PROVET I FYSIK 13.3.2013 BESKRIVNING AV GODA SVAR

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

En fysikuppgift kräver alltid ett motiverat svar om inget annat nämns i uppgiften. Ett svar som uppvisar mognad är strukturerat och till sitt sakinnehåll logiskt. Av utförandet bör framgå genom vilka slutledningar svaret har erhållits. Situationsbilder, kraftfigurer, kopplingsscheman och grafiska presentationer rekommenderas. Ibland är de nödvändiga, t.ex. kraftfigurerna utgör ofta en väsentlig del av motiveringen till en lösning. Kraftfigurerna och de grafiska presentationerna bör vara tydliga och följa standarderna samt beskriva den fysikaliska situationen. I de uppgifter som kräver matematisk behandling bör storhetsekvationerna och formlerna motiveras på ett sätt som visar att examinanden gestaltat situationen. I en fullständig lösning tillämpas adekvata principer eller lagar. Lösningen bör även innehålla behövliga uträkningar och andra tillräckliga motiveringar samt slutresultat.

I de svar som förutsätter produktion av en facktext bör examinanden fästa uppmärksamhet bl.a. vid följande:

– kombination av fakta och tillämpningen av det inlärda
– svarets disposition
– granskningen av den fysikaliska situationen
– identifiering av fenomenet
– konstruktion av nödvändiga figurer
– storheter och lagar som beskriver fenomenet
– modellen och dess tillämpningsmöjligheter
– de storhetsekvationer som ingår i en lag i allmänhet och i det specialfall som modellen beskriver.

I de delar som kräver beräkningar bör man sträva efter en lösning med storhetsekvationer. I den slutliga lösningen införs talvärdena med sina enheter. Vid bedömningen av resultatet fästs vikt vid resultatets rimlighet och den noggrannhet med vilken resultatet anges.

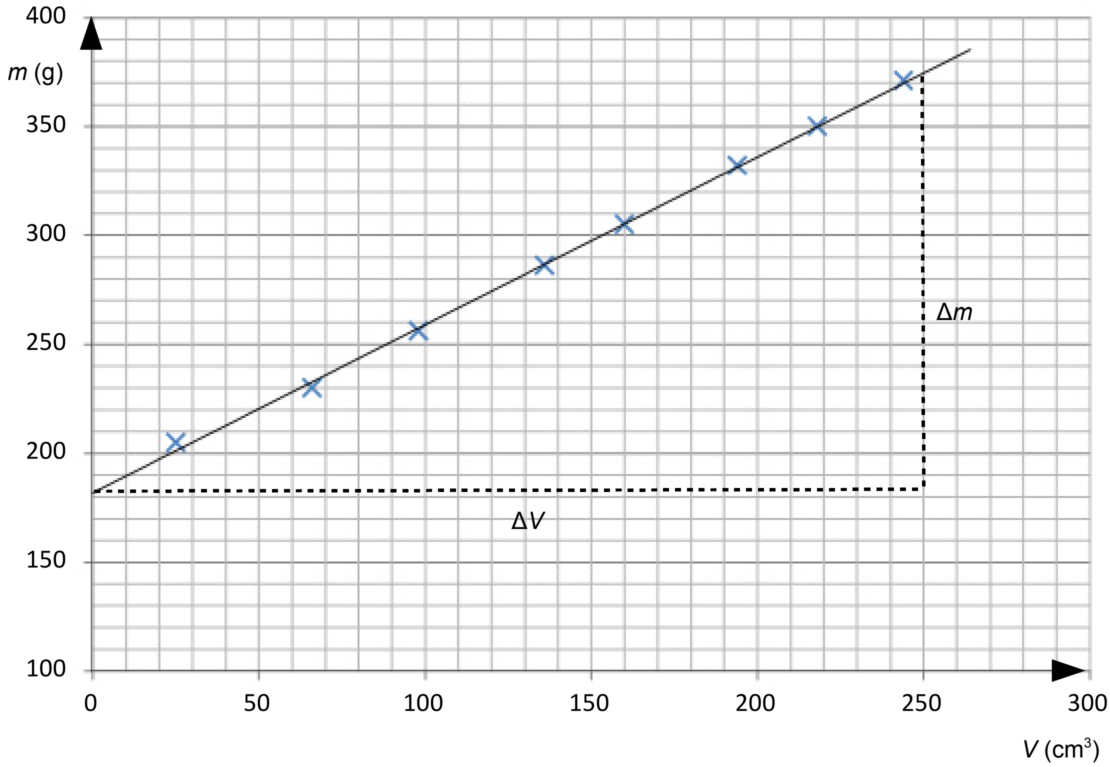
Vid lösningen av uppgifter enbart med kalkylator är det erhållna svaret inte tillräckligt. Det svar som kalkylatorn ger är däremot tillräckligt i rutinmässiga delar av mera omfattande uppgifter. Om kalkylator används t.ex. vid ekvationslösning, linjäranpassning, hyfsning av formler, derivering och integrering av funktioner, bör detta framgå av utförandet. Kalkylatorn är ett hjälpmedel i provet och dess roll utvärderas i varje enskild uppgift.

Uppgift 1

a) fel, **b)** fel, **c)** rätt, **d)** rätt, **e)** rätt, **f)** fel

Uppgift 2

a)



(3 p.)

b) En rät linje anpassas till mätpunkterna. Den räta linjens ekvation är $m = \rho V + m_0$, där ρ är acetonets densitet och m_0 måttglasets massa. Acetonets densitet fås från linjens vinkelkoefficient. I grafen visas hur vinkelkoefficienten bestämts, eller så konstateras det att vinkelkoefficienten beräknats med kalkylator via en linjäranpassning.

$$\rho = \frac{\Delta m}{\Delta V} = \frac{(375-182)\ \mathrm{g}}{250\ \mathrm{cm}^3} \approx 0{,}77\ \mathrm{g/cm}^3$$

(2 p.)

c) Det tomma måttglasets massa fås från linjens skärningspunkt med *m*-axeln: massan $m_0 = 180$ g.

(1 p.)

Uppgift 3

a) Då provet smälter förblir temperaturen konstant trots att värme tillförs. Den del av grafen som beskriver smältningen är alltså grafens första vågräta del. Denna del ligger vid den lägsta temperaturen för prov 3. Prov 3 har alltså den lägsta smältpunkten.

b) Då ett ämne övergår i ångform hålls temperaturen konstant. Ångbildningen sker alltså vid grafens andra vågräta del. Det största ångbildningsvärmet har det ämne för vilket ångbildningen tar längst tid.

$Q = P\Delta t = rm$, där uppvärmningseffekten P och massan m är desamma för alla prov och Q är den till provet tillförda värmeenergin.

Det specifika ångbildningsvärmet är $r = \frac{P\Delta t}{m}$, vilket betyder att det tar längst tid Δt att förånga det prov som har det största specifika ångbildningsvärmet, d.v.s. prov 1. Formeln kan ersättas med en beskrivning med ord.

c) Det ämne vars graf stiger brantast i vätskefasen har den minsta specifika värmekapaciteten. $Q = P\Delta t = cm\Delta T$, vilket leder till följande uttryck för den specifika värmekapaciteten

$$c = \frac{Q}{m\Delta T} = \frac{P\Delta t}{m\Delta T} = \frac{P}{m\left[\frac{\Delta T}{\Delta t}\right]}$$

Effekten P och massan m är konstanta, vilket betyder att det ämne som uppvisar den största vinkelkoefficienten $\frac{\Delta T}{\Delta t}$ har den minsta specifika värmekapaciteten, d.v.s. prov 3. Formeln kan ersättas med en beskrivning med ord.

Uppgift 4

a) Ljudnivån är $L = 10\text{ dB}\lg\frac{I}{I_0}$, där I är ljudets intensitet och $I_0 = 1\text{ pW/m}^2$.

$$\frac{L}{10} = \lg\frac{I}{I_0}$$

$10^{\frac{L}{10}} = \frac{I}{I_0}$ L = 55 dB

$$I = 10^{\frac{55}{10}} \cdot I_0 = 10^{5,5} \cdot 10^{-12}\text{W/m}^2 = 10^{-6,5}\text{W/m}^2$$

Effekten av talarens ljud fördelar sig på ytan av en sfär med radien r = 3,0 m.

$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2}$$

$$P = 4\pi r^2 \cdot I = 4\pi \cdot (3{,}0\text{ m})^2 \cdot 10^{-6,5} W/\text{m}^2 = 3{,}5764518 \cdot 10^{-5}\text{W} \approx 36\ \mu\text{W}$$

b) Intensiteten för ljudet från fem människor I_5 = $5I$.

Ljudnivån från fem människor

$$L_5 = 10\lg\frac{5I}{I_0} = 10\left(\lg 5 + \lg\frac{I}{I_0}\right)\text{dB} = \left(10\lg 5 + 10\lg\frac{I}{I_0}\right)\text{dB} =$$

$$(10\lg 5 + 55)\text{ dB} = 61{,}989700\text{ dB} \approx 62\text{ dB}$$

Uppgift 5

Lådan befinner sig i vila, vilket enligt Newtons II lag betyder att summan av de krafter som verkar på lådan $\sum \vec{F} = \vec{0}$.

Bild 1 visar situationen då den efterfrågade kraften är den största möjliga, d.v.s. lådan sätter sig nätt och jämnt inte i rörelse upp längs bryggan.

Längs planet (x-riktningen) verkar på lådan kraften $\vec{S}_{\mathrm{max}}$, vilofriktionen $\vec{\vec{F}}_{\mu}$ och tyngdens komponent $\vec{G}_{\mathrm{x}}$ längs bryggan:

$\vec{G}_{\mathrm{x}} + \vec{F}_{\mu} + \vec{S}_{\mathrm{x}} = \vec{0}$.

Vinkelrätt mot bryggan verkar på lådan ytans stödkraft $\vec{N}$ och komponenten av tyngden $\vec{G}_{\mathrm{y}}$:

$\vec{G}_{\mathrm{y}} + \vec{N} = \vec{0}$.

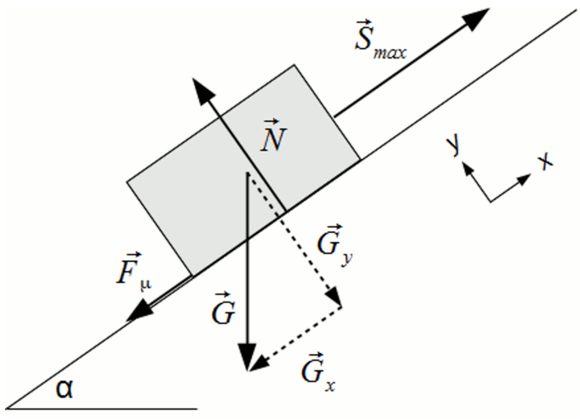


Bild 1

Den fullt utvecklade vilofriktionen

$F_{\mu} = -\mu N = -\mu m g \cos\alpha = -0{,}52 \cdot 425\ \mathrm{kg} \cdot 9{,}81\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot \cos 35° = -1775{,}9298\ \mathrm{N}.$

$G_x = -mg \sin\alpha = -425\ \mathrm{kg} \cdot 9{,}81\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot \sin 35° = -2391{,}3836\ \mathrm{N}.$

$S_{\mathrm{max}} = -G_x - F_{\mu} = 4167{,}3134\ \mathrm{N} \approx 4200\ \mathrm{N}.$

Bild 2 visar situationen då den efterfrågade kraften är den minsta möjliga.
Eftersom $|F_{\mu}| < |G_x|$ måste lådan stödas med en kraft uppåt längs bryggan även då friktionskraften är riktad uppåt.

$F_{\mu} = 1775{,}9298\ \mathrm{N}$

$S_{\mathrm{min}} = -G_x - F_{\mu} = 615{,}45373\ \mathrm{N} \approx 620\ \mathrm{N}.$

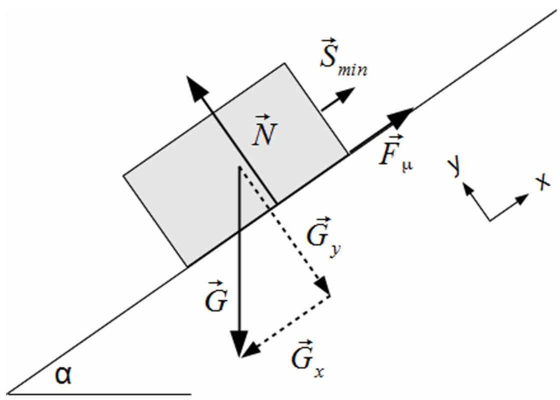
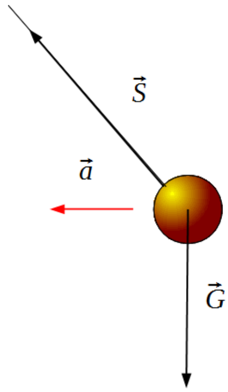


Bild 2

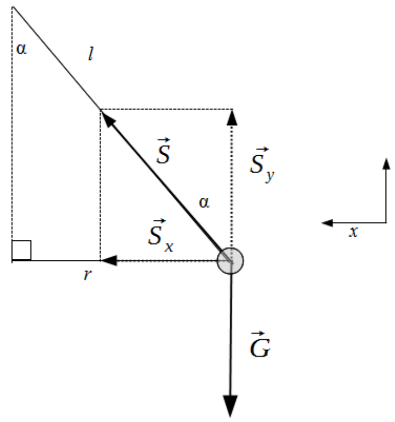
Uppgift 6



a) De krafter som verkar på klotet är spännkraften $\vec{S}$ i snöret och gravitationskraften $\vec{G}$. Klotet befinner sig i en centralrörelse, vars acceleration är riktad mot rörelsens centrum.

b) Som hjälp i beräkningarna används ett (*x,y*)-koordinatsystem, i vilket krafterna delas upp i komponenter i lod- och horisontalriktningen.

Newtons II:



Klotet rör sig inte i lodriktningen, vilket betyder att de i lodriktningen verkande krafter tar ut varandra.

$$\Sigma\overrightarrow{F_y} = 0$$

$S_y = -G = mg.$

I horisontalplanet rör sig klotet i en cirkelbana, vilket betyder att det har en normalacceleration som är riktad mot centrum av banan.

$$a_n = \frac{v^2}{r} = \frac{\left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2}{r} = \frac{(\omega r)^2}{r} = \omega^2 r,$$

där ω är vinkelhastigheten för klotets rörelse och r är banradien.

Den enda kraft som verkar på klotet i horisontalriktningen är den horisontala komponenten av trådens spännkraft, som alltså ger klotet normalaccelerationen enligt NII.

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

$S_x = \mathrm{m}\omega^2 r,\ r = l\sin\alpha$

$mg\tan\alpha = \mathrm{m}\omega^2 l\sin\alpha$

$\frac{g}{\cos\alpha} = \omega^2 l \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{l\cos\alpha}}.$

Omloppstiden

$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{l\cos\alpha}{g}}$

$T = 2\pi\sqrt{\frac{1{,}25\ \mathrm{m}\cdot\cos 41^\circ}{9{,}81\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}}} = 1{,}9484547\ \mathrm{s} \approx 1{,}9\ \mathrm{s}.$

c) Från figuren fås $\cos\alpha = \frac{S_y}{S} = \frac{mg}{S}$

$S = \frac{mg}{\cos\alpha} = \frac{0{,}087\ \mathrm{kg}\cdot 9{,}81\ \mathrm{m/s^2}}{\cos 41^\circ} = 1{,}1308588\ \mathrm{N} \approx 1{,}1\ \mathrm{N}.$

Uppgift 7

a) Kondensatorskivornas radie är *r* = 0,09 m och avståndet mellan dem 0,0057 m.

Skivkondensatorns kapacitans $C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{A}{d}$, där
ε_0 är elektricitetskonstanten,
ε_r mediets relativa permittivitet och
A kondensatorskivornas yta och *d* avståndet mellan dem.

För luft är $\varepsilon_r \approx 1$, och således kan den utelämnas ur uttrycket.

$$C_a = \varepsilon_0 \frac{\pi r^2}{d} = 8{,}85419 \cdot 10^{-12}\,\frac{\text{F}}{\text{m}} \cdot \frac{\pi \cdot (0{,}09\,m)^2}{0{,}0057\text{ m}} = 3{,}9528367 \cdot 10^{-11}\text{F}$$

Kondensatorns laddning:

$Q_a = C_a U_a$ = 3,9528367 · 10^{-11}F · 48 V = $1{,}8973616 \cdot 10^{-9}\text{C} \approx 1{,}9\text{ nC}$

Kondensatorns energi:

$$E_a = \frac{1}{2} C_a U_\text{a}^2 = \frac{1}{2} \cdot 3{,}9528367 \cdot 10^{-11}\text{ F} \cdot (48\text{ V})^2 = 4{,}5536679 \cdot 10^{-8}\text{ J} \approx 4{,}6 \cdot 10^{-8}\text{J}$$

b) Avståndet mellan skivorna är 0,025 m.

$$C_b = 8{,}85419 \cdot 10^{-12}\,\frac{\text{F}}{\text{m}} \cdot \frac{\pi \cdot (0{,}09\text{ m})^2}{0{,}025\text{ m}} = 9{,}0124677 \cdot 10^{-12}\text{ F}$$

Då kondensatorn är isolerad från sin omgivning bevaras laddningen, $Q_b \approx 1{,}9$ nC.

Kondensatorns spänning:

$$U_b = \frac{Q_b}{C_b} = \frac{1{,}89736 \cdot 10^{-9}\text{C}}{9{,}01247 \cdot 10^{-12}\text{F}} = 210{,}52632\ \text{ V}$$

Kondensatorns energi:

$$E_b = \frac{1}{2} C_b U_b^2 = \frac{1}{2} \cdot 9{,}0124677 \cdot 10^{-12}\text{ F} \cdot (210{,}52632\text{ V})^2$$
$$= 1{,}9972228 \cdot 10^{-7}\text{J} \approx 2{,}0 \cdot 10^{-7}\text{J}$$

c) Kondensatorns energi växer. Energin kommer från det arbete som utförs mot de elektrostatiska krafterna, som utförs då kondensatorskivorna dras längre från varandra.

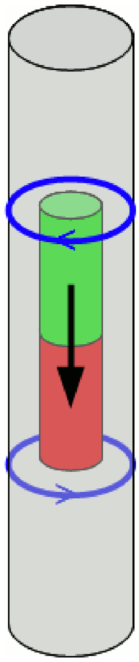
Uppgift 8

a) Enligt induktionslagen induceras spänningen $U = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{B\cdot\Delta A}{\Delta t}$ i en strömslinga, som befinner sig i ett föränderligt mot slingans plan vinkelrätt riktat magnetfält. Φ är det magnetiska flödet genom slingan, B den magnetiska flödestätheten och A slingans yta.

Då ledningen vrider sig vinkeln $\Delta\alpha$ är ändringen i slingans yta $\Delta A = \frac{\Delta\alpha}{2\pi}\cdot\pi r^2 = \frac{r^2}{2}\Delta\alpha$.
Den inducerade spänningen:

$$U = -\frac{Br^2}{2}\cdot\frac{\Delta\alpha}{\Delta t} = -\frac{Br^2}{2}\cdot\omega = -\frac{76\cdot10^{-3}\mathrm{T}\cdot(0{,}36\ \mathrm{m})^2}{2}\cdot 12{,}6\ s^{-1} = -0{,}0620525\ \mathrm{V}$$

Den spänning som mätaren visar är 62 mV.



b) Då magneten faller genom röret kommer rörets väggar att befinna sig i ett föränderligt magnetfält. Virvelströmmar induceras i röret. Enligt Lenz lag har virvelströmmarna en sådan riktning att det magnetfält som de ger upphov till är riktat så att det försöker upprätthålla det ursprungliga magnetfältet. På detta sätt kommer virvelströmmarnas magnetfält att på stavmagneten utöva en mot rörelsen riktad kraftverkan. Detta bromsar upp stavmagnetens rörelse och som en följd av detta rör sig stavmagneten långsammare genom röret än den omagnetiserade mässingsstången.

Då magneten faller genom röret uppträder en magnetisk växelverkan mellan magneten och röret. Magneten påverkas av en kraft som är riktad uppåt varvid röret påverkas av en motkraft neråt enligt Newtons III lag. På grund av växelverkan visar fjädervågen en massa som är större än rörets massa.

Uppgift 9

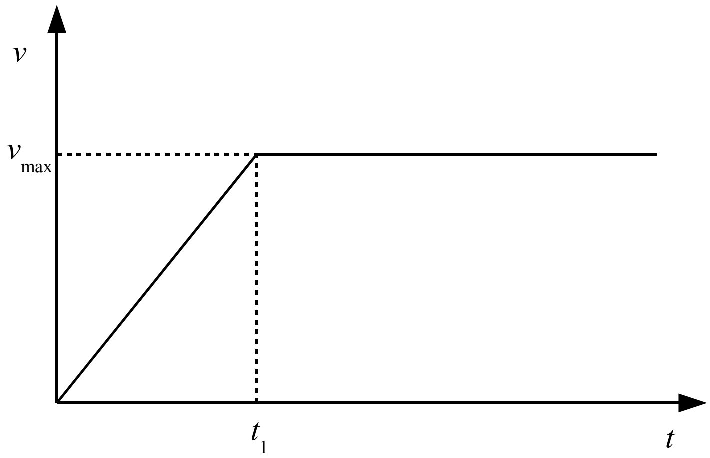
a) En β^+-aktiv atomkärna sönderfaller genom att sända ut en positron, elektronens antipartikel, och en neutrino. $^{22}_{11}$Na-kärnans dotterkärna $^{22}_{10}$Ne bildas i ett exciterat tillstånd och då denna övergår till grundtillståndet emitteras ett gammakvantum vars energi är 1,28 MeV. Då positronen träffar en elektron annihileras positronen och elektronen. Samtidigt uppstår i allmänhet två gammakvanta vars energi motsvarar elektronens vilomassa 511 keV.

b) Då en radioaktiv kärna sönderfaller i två komponenter, som t.ex. vid α-sönderfall, bestämmer rörelsemängdens bevarande och massdefekten den kinetiska energi som sönderfallsprodukterna får. Detta leder till en diskret energifördelning. I β-sönderfallet sönderfaller kärnan genom att sända ut en elektron eller en positron samt en antineutrino eller en neutrino. Reaktionsenergin fördelar sig på tre partiklar: dotterkärnan, β-partikeln och neutrinon. Rörelsemängden bevaras, men eftersom partiklarna är tre blir fördelningen av den kinetiska energin för β-partiklarna kontinuerlig.

Uppgift 10

a) Löpningen består av en accelerationsdel och en del med konstant hastighet.

accelerationsdelen:	delen med konstant hastighet:
$x = ½a_{\max}t^2$	$x = v_{\max}t + x_0$
$v = a_{\max}t$	$v = v_{\max}$



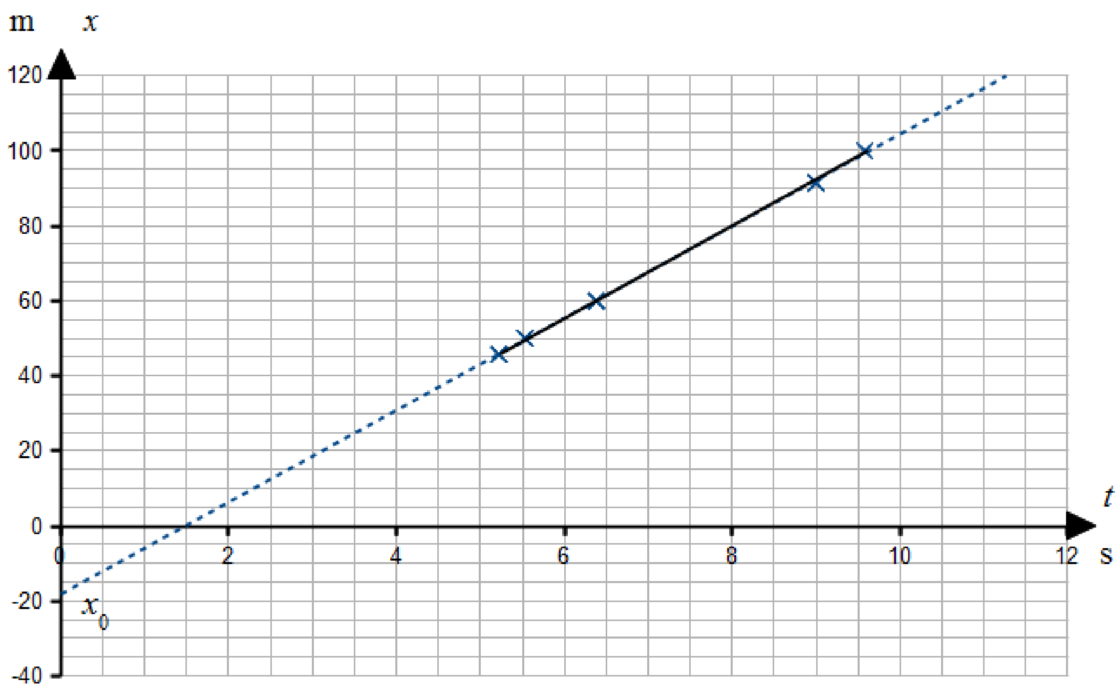
(2 p.)

Vid tidpunkten t_1 övergår accelerationen i konstant hastighet, alltså gäller $a_{\max}t_1 = v_{\max}$.

b) Vi ritar upp funktionen $x = f(t)$ med de givna tabellvärdena.

1 yd = 0,9144 m

t (s)	*x* (m)
5,22	45,72
5,53	50,00
6,38	60,00
9,00	91,44
9,58	100,00



Mätpunkterna ligger på en linje som visar att rekordlöparna på de olika sträckorna springer ända in i mål med samma maximihastighet. Med hjälp av kalkylator anpassar man en rät linje till mätpunkterna och får

$v_{\max}$ = 12,262478 m/s ≈ 12,3 m/s

Eftersom $a_{\max} = \frac{v_{\max}}{t_1}$ fås för den totala sträckan vid tidpunkten t

$x = ½a_{\max}{t_1}^2 + v_{max}(t - t_1) = ½\frac{v_{\max}}{t_1}t_1^2 + v_{\max}(t - t_1)$

$x = v_{\max}t - v_{\max}\frac{t_1}{2}$

Den räta linjen skär *x*-axeln i punkten $x_0 = -v_{\max}\frac{t_1}{2}$ (t = 0).

En linjäranpassning med kalkylator ger $x_0 = -18{,}146614\ \mathrm{m}$.

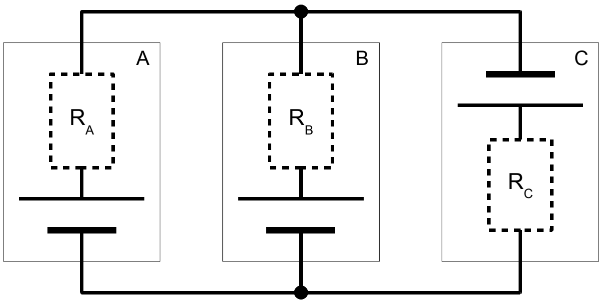
Vi löser $t_1 = \frac{-2x_0}{v_{\max}} = \frac{-2\cdot -18{,}146614\ \mathrm{m}}{12{,}262478\ \mathrm{m/s}} = 2{,}9596979\ \mathrm{s} \approx 3{,}0\ \mathrm{s}$

$$a_{\max} = \frac{v_{\max}}{t_1} = \frac{12{,}262478\ \mathrm{m/s}}{2{,}9596979\ \mathrm{s}} = 4{,}1431518\ \mathrm{m/s^2} \approx 4{,}1\ \mathrm{m/s^2}$$

(4 p.)

Uppgift 11

a) Det beskrivna kopplingsschemat ses i vidstående bild. Batteri C är kopplat i fel riktning. Då är batterierna A och B parallellkopplade i förhållande till varandra och C är i serie med dessa.

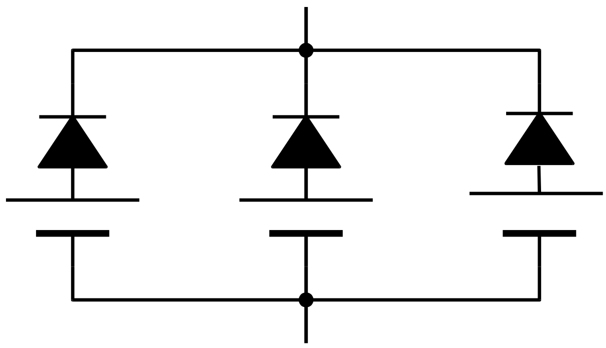


I en parallellkoppling av två likadana batterier förändras inte spänningen. Således är batteriernas A och B gemensamma källspänning $U_{AB} = 12\ V$.

Batteriernas totala spänning, som driver strömmen genom batteri C, är summan av källspänningarna U_{ABC} = $U_{AB} + U_C = 24$ V.

Batteriernas A och B gemensamma resistans: $R_{AB} = 1/\left(\frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B}\right) = 1/\left(\frac{2}{47\ \Omega}\right) = 23{,}5\ \Omega$
Den sammanlagda resistansen: $R_{ABC} = 23{,}5\ \Omega + 47\ \Omega = 70{,}5\ \Omega$
Strömmen genom batteri C: $I_C = \frac{U_{ABC}}{R_{ABC}}$.
Effekten med vilken batteriet C värms upp är värmeeffekten i batteriets inre resistans R_C:
$P_C = R_C I_C^2 = R_C \left(\frac{U_{ABC}}{R_{ABC}}\right)^2 = 47\Omega \cdot \left(\frac{24\ \mathrm{V}}{70{,}5\Omega}\right)^2 = 5{,}4468085\ \mathrm{W} \approx 5{,}4\ \mathrm{W}$.

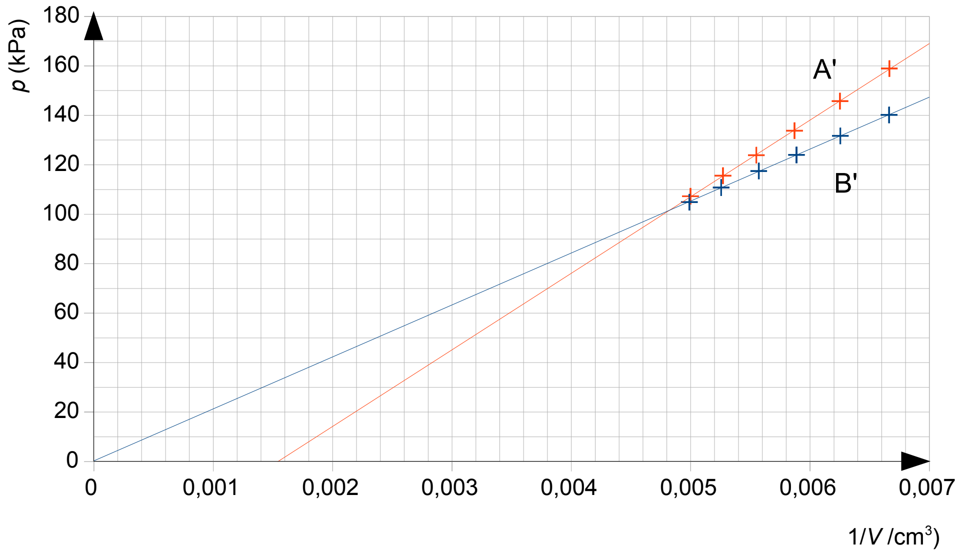
b) Dioden leder ström bara i en riktning. Skadorna av en felkoppling av batterierna kan förhindras genom att man kopplar dioder i serie med batterierna på det sätt som bilden visar.



Uppgift +12

a) Från graferna plockar examinanden ut (V,p)-par och ritar för processerna upp $(\frac{1}{V}, p)$-grafer.

V (cm^3)	$1/V$ (cm^{-3})	p_A (kPa)	p_B (kPa)
150	0,00667	159	140
160	0,00625	146	132
170	0,00588	134	124
180	0,00556	124	117
190	0,00526	116	111
200	0,00500	107	105



Den räta linje B' som svarar mot grafen B går genom origo i $(\frac{1}{V}, p)$-koordinatsystemet, vilket betyder att processen följer Boyles lag pV = konstant. Boyles lag gäller bara för konstant temperatur.

Grafen B beskriver en isotermisk process.

(3 p.)

b) Termodynamikens första huvudsats: förändringen i gasens inre energi ΔU är summan av utbytet av värmeenergi Q mellan gasen och omgivningen och det utförda arbetet ΔW, dvs. $\Delta U = Q + \Delta W$. I en adiabatisk process är Q = 0, därför att värme inte hinner transporteras bort från gasen. I detta fall höjer det utförda arbetet gasens inre energi. Detta uppträder som en temperaturhöjning.

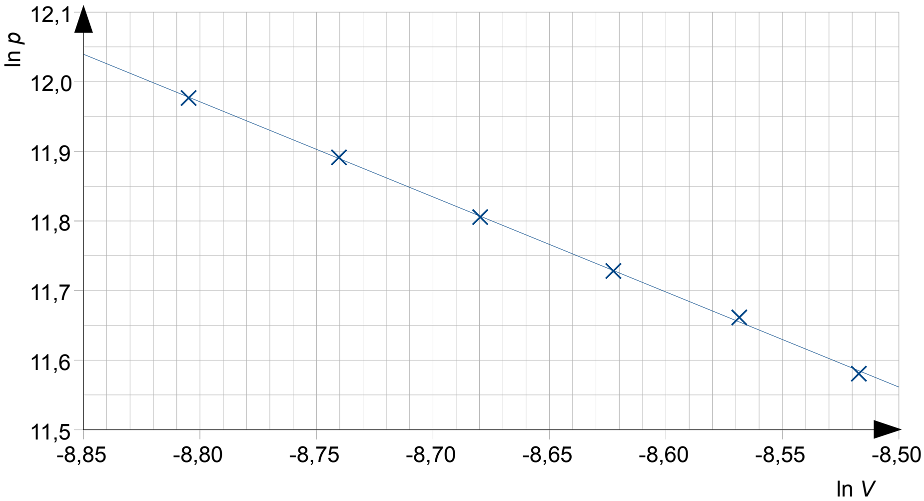
(2 p.)

c) Examinanden skriver $pV^{\gamma} = D$ och tar logaritmen av båda sidorna.

$$\ln p + \gamma \ln V = \ln D$$
$$\ln p = -\gamma \ln V + \ln D$$

Detta är ekvationen för en rät linje i ett (ln *V*, ln *p*)-koordinatsystem. Examinanden väljer ut punkter ur grafen för den adiabatiska processen A och ritar upp grafen i (ln *V*, ln *p*)-koordinatsystemet.

V ($\cdot 10^{-3}$ m^3)	p ($\cdot 10^3$Pa)	ln V	ln p
0,150	159	-8,805	11,98
0,160	146	-8,740	11,89
0,170	134	-8,680	11,81
0,180	124	-8,623	11,73
0,190	116	-8,568	11,66
0,200	107	-8,517	11,58



Examinanden anpassar en rät linje till punkterna och bestämmer linjens lutningskoefficient med kalkylator till -1,3659058. Adiabatkonstanten är det motsatta talet tillvinkelkoefficienten.

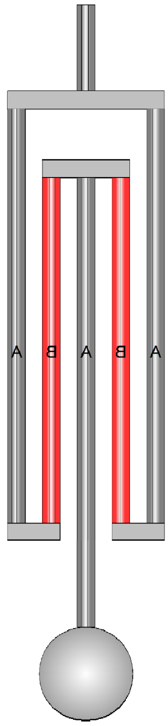
Adiabatkonstanten $\gamma = 1{,}37$

(4 p.)

Uppgift +13

a) Dygnet (jordens rotation), året (jordens rörelse i banan runt solen), sekund (människans puls, hjärtslagen).

(2 p.)



b) Pendelns svängningstid beror på pendellängden. Då temperaturen varierar förändras en enkel pendels längd som en följd av värmeutvidgning. Temperaturkompensationen kan åstadkommas genom att klockans pendel tillverkas av två eller många olika material, vilka har olika längdutvidgningskoefficienter. Pendelns olika delar dimensioneras och kopplas till varandra så att pendelns längd inte beror av temperaturen. Material B i bildens pendel har en större längdutvidgningskoefficient än material A.

(3 p.)

c) De längdkoordinater som behövs vid positionsbestämningen kunde i praktiken bestämmas enbart med en klocka. Bestämningen av longituden eller längdcirkeln utförs genom att man bestämmer någon känd himlakropps höjd över horisonten vid noggrant bestämda tidpunkter. Vid positionsbestämningen utnyttjar man tabeller för stjärnnavigering.

(2 p.)

d) Båtens gungningar påverkar en vanlig pendelklockas gång vilket åstadkommer en stor felvisning. Även tyngdkraftens acceleration varierar med läget, vilket påverkar pendelklockans noggrannhet negativt.

(2 p.)