = NAB\omega \sin\varphi$
$-1 \leq \sin\varphi \leq 1$. Sålunda är spänningens toppvärde $|U|_{max} = NAB\omega$.

Ur grafen fås $|U|_{max} = 16{,}5\ \mathrm{mV}$. 1 p.

Tiden för fem perioder utläses från grafen och tiden för en period bestäms
$T = \frac{1{,}06\ \mathrm{s}}{5} = 0{,}212$ s, ur vilket $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0{,}212\ \mathrm{s}} = 29{,}637667\ \mathrm{s}^{-1}$.

$$B = \frac{|U|_{max}}{NA\omega} = \frac{0{,}0165\ \mathrm{V}}{300 \cdot (0{,}042\ \mathrm{m})^2 \cdot 29{,}637667\ \mathrm{s}^{-1}} = 0{,}00105201\ \mathrm{T} \approx 1{,}1\ \mathrm{mT}$$ 1 p.

c)
Spänningen mätt från spolens poler är $U = NAB\omega \sin\varphi$.

i) $|U|$ når sitt toppvärde när $\sin\varphi = \pm 1$, dvs.
$\varphi = \left(n + \frac{1}{2}\right)\pi, n = 0{,}1{,}2 \ldots$. Detta motsvaras av figur C.

ii) $U = 0$ då $\sin\varphi = 0$, dvs. $\varphi = n\pi, n = 0{,}1{,}2 \ldots$ Detta motsvaras av figur A. 2 p.

Uppgift 9

a)
Vid kärnfusion förenas kärnor med varandra. 1 p.

Solen producerar sin energi genom att fusionera väte till helium, vilket är en grundläggande förutsättning för liv på jordklotet.

Fusionen har en central betydelse för uppkomsten av grundämnen som är tyngre än väte i universum. 1 p.

b)
När lätta kärnor fusioneras frigörs energi, pga. att då man övergår från lättare kärnor till medeltunga kärnor **ökar bindningsenergin per nukleon** ända fram till järn. 1 p.

När man däremot övergår från järn till tunga kärnor **minskar bindningsenergin per nukleon**, dvs. det behövs energi för dylik fusion. 1 p.

c)
Deuterium–tritium-reaktionslikheten: ${}^{2}_{1}\mathrm{H} + {}^{3}_{1}\mathrm{H} \rightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He} + {}^{1}_{0}\mathrm{n}$ 1 p.

Mängden energi som frigörs fås ur massunderskottet:

$$Q = (m_{\mathrm{H-2}} + m_{\mathrm{H-3}} - m_{\mathrm{He}} - m_{\mathrm{n}})c^2$$
$$Q = (2{,}0141018 + 3{,}0160493 - 4{,}0026033 - 1{,}0086650)\mathrm{u} \cdot 931{,}49432\ \frac{\mathrm{MeV}}{\mathrm{u}}$$
$$= 17{,}589221\ \mathrm{MeV} = 2{,}8181036\ \mathrm{pJ}$$
1 p.

Uppgift 10

a)
Vi löser ut spänningen i vajern precis då stenen börjar röra på sig, dvs. då spänningen är störst.

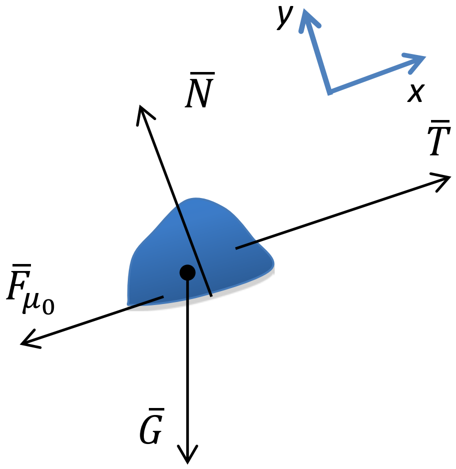
Precis innan stenen börjar röra på sig verkar den fullt utvecklade vilofriktionen på stenen $F_{\mu_0} = \mu_0 N$. Då är spänningen T störst.

Krafterna som verkar på stenen är i balans, varvid enligt Newtons II:a lag:

$$\begin{cases} \sum \bar{F}_x = \bar{T} + \bar{G}_x + \bar{F}_{\mu_0} = 0 \\ \sum \bar{F}_y = \bar{N} + \bar{G}_y = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} T - G_x - F_{\mu_0} = 0 \\ N - G_y = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} T = G_x + F_{\mu_0} = mg \sin 5{,}0° + \mu_0 N \\ N = G_y = mg \cos 5{,}0° \end{cases}$$



Figur
1 p.

1 p.

Den maximala spänningen i vajern är
$T = mg(\sin 5{,}0° + \mu_0 \cos 5{,}0°)$
$T = 450 \text{ kg} \cdot 9{,}81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}(\sin 5{,}0° + 0{,}70 \cos 5{,}0°) = 3463{,}140073 \text{ N} \approx 3500 \text{ N}$

En ståltråd klarar spänningen $T = 78$ N.
Antalet ståltrådar som behövs är alltså minst $\frac{3463{,}140073 \text{ N}}{78 \text{ N}} = 44{,}39923171 \approx$ 45 trådar.
Vinschen kan alltså utrustas med en vajer som har 49 eller 133 trådar. 1 p.

b)
Stenen flyttas med en konstant hastighet

$$v = 4{,}6 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 0{,}07666 \ldots \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Därmed är tiden för att flytta stenen

$$t = \frac{s}{v}.$$

Vinschen arbetar mot rörelsefriktionen och stenens tyngd. Kraften är konstant. Från sitt initialläge stiger stenen till höjden $h = s \cdot \sin 5{,}0°$.

$$W = F_\mu \cdot s + mgh = \mu N \cdot s + mgh = mgs(\mu \cos 5{,}0° + \sin 5{,}0°).$$ 1 p.

Effekten, med vilken vinschen utför arbete är

$$P = \frac{W}{t} = \frac{mgs}{t}(\mu \cos 5{,}0° + \sin 5{,}0°) = mgv(\mu \cos 5{,}0° + \sin 5{,}0°)$$ 1 p.

$$P = 450\ \mathrm{kg} \cdot 9{,}81\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot 0{,}07666\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}(0{,}30 \cdot \cos 5{,}0° + \sin 5{,}0°) = 130{,}64456\ \mathrm{W} \approx 130\ \mathrm{W}$$ 1 p.

Alternativ lösning:

Stenen flyttas med konstant hastighet

Vinschen arbetar mot rörelsefriktionen och stenens tyngd. Kraften är konstant.
$T = F_\mu + mg\sin 5{,}0° = \mu N + mg\sin 5{,}0° = mg(\mu\cos 5{,}0° + \sin 5{,}0°)$ 1 p.

Vinschen arbetar med effekten
$P = Tv = mgv(\mu\cos 5{,}0° + \sin 5{,}0°)$ 1 p.
$P = 450\ \mathrm{kg} \cdot 9{,}81\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot 0{,}07666\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}(0{,}30 \cdot \cos 5{,}0° + \sin 5{,}0°)$
$= 130{,}64456\ \mathrm{W} \approx 130\ \mathrm{W}$ 1 p.

Uppgift 11

a)
Vågorna som sändarna skapar interfererar med varandra. 1 p.

Vågrörelsen är kraftig där ljusa och mörka områden avlöser varandra. **Vågrörelserna från sändarna är i samma fas i dessa områden**, dvs. vågornas toppar och dalar sammanfaller. **Detta sker i de punkter av bilden där skillnaden i avstånden till sändarna är en heltalsmultipel av våglängden**: $\Delta d = N \cdot \lambda, N = 0{,}1{,}2 \ldots$ 1 p.
Detta kallas för konstruktiv interferens, och motsvarande områden för maxima.

I områden representerat med gråa ränder är vattenytan stilla. Där är **vågrörelserna i motsatt fas**, dvs. vågdalen från en sändare hamnar på vågtoppen från den andra sändaren. Då kommer vågrörelserna att släcka varandra. **Detta sker i punkter där skillnaden i avstånden till sändarna är en udda multipel av halva våglängder**: 1 p.
$\Delta d = (2N + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}, N = 0{,}1{,}2 \ldots$
Detta kallas för destruktiv interferens och motsvarande områden för minima. Vågorna släcker varandra fullständigt bara om vågornas amplituder är lika stora.

Eftersom amplituden avtar med ökande avstånd är den destruktiva interferensen ofullständig i de punkter där avståndsskillnaderna till sändarna åstadkommer betydande skillnader i vågornas amplituder.

b)
Då frekvensen fördubblas halveras våglängden $\lambda = vf$, eftersom vågrörelsens hastighet antas vara konstant. Då frekvensen ökas förkortas våglängden varvid avståndet mellan vågtoppar och -dalar minskar i framskridningsriktningen.

Därmed förverkligas de konstruktiva och destruktiva interferenserna på mindre skillnader i väglängd som på bilden.

Minima och maxima av 1:a, 2:a och högre ordning flyttar närmare 0:e ordningens maxim, som förblir kvar där det var, dvs. den solfjäderaktiga strukturen förtätas.

2 p.

c)
Då sändarna är i motsatt fas är vågrörelserna i samma fas och förstärker varandra i de punkter, där skillnaden i avstånd är udda multiplar av halva våglängder.

På motsvarande sätt är vågrörelserna i motsatt fas och försvagar varandra i de punkter där skillnaden i avstånd är en heltalsmultipel av våglängden.

Jämfört med bilden förvandlas figurens maxima till minima och minima till maxima. 1 p.

Uppgift +12

a)
Radioaktivt avfall är problematiskt p.g.a. av att det strålar i sin omgivning. Strålningen är farlig för människan och naturen.
Fysikaliska egenskaper som inverkar på hur farliga de radioaktiva ämnena är utgörs bl.a. av:

- ämnets aktivitet. Avfallets aktivitet avslöjar hur många sönderfall det sker per tidsenhet.
- ämnets halveringstid. Ju längre halveringstiden för en radioaktiv kärna är desto långsammare avtar aktiviteten. I ett ämne som har en kort halveringstid minskar aktiviteten fort.
- typ av strålning som avfallet utstrålar. Radioaktivt avfall kan utstråla α-, β-, röntgen- och γ-strålning. Partikelstrålningstyperna, α- och β-strålning, tränger sig ganska svagt in i materie, medan de elektromagnetiska röntgen- och γ-strålarna kan tränga sig djupare in i materien.
- mängden energi som frigörs vid radioaktivt sönderfall. Högenergetisk strålning tränger sig djupare in och kan förorsaka större skada.
- mängden strålning som hamnar i omgivningen från det radioaktiva avfallet. En del av strålningen absorberas i själva avfallet, vilket kan synas som en upphettning av avfallet.
- det radioaktiva ämnets förmåga att utsätta människan för strålning. Mäts oftast med storheten absorberad dos, vars enhet är sievert (Sv/Bq).
- sättet på vilket det radioaktiva ämnet sprider sig i kroppen. Det radioaktiva ämnet kan hamna i kroppen via maten eller via den inandade luften. Ju lättare ämnet hamnar i kroppen desto större hot utgör det för människan.
- tiden som det radioaktiva ämnet stannar i kroppen. Om ämnet anrikas lätt i kroppen utgör det en större risk än om det avlägsnas via naturliga rutter.
- det radioaktiva ämnets aggregationstillstånd. Gasformiga ämnen frigörs lätt och kan blanda sig med inandningsluften. Vätskeformiga ämnen kan läcka till vattendragen. Tryggast är avfall i fast form.
- avfallets rörlighet. Om avfallet fäster sig dåligt på fasta ämnens ytor och löser sig lätt i vatten är ämnets rörlighet god och då kan det lättare hamna i naturen, än om det fäster sig vid fasta ämnens ytor.
- avfallets antändlighet och benägenhet att förångas. Om radioaktivt avfall i fast eller vätskeform kan brinna eller förångas, kan det vid eldsvåda övergå i gasform eller till en aerosol.
- benägenhet att undergå fission, dvs. benägenhet för kärnor att sönderfalla via kedjereaktioner. Kärnsönderfall via kedjereaktioner kan vara okontrollerbara.

1 p./moment, max 5 p.

b)
Biologisk aspekt:
Joniserande strålning kan förorsaka omedelbara skador, t.ex. vävnadsskador som förorsakas av utbredd cellförstörelse. Strålningen kan alltså döda celler. I synnerhet hud-, slemhinne- och benmärgsceller skadas lätt när de utsätts för höga strålningsdoser. Strålsjuka är ett livsfarligt tillstånd som följer av att hela kroppen plötsligt utsätts för kraftig bestrålning. Joniserande strålning kan förorsaka brännskador i huden och fosterskador.

Dessutom har joniserande strålning slumpmässiga följder, som inte genast visar sig efter att man blivit utsatt. Slumpmässiga följder är förändringar i arvsmassan på cellnivå, vilket kan leda till cancer eller förorsaka genmutationer i efterkomman. Den joniserande strålningens partiklar eller fotoner kan leda till att DNA-molekylen bryts av i cellen.

Slutdeponeringen av kärnavfall kan granskas ur både en samhällelig, geologisk och kemisk synvinkel:
Eftersom det bildas mycket avfall av kärnkraftverkens bränsle är lagrandet och slutförvaringen problematisk. Radioaktivt avfall är aktivt ännu länge efter att bränslestavarna avlägsnats från reaktorn. Det högaktiva avfallet kyls först under mellanlagring före den slutgiltiga slutförvaringen i berggrunden. På slutförvaringsplatsen uppställs vissa krav. Dessa är b.la.:

- Kärnavfallets slutförvaring får inte ge upphov till sådana strålningseffekter som kan utsätta människans hälsa för fara eller skada omgivning och egendom. Slutförvaringen får inte heller i framtiden förorsaka sådana skador på hälsa och omgivning som skulle överskrida den i dag accepterade övre gränsen.
- Berggrundsområdet som passar för slutlagringen ska vara tillräckligt stort, stabilt och tätt. Berggrunden får inte ha springor som leder vatten. Det får inte uppstå stora förskjutningar i slutförvaringen eftersom berggrundens spänningstillstånd ger efter.
- Grundvattenströmningarna bör vara små och grundvattnets kemiska egenskaper, som salthalt och innehåll av korrosionsfrämjande ämnen, bör vara fördelaktiga med tanke på kopparkapslarna och bentonitlerans hållbarhet.
- Slutförvaringen bör planeras och genomföras så att dess säkerhet inte behöver övervakas efter att slutförvaringen stängts. Man bör dock kunna avlägsna slutförvaringskapslarna vid behov efter stängningen. Det är möjligt att man i framtiden hittar på metoder att tillämpa det radioaktiva avfallet i energiproduktionen, varvid man bör kunna nå avfallet.

Eftersom avfallet är aktivt ännu efter tusentals år, bör slutförvaringsplatserna utmärkas så att människor även i framtiden förstår vad som lagrats inne i berget.

1–4 p./synvinkel, max. 4 p.

Examinanden kan också granska problemet med kärnavfallet ur andra synvinklar.

Uppgift +13

a)
För att slå fast temperaturskalan behövs två fixpunkter. 1 p.

Med en gastermometer mäter man trycket i flera gaser medan temperaturen varieras (mätningen i grader celsius). Man noterar att mätpunkterna hamnar på en rät linje för varje gas i (t, p)-koordinatsystemet och att alla gasens linjer skär varandra i punkten $p = 0$, $t = -273{,}15$ °C. Detta är uppenbarligen den lägsta möjliga temperaturen. Man väljer den som den absoluta temperaturskalans, dvs. kelvinskalans, första fixpunkt, där temperaturen är 0 K.

1 p.

Som andra fixpunkt väljer man vattnets trippelpunkt, där vattenånga, vatten i vätskeform och is befinner sig i jämnvikt vid temperaturen $0{,}01$ °C. Trippelpunktens absoluta temperatur definieras till 273,16 K. Nu kan man med gastermometern mäta en okänd absolut temperatur. Man mäter gasens tryck $p_3$vid vattnets trippelpunkt och gasens tryck p_x vid den uppmätta temperaturen, som är

$$T_X = 273{,}16\ \mathrm{K} \cdot \frac{p_\mathrm{X}}{P_3},$$

då trycket p_3 närmar sig noll. Då beror inte mätresultatet av gasen som används.

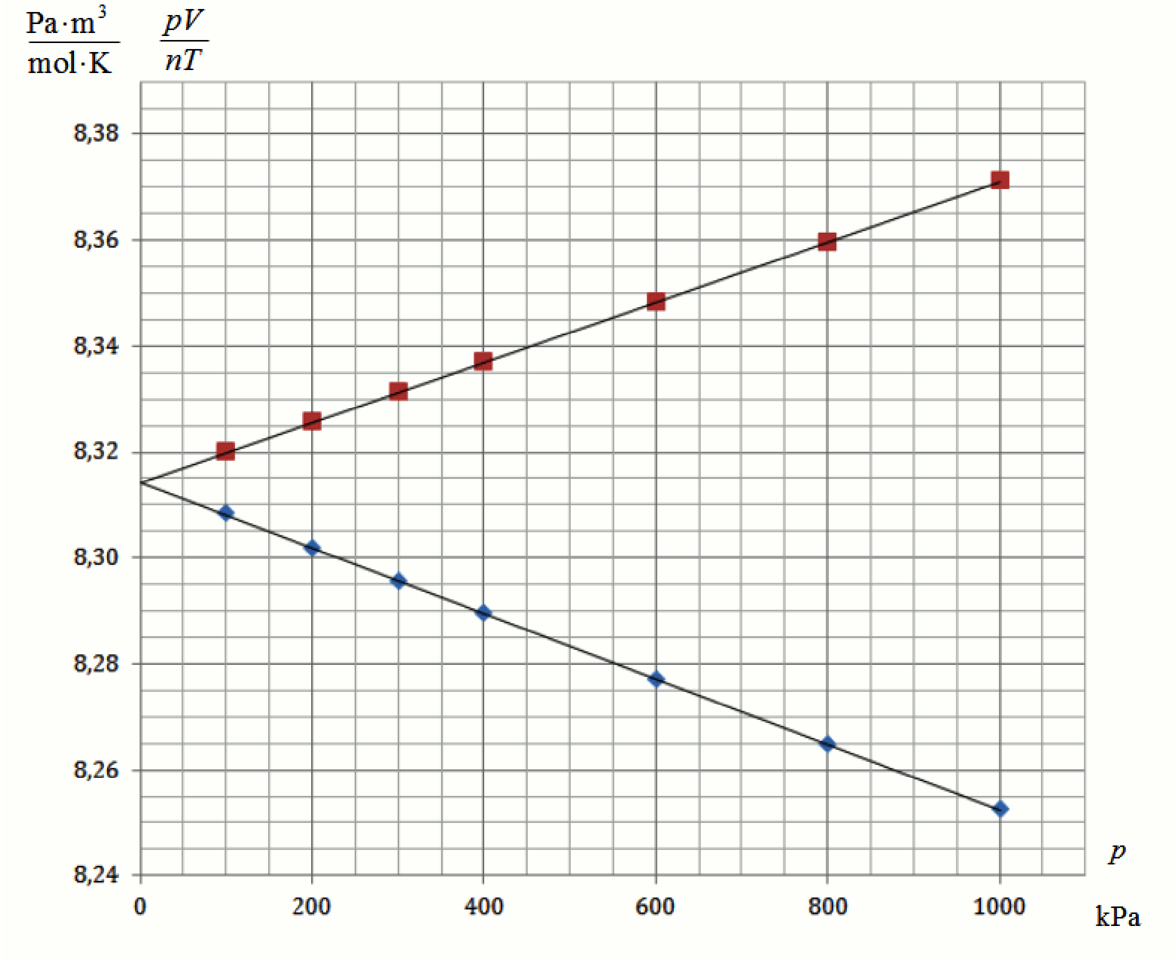
1 p.

b)
Gaserna följer inte idealgaslagen och gaskonstanten kan därför inte bestämmas från enskilda mätpunkter.

Gaserna följer idealgaslagen bättre ju lägre trycket är och ju högre temperaturen är. I experimentet är temperaturen konstant.

1 p.

Ideala gaslagen $pV = nRT$, varvid $R = \frac{pV}{nT}$. 1 p.



figur 1 p.

Man bestämmer grafiskt det värde som kvoten $\frac{pV}{nT}$ närmar sig när trycket närmar sig noll. För detta ändamål uppritas $\left(p, \frac{pV}{nT}\right)$-grafer för båda gaserna utgående från tabellvärdena.

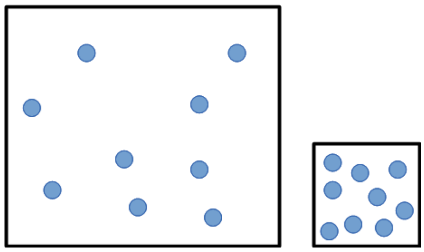
Linjerna som anpassats till punkterna för bägge gaser skär varandra då $p = 0$. Vid linjeanpassning blir den konstanta termen i linjens ekvation

$R_{N_2} = (8{,}3141 \pm 0{,}0001)\ \frac{\mathrm{Pa \cdot m^3}}{\mathrm{mol \cdot K}}$ och $R_{H_2} = (8{,}31433 \pm 0{,}00004)\ \frac{\mathrm{Pa \cdot m^3}}{\mathrm{mol \cdot K}}$. 1 p.

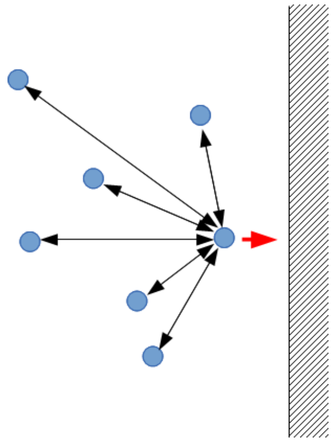
Medelvärdet $R = 8{,}3142\ \frac{\mathrm{Pa \cdot m^3}}{\mathrm{mol \cdot K}}$.

Litteraturvärdet är $R = 8{,}314510\ \frac{\mathrm{Pa \cdot m^3}}{\mathrm{mol \cdot K}}$ (MAOL).

c)



För en idealgas vore $\left(p, \frac{pV}{nT}\right)$-grafen vågrät. För vätgas ökar produkten pV då trycket ökar (i experimentet förblir nT konstant). Detta förklaras med att den verkliga volym inom vilken gasmolekylerna kan röra sig är mindre än kärlets volym V, eftersom molekylernas egen volym upptar en större andel ju mindre behållaren är. På grund av detta är volymen som används vid uträknandet av kvoten $\frac{pV}{nT}$ alltför stor. För vätgas förorsakar alltså realgasmolekylernas ändliga volym en större avvikelse från idealgasmodellen.



För kvävgas minskar kvoten pV då trycket ökar. Då volymen minskar kommer molekylerna närmare varandra, varvid deras attraktiva växelverkan blir märkbar. Trycket förorsakas av molekylernas kollisioner mot behållarens väggar. En molekyl som är på väg att kollidera med väggen känner i väggens omedelbara närhet en attraktiv kraft med molekyler som är lite längre från väggen, varvid totalkraften riktas bort från väggen och molekylen bromsar in strax före kollisionen (med väggen). Detta förorsakar en minskning av trycket. Därmed är det den attraktiva växelverkan mellan molekylerna som förorsakar den större avvikelsen från idealgasmodellen.

2 p.