



YLIOPPILASTUTKINTOLAUTAKUNTA  
STUDENTEXAMENSNÄMNDEN

## Fysik 26.3.2021

Slutgiltiga beskrivningarna av goda svar 18.5.2021

Grunderna enligt vilka bedömningen gjorts framkommer i de slutgiltiga beskrivningarna av goda svar. Uppgiften om hur bedömningsgrunderna tillämpats på examinandens provprestation utgörs av de poäng som examinanden fått för sin provprestation, de slutgiltiga beskrivningarna av goda svar och de föreskrifter gällande bedömningen som nämnden gett i sina föreskrifter och anvisningar. De slutgiltiga beskrivningarna av goda svar innehåller och beskriver inte nödvändigtvis alla godkända svarsalternativ eller alla godkända detaljer i ett godkänt svar. Eventuella bedömningsmarkeringar i provprestationerna anses vara jämförbara med anteckningar och sålunda ger de, eller avsaknaden av markeringar, inte direkta uppgifter om hur bedömningsgrunderna tillämpats på provprestationen.

I studentprovet 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. I provet bedöms även examinandens förmåga att förstå och analysera material av fysikalisk natur. Vid bedömningen uppmärksammas att svaren innehåller en saklig användning av fysikens begrepp och begreppstrukturer och att svaren presenterats logiskt samt med ett konsekvent och väldisponerat faktainnehållet.

Ett gott svar på en uppgift i fysik inkluderar motiveringar för svaret, om inget annat nämns i uppgiften. Ur det framgår 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 situationen. Om svaret kräver situationsbilder, kraftfigurer, kopplingsscheman eller grafiska presentationer är de tydliga och gjorda i enlighet med de allmänna principerna som råder i fysiken. Exempelvis 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 utgående från fysiken. I svaret ingår även nödvändiga uträkningar och andra tillräckliga motiveringar samt ett slutresultat. Storheternas värden behöver i fysikprovet inte skrivas in synligt i formeln, om det av svaret tydligt framgår vilket talvärde och vilken enhet som används för respektive storhetssymbol. Lösningar som gjorts med hjälp av symboliska räkneprogram godkänns, så länge det av svaret framgår på vilken situation och vilka symboler i situationen svaret bygger samt att storhetsekvationen, löst för storheten som söks i uppgiften, presenteras i samband med svaret.

## Del 1

1. Flervalsuppgifter från olika delområden i fysiken (20 p.)

Rätt svar 2 p., fel svar 0 p., inget svar 0 p.

1.1 Den totala kraften som påverkar loket är noll.

1.2 Rörelsemängden bevaras vid kollisionen.

1.3 Vagnen och loket påverkar varandra med lika stora krafter.

1.4 Loket rör sig med en konstant acceleration.

1.5 Förändringen i lokets rörelseenergi är direkt proportionell mot sträckan som loket färdats.

1.6 Partikeln börjar röra sig med likformig acceleration.

1.7 Partikeln hålls på plats.

1.8 Ballong A påverkas av en mindre tyngdkraft än ballong B.

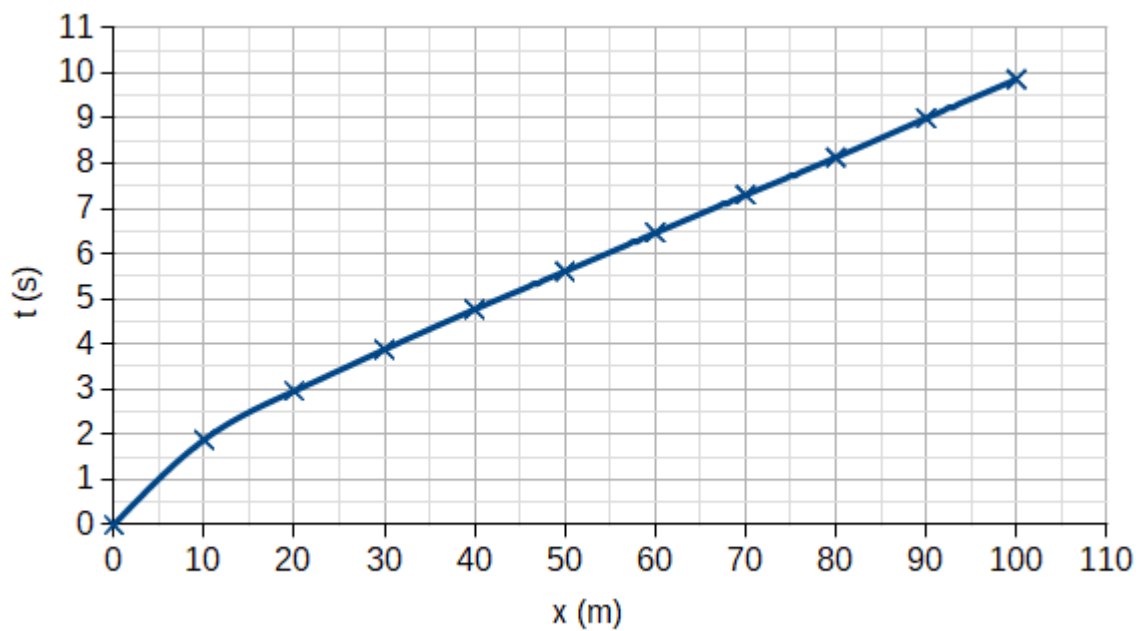
1.9 Värmekapacitet

1.10 Växthusgaserna absorberar värmestrålning från jordens yta bättre än de absorberar solens strålning.

## Del 2

2. Kortdistanslöpning (15 p.)

2.1. Graf.



*Poängsättning:*

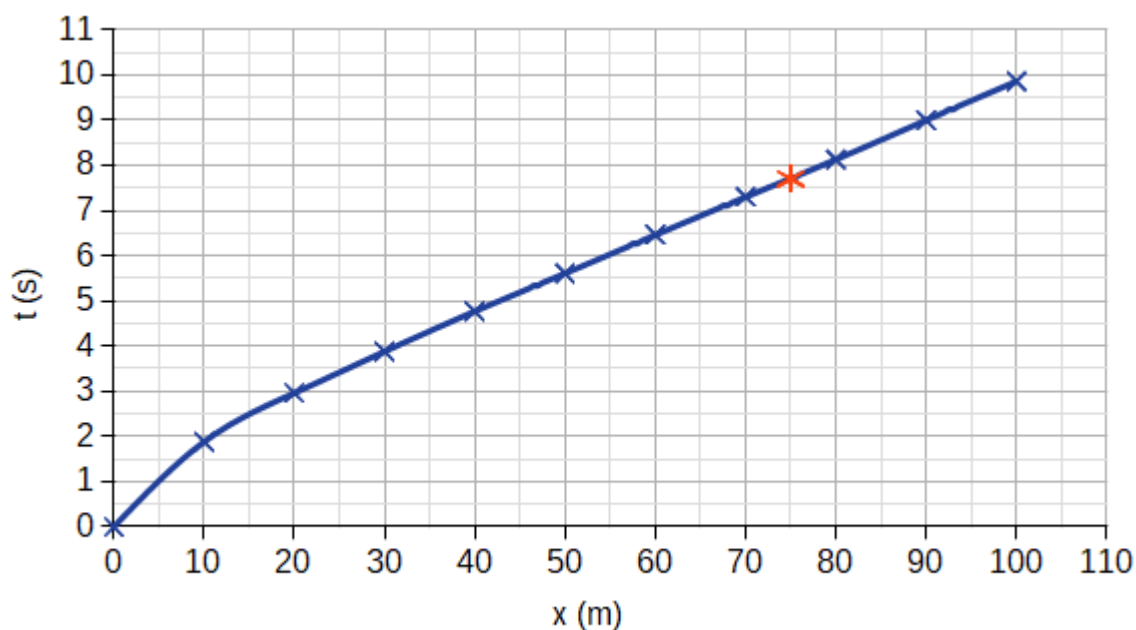
*Det har presenterats en graf där mätresultaten syns som enskilda punkter, och en*

utjämning eller anpassning har ritats utgående från dem. (5 p.).

Om alla datapunkter inte syns är avdraget 2 poäng. Om axlarnas skalor är felaktiga, eller om storhetens eller enhetens beteckningar saknas är avdraget för varje fel 1 poäng. Om utjämnningen gjorts med en streckad linje, en rät linje, eller ett andragradspolynom, eller om utjämnningen saknas är avdraget 1 poäng.

Typiskt fel: Anpassningen är en streckad eller en rät linje.

2.2 Ur grafen kan vi avläsa att Lewis mellantid vid 75-meterspunkten var 7,7 sekunder.



Poängsättning:

Resultatet 7,55 s...7,84 s har givits med två eller tre gällande siffrors noggrannhet (2 p.). Ur svaret framgår principen enligt vilken resultatet har uppnåtts (2 p.). Om resultatet endast framgår ur bilden är avdraget 1 poäng. Slutresultatet är fel om enheten saknas eller om enheten är felaktigt angiven i slutresultatet.

2.3 Mellantiderna från sträckan 20 m–100 m ligger på samma linje, vilket betyder att Lewis löpte med en likformig rörelse i det här intervallet. Uttrycket för en linje

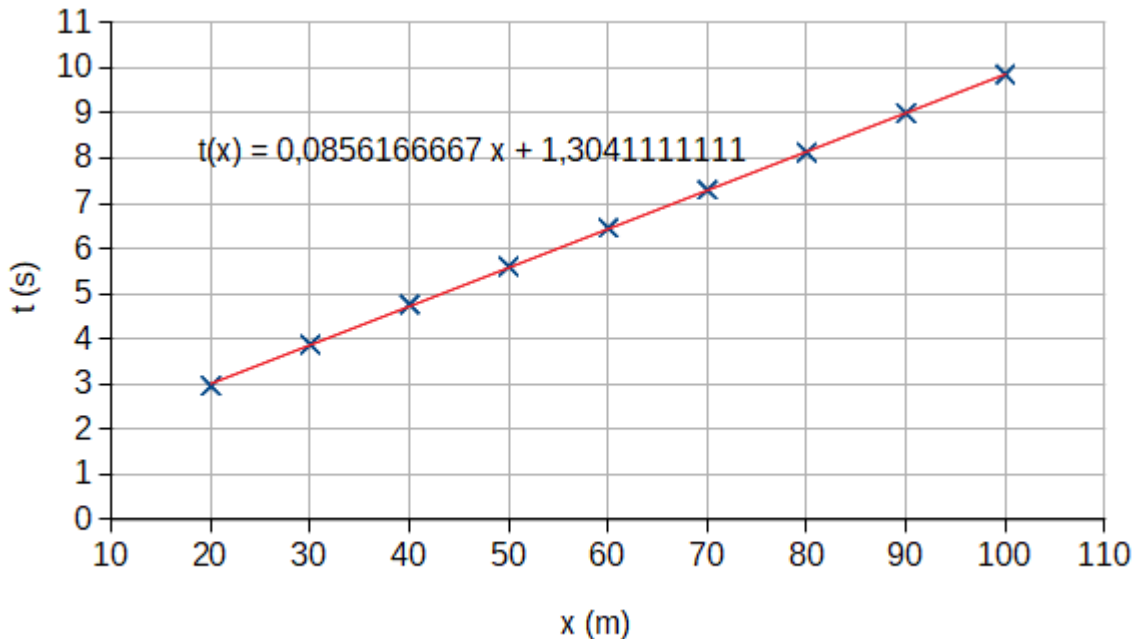
som är anpassad till punkterna i det här intervallet är

$$t(x) = 0,0856166667 \frac{\text{s}}{\text{m}} x + 1,3041111111 \text{ s.}$$

Riktningskoefficienten för linjen är  $k = 0,0856166667 \frac{\text{s}}{\text{m}}$ .

Om vi antar att Lewis hade kunnat upprätthålla samma fart ända fram till 200 m så skulle hans sluttid på sträckan 200 m ha varit

$$t_{200\text{m}} = t_{100\text{m}} + k\Delta x = 9,86 \text{ s} + 0,0856166667 \frac{\text{s}}{\text{m}} \cdot (200 \text{ m} - 100 \text{ m}) = 18,421667 \text{ s} \approx 18,42 \text{ s.}$$



*Poängsättning:*

*Löst genom beräkningar: En rät linje har anpassats till vilken som helst punktmängd mellan 10 m...100 m och ur linjen har sluthastigheten 11,27 m/s...11,81 m/s eller riktningskoefficienten 0,084 s/m...0,087 s/m bestämts (2 p.). Beräkningarna/principen för att uppnå slutresultatet har presenterats (2 p.). Slutresultatet 18,33 s...18,78 s har givits med tre eller fyra siffrors noggrannhet (2 p.).*

*Löst genom extrapolering: En rät linje har anpassats till vilken som helst punktmängd*

mellan 10 m...100 m och extrapolerats till 200 m. Alternativt har extrapolering gjorts med hjälp av en tangent (2 p.). Det har visats/förklarats hur sluttiden har bestämts från linjen (2 p.).

Slutresultatet 18,33 s...18,78 s har givits med tre eller fyra siffrors noggrannhet (2 p.).

Om slutresultatet har för många eller för få gällande siffror är avdraget 1 poäng. Om metoden är klart felaktig ger uppgiften 0 poäng.

Typiska fel: En linje har anpassats till hela punktmängden, sluthastigheten vid 100 m har använts som medelhastighet för hela sträckan på 200 m, eller sluttiden vid 200 m har givits som två gånger sluttiden vid 100 m.

### 3. Gasbehållare (15 p.)

Argongasens substansmängd i flaskan är enligt den allmänna tillståndsekvationen för en ideal gas

$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{280 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 38 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{8,31451 \frac{\text{Pa} \cdot \text{m}^3}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 295,15 \text{ K}} = 433,57295 \text{ mol.}$$

Molmassan för argon är  $M = 39,948 \text{ g/mol}$ , alltså är massan hos gasen i flaskan

$$m_{\text{Ar}} = nM = 17,320 \text{ kg} \approx 17 \text{ kg.}$$

Den sammanlagda massan hos argongasen och flaskan är

$$m = m_{\text{Ar}} + m_0 = 43,320 \text{ kg} \approx 43 \text{ kg.}$$

Massan för argongasen kan även beräknas med hjälp av densiteten för argon och molvolymen för en ideal gas:

$$m_{\text{Ar}_0} = \rho V_m n.$$

På grund av oklarheter gällande tabellvärdet för argons densitet godkänns värdena 22,4 l/mol (0 °C) och 24,055 l/mol (20 °C) för molvolymen. Slutresultatet varierar mellan 43 kg och 45 kg.

Massan för argongasen kan även beräknas med hjälp av gasernas allmänna tillståndsekvation genom att bestämma volymen för argongasen vid trycket 101 kPa och temperaturen 0°C (även 20°C godkänns på grund av oklarheter med tabellvärden) och multiplicera värdet med argons densitet  $\rho = 1,78 \text{ kg/m}^3$ .

*Poängsättning:*

*Det har nämnts i svaret att argon beter sig som en ideal gas. (3p.). Storhetsekvationer för argongasens substansmängd eller volym (2 p.), tillsammans med korrekt mellanresultat (2 p.), och för argongasens massa (2 p.), tillsammans med korrekt mellanresultat (2 p.), har framförts. Metoden för att bestämma den totala massan har antingen presenterats som storhetsekvation eller förklarats i ord (2 p.) och värdet för massan, 43 kg...45 kg, har givits med två eller tre siffrors noggrannhet (2 p.).*

*Om beräkningarna har utförts utan att visa mellanresultaten ersätter korrekt storhetsekvation och slutresultat alla saknade mellanresultat i poängsättningen.*

#### 4. Bryggkoppling (15 p.)

4.1. Den elektriska strömmens riktning är från spänningskällan mot punkt a, alltså från en högre potential mot en lägre. Mellan punkt c och spänningskällan är den elektriska strömmens riktning fortfarande mot den lägre potentialen, alltså mot spänningskällan.

Eftersom det är frågan om olika delar av samma oförgrenade ledare i strömkretsen kommer de elektriska strömmarna att vara lika stora. Eller: Strömmarna är lika stora på grund av att den elektriska strömmen som flyter in i en komponent alltid är lika stor som den elektriska strömmen som flyter ut ur den.

*Poängsättning: Rätt riktningarna har givits för båda elektriska strömmar (2 p.). De*

elektriska strömmarna har konstaterats vara lika stora (2 p.).

4.2. Eftersom ingen elektrisk ström flyter mellan punkterna b och d måste även spänningen mellan punkterna vara noll.

*Poängsättning: Korrekt svar (1 p.) och motivering (2 p.).*

4.3. Vid punkt a delar sig den elektriska strömmen i två delar: den elektriska strömmen  $I_1$  flyter genom motståndet  $R_1$  och den elektriska strömmen  $I_2$  flyter genom motståndet  $R_2$ . Strömmen  $I_1$  fortsätter genom det reglerbara motståndet  $R_3$ , och strömmen  $I_2$  fortsätter genom det okända motståndet  $R_x$  eftersom ingen elektrisk ström flyter mellan punkterna b och d.

Ur detta kan vi dra slutsatsen att spänningarna  $U_{ad}$  och  $U_{ab}$  är lika stora, och enligt Ohms lag gäller då

$$R_1 I_1 = R_2 I_2. \quad (1)$$

Eftersom även spänningarna  $U_{dc}$  och  $U_{bc}$  är lika stora, och enligt Ohms lag gäller då

$$R_3 I_1 = R_x I_2. \quad (2)$$

Vi dividerar ekvationerna med varandra och får

$$\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_x}. \quad (3)$$

Ur detta kan vi för det okända motståndet  $R_x$  lösa ut:

$$R_x = R_2 \frac{R_3}{R_1}. \quad (4)$$



*Poängsättning: Det har framförts ett resonemang ur vilket det framkommer att potentialskillnaderna  $U_{ab}$  och  $U_{ad}$  är lika stora, och att Ohms lag har tillämpats på dessa (5 p.). Rätt uttryck har givits för resistansen  $R_x$  (3 p.).*

## 5. Krafter (15 p.)

### 5.1.

B

$\vec{F}_1$ : Luftmotstånd

$\vec{F}_3$ : Friktion

$\vec{F}_6$ : Ytans normalkraft

$\vec{F}_7$ : Ytans normalkraft

$\vec{F}_8$ : Tyngdkraft

Vid namngivningen bedöms endast krafterna ( $\vec{F}_1$ ,  $\vec{F}_3$ ,  $\vec{F}_6$ ,  $\vec{F}_7$ ,  $\vec{F}_8$ ) som är med i alternativ B. Det är möjligt att få poäng för namngivningen av krafterna även om fel kraftfigur valts.

*Poängsättning:*

*Rätt figur har valts (4 p.) och krafterna i figuren har namngivits (1 p./kraft).*

*Typiska fel: Kraftfigur E har valts. Friktionskraften har benämnts som glidfriktion.*

### 5.2.

C

$\vec{F}_1$ : Ytans normalkraft

$\vec{F}_3$ : Tyngdkraft

Vid namngivningen bedöms endast krafterna ( $\vec{F}_1$ ,  $\vec{F}_3$ ) som är med i alternativ C. Det är möjligt att få poäng för namngivningen av krafterna även om fel kraftfigur valts.

*Poängsättning:*

*Rätt figur har valts (4 p.) och krafterna i figuren har namngivits (1 p./kraft).*

*Typiska fel: Kraftfigur B har valts. Kraften  $F_1$  har benämnts som repens stöd- eller spänningskraft.*

6. Jordbävningstvågor (15 p.)

6.1. P-vågen framskrider sträckan  $s = v_P t_P$ , där  $v_P = 8,0 \text{ km/s}$ , från jordbävningens epicentrum till observeraren. S-vågen framskrider samma sträcka, alltså  $s = v_S t_S$ , där  $v_S = 4,8 \text{ km/s}$ . Den observerade tidsskillnaden är  $t_S - t_P = 30 \text{ s}$ .

Sträckan  $s$  kan beräknas genom att först lösa  $t_P$  eller  $t_S$  ur ekvationen

$$s = v_P t_P = v_S t_S.$$

Genom att flytta termerna och dela med  $v_S$  får vi

$$t_S - \frac{v_P}{v_S} t_P = 0.$$

I den här ekvationen substituerar vi

$$\frac{v_P}{v_S} = \frac{8,0 \text{ km/s}}{4,8 \text{ km/s}} = \frac{5}{3} \quad \text{och} \quad t_P = t_S - 30 \text{ s},$$

varvid vi får lösningen för tiden  $t_S$ :  $t_S = 75 \text{ s}$ .

Avståndet  $s$  är

$$s = v_S t_S = 4,8 \text{ km/s} \cdot 75 \text{ s} = 360 \text{ km}.$$

Ur vågrörelsens grundekvation  $v = f\lambda$  får vi

$$\lambda_P = \frac{v_P}{f_P} = \frac{8,0 \text{ km/s}}{2 \text{ Hz}} = 4 \text{ km}, \quad \lambda_S = \frac{v_S}{f_S} = \frac{4,8 \text{ km/s}}{10 \text{ Hz}} = 0,48 \text{ km} \approx 0,5 \text{ km}.$$

*Poängsättning:*

*Storhetsekvationer för sambandet mellan avstånd och observationstid har framförts (3 p.). Som svar har givits 360 km eller 400 km (2 p.) Vågrörelsens grundekvation har framförts (1 p.) och våglängderna har givits med en eller två siffrors noggrannhet (1 p./våglängd).*

6.2. P-vågor kan beskrivas med longitudinella vågor och S-vågor kan beskrivas med transversella vågor.

Seismiska vågor framskrider med olika hastigheter i olika material och olika lager. Vågorna bryts och reflekteras vid gränsskikten mellan de olika materialen och mellan lager med olika densitet. Jordbävningstvågor som nått skilda observationspunkter har färdats olika vägar genom jordklotets lager. Genom att kombinera seismografiska mätresultat från de olika observationspunkterna kan man få information om strukturen hos de olika lagren i jordklotets inre delar och om positionerna för gränsskikten mellan lagren.

S-vågor förekommer inte i vätskor. Att de saknas i vissa zoner av jordytan i förhållande till jordbävningens epicentrum visar därför att jordklotet har en flytande kärna. Till exempel kan S-vågor inte färdas direkt genom jordklotet från den ena sidan till den andra.

*Poängsättning:*

*Longitudinell (P) och transversell (S) vågrörelse har omnämnts (3 p.) Det har konstaterats att seismiska vågor framskrider med olika hastigheter i jordklotets olika lager (1 p.) och att vågorna reflekteras och/eller bryts vid gränsskikten mellan de olika lagren (1 p.). Det har framförts att S-vågorna inte framskrider i vätskor (1 p.), och slutsatser eller tankar kring det här har presenterats (1 p.).*

7. Reflektion från en tunn hinna (15 p.)

7.1. Ljus reflekteras delvis från hinnans övre yta och delvis från gränsskiktet mellan hinnan och ytan. Dessa reflekterade vågor interfererar med varandra.

Vågorna antingen förstärker eller dämpar varandra beroende på hur stor fasskill-

naden mellan dem är. Om det inte finns någon fasskillnad kommer vågorna att förstärka varandra maximalt. Om fasskillnaden motsvarar en halv våglängd kommer vågorna att dämpa varandra maximalt.

Fasskillnaden beror av hinnans tjocklek och en fasförskjutning motsvarande en halv våglängd som möjligtvis kan ske vid reflektionen.

*Poängsättning:*

*Konstaterat/presenterat som bild ljusets reflektion vid båda gränsskikt (2 p.). Omnämnt interferens/samverkan och hänvisat till sträckan som ljust avverkat i hinnan eller vågornas fasförskjutning (2 p.). Förevisat inverkan som hinnans tjocklek (1 p.) och fasförskjutningarna (1 p.) har på vågornas fasskillnad.*

7.2. Vid båda reflektionerna sker en fasförskjutning som motsvarar en halv våglängd på grund av att ljuset i båda fallen färdas från ett optiskt tunnare ämne till ett optiskt tätare ämne. Därför är de reflekterade vågorna i samma fas och förstärker varandra maximalt om vågen som reflekterats från hinnans nedre yta har färdats en sträcka som motsvarar en våglängd (eller heltalsmultipler av denna sträcka) inuti hinnan. Om vi betecknar hinnans tjocklek med  $L$  så får vi villkoret

$$2L = \lambda_{\text{acetone}}, \quad (5)$$

där  $\lambda_{\text{acetone}}$  är ljusets våglängd i acetone.

Enligt brytningslagen för ljus är

$$\frac{\lambda_{\text{acetone}}}{\lambda_{\text{luft}}} = \frac{n_{\text{luft}}}{n_{\text{acetone}}}, \quad (6)$$

ur vilket vi får

$$\lambda_{\text{acetone}} = \frac{n_{\text{luft}}}{n_{\text{acetone}}} \lambda_{\text{luft}}. \quad (7)$$

Acetonlagrets tjocklek är

$$L = \frac{\lambda_{\text{acetone}}}{2} = \frac{n_{\text{luft}}}{2n_{\text{acetone}}} \lambda_{\text{luft}} \simeq 250 \text{ nm}. \quad (8)$$

(Tjockleken kan även vara multipler av denna.)

*Poängsättning:*

*Det har konstaterats att fasförskjutningarna inte påverkar i det här fallet (2 p.). Villkoret mellan hinnans tjocklek och våglängden för att uppnå konstruktiv interferens har förevisats (3 p.). Förhållandet mellan brytningsindex och våglängden har presenterats eller det har konstaterats att våglängden beror av ämnet (2 p.). Storhetskvationen för tjockleken och ett slutresultat som avrundas till 250 nm har givits med två eller tre siffrors noggrannhet (även multipler godkänns) (2 p.).*

8. Radon (15 p.)

8.1 Radon och dess radioaktiva sönderfallsprodukter avger strålning som kan jonisera molekyler i cellerna. Vid inandning når radon från inomhusluften människornas lungor där strålningen som uppstår vid radonets sönderfall kan skada arvsmassan i cellerna. Detta förorsakar lungcancer.

*Poängsättning:*

*Strålningen har konstaterats vara joniserande (2 p.). Det har omnämnts att radon överförs från inomhusluften till lungorna (1 p.) och de potentiella följderna av detta gällande arvsmassans (DNA) skador och/eller utveckling av lungcancer (1 p.)*

*Typiska fel: Det har påståtts att alfapartiklarna eller alfastrålningen färdas med luften. Hälsoeffekterna har uttryckts bristfälligt.*

8.2 Atomnumret förändras på följande sätt  $92 \rightarrow 90 \rightarrow 91 \rightarrow 92 \rightarrow 90 \rightarrow 88 \rightarrow 86$  i sönderfallskedjan. Eftersom atomnumret minskar med två vid  $\alpha$ -sönderfall och

ökar med ett i  $\beta^-$ -sönderfall så bildas det fyra  $\alpha$ -partiklar och två  $\beta^-$ -partiklar i sönderfallskedjan.

*Poängsättning:*

*De korrekta antalen partiklar har givits (2 p.). Svaret har motiverats med hjälp av sönderfallsekvationerna eller förändringarna i atomnummer som sker i sönderfallsserien.*

*(3 p.).*

*Typiskt fel: Även (anti)neutriner har beräknats vara betapartiklar.*

8.3 Aktiviteten hos en liter brunnsvatten är

$$A = \lambda N = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} N,$$

där  $\lambda$  är sönderfallskonstanten,  $N$  är antalet radioaktiva kärnor och  $T_{1/2}$  är halveringstiden. Kärnornas antal är alltså

$$N = \frac{T_{1/2}}{\ln 2} A = \frac{3,82 \cdot 24 \cdot 3\,600 \text{ s}}{\ln 2} \cdot 460 \frac{1}{\text{s}} \approx 219030000.$$

Svar: I en liter borrhunnsvatten finns det ungefär 220 miljoner radonatomer.

*Poängsättning:*

*Sönderfallskonstanten  $\lambda$  är namngiven (2 p.) (de här poängen uteblir om fel enhet är given tillsammans med värdet på  $\lambda$ ). En storhetsekvation för kärnornas antal har förevisats med hjälp av sönderfallskonstanten eller halveringstiden (2 p.). Det har givits ett svar som kan avrundas till värdet 220 miljoner atomer (2 p.).*

*Typiskt fel:  $\lambda$  har inte namngivits eller så har den kallats för en våglängd.*

## Del 3

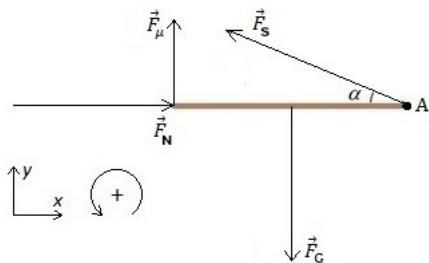
9. En stavs jämvikt (20 p.)

9.1. Kraftfigur.

Stavens massa och längd är  $m = 7,9$  kg och  $L = 1,9$  m, och normalaccelerationen vid fritt fall är  $g = 9,81$  m/s<sup>2</sup>. Förutom tyngdkraften  $\vec{F}_G$  påverkas staven i jämvikt även av stödkraften  $\vec{F}_N$  och friktionskraften  $\vec{F}_\mu$  från väggen samt repets spännkraft  $\vec{F}_S$  (se bilden).

Då koordinatsystemet, kraftmomentets positiva riktning och momentpunkten A väljs på samma sätt som i bilden så kan kraftvillkoren och momentvillkoren uttryckas på följande sätt:

$$\begin{aligned}\sum F_x &= F_N - F_S \cos \alpha = 0, \\ \sum F_y &= F_\mu + F_S \sin \alpha - F_G = 0, \\ \sum M_A &= F_G \frac{L}{2} - F_\mu L = 0.\end{aligned}$$



Stavens tyngd är  $F_G = mg = 77,5$  N. Ur momentvillkoret får vi friktionskraften  $F_\mu = F_G/2 = 38,75$  N. Stavens längd förkortas bort, så den påverkar inte resultaten.

Vid gränsfallet, precis innan stavens vänstra ända börjar glida, antar vilofriktionen sitt största värde  $F_\mu = F_{\mu\max} = \mu_0 F_N$ , där  $\mu_0 = 0,76$  är vilofriktionskoefficienten mellan väggen och staven. Stödkraften från väggen är då  $F_N = F_\mu/\mu_0 = 50,99$  N.

Då kraftvillkoren skrivs som

$$\begin{aligned}F_S \cos \alpha_r &= F_N, \\ F_S \sin \alpha_r &= F_G - F_\mu,\end{aligned}$$



där  $\alpha_r$  är gränsvinkeln för situationen i fråga, och dividerar vi de olika sidorna för sig så får vi

$$\tan \alpha_r = \frac{F_G - F_\mu}{F_N} = \mu_0 = 0,76.$$

Gränsvinkeln är alltså  $\alpha_r = 37,23^\circ$ . Jämvikt är möjlig då  $\alpha < \alpha_r \approx 37^\circ$ .

*Poängsättning:*

*En kraftfigur för staven har förevisats (4 p.). Kraftfiguren ger inga poäng om någon av krafterna saknas, om det förekommer överflödiga krafter, eller om krafterna är indelade i komponenter som inte kan urskiljas från verkliga krafter eller vars längder inte är korrekta. En poäng dras av om krafterna inte är ritade fast i staven, om krafterna angriper fel punkt, eller om krafternas summa klart avviker från noll.*

*De korrekta jämviktsvillkoren för krafterna i x- och y-led (2 p. + 2 p.) och för momentet (momentpunkten angiven) (2 p.) har förevisats i skalärform. (Användning av vektorer och skalärer i samma ekvation leder till ett avdrag på 2 poäng.) En storhetsekvation för gränsvinkeln (2 p.) och resultatet att den tillåtna vinkeln är högst  $37^\circ$  eller  $37,2^\circ$  (2 p.) har presenterats.*

*Typiskt fel: Jämviktsvillkoret för momentet saknas.*

9.2. Nu är  $\alpha = 25^\circ < \alpha_r$ , alltså är jämvikt möjlig. Enligt deluppgift 9.1 är  $F_G \approx 78$  N och  $F_\mu \approx 39$  N. Ur det andra och det första kraftvillkoret får vi

$$F_S = \frac{F_G - F_\mu}{\sin \alpha} = 91,69 \text{ N} \approx 92 \text{ N},$$

$$F_N = F_S \cos \alpha = 83,1 \text{ N} \approx 83 \text{ N}.$$

*Poängsättning:*

*Värden har givits för tyngden (1 p.), friktionskraften (2 p.), spännkraften (2 p.) och stödkraften (1 p.) med två eller tre siffrors noggrannhet (1 poäng dras av för fel*

noggrannhet).

*Typiskt fel: Vilofriktionens största värde har använts.*

10. Värmeförråd (20 p.)

10.1. Enligt materialet lagras det högst  $Q = 9\,000$  MWh energi i värmelagret. För värmemängden  $Q$  och temperaturförändringen  $\Delta T$  gäller ekvationen

$$Q = cm\Delta T,$$

där  $c$  är ämnets specifika värmekapacitet och  $m$  är massan. Då massan kan uttryckas med  $m = V\rho$ , där  $V$  är volymen och  $\rho$  är densiteten, blir temperaturförändringen

$$\begin{aligned}\Delta T &= \frac{Q}{cV\rho} \\ &= \frac{(9\,000 \cdot 10^6 \text{ Wh}) \cdot (3\,600 \frac{\text{s}}{\text{h}})}{(4\,190 \text{ J}/(\text{kg K})) \cdot (150\,000 \text{ m}^3) \cdot 1\,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 51,55 \text{ K} \approx 52 \text{ K}.\end{aligned}$$

Vattnets temperatur stiger med ungefär  $50$  °C.

*Poängsättning:*

*Storhetsekvationen för temperaturförändringen (2 p.) och slutresultatet 50 K eller 52 K eller 50 °C eller 52 °C (3 p.) har givits.*

*Typiskt fel: Vinkelns enhet grader har använts istället för enheter för temperatur.*

10.2. Enligt tabellboken är vattnets densitet  $\rho_0 = 0,9999$  kg/l och  $\rho_1 = 0,9653$  kg/l vid temperaturerna  $T_0 = 1$  °C och  $T_1 = 90$  °C. Vattenmängdens massa förändras inte och  $m = V_0\rho_0$ , där  $V_0$  är vattnets volym vid utgångsläget. Volymförändringen för vattenmängden är

$$\begin{aligned}
\Delta V &= V_1 - V_0 = \frac{m}{\rho_1} - \frac{m}{\rho_0} \\
&= V_0 \left( \frac{\rho_0}{\rho_1} - 1 \right) \\
&= 150\,000 \text{ m}^3 \left( \frac{0,99990}{0,96534} - 1 \right) = 5\,370 \text{ m}^3 \approx 5\,400 \text{ m}^3.
\end{aligned}$$

Svar: Vattenvolymen som överförs är 5 400 m<sup>3</sup>.

*Poängsättning:*

*En storhetsekvation för volymen (2 p.) och rätt slutresultat 5400 m<sup>3</sup> eller 5000 m<sup>3</sup> (3 p.) har givits. Om fenomenet har benämnts värmeutvidgning, trots att fel lösningsmetod använts, ges 2 poäng för uppgiften.*

*Typiskt fel: En linjär formel för värmeutvidgning och volymutvidgningskoefficienten har använts.*

10.3. Effekten hos förnybara energikällor som vindkraft och solenergi beror av väderleksförhållanden och tiden på dagen. Kraftverk som drivs av fossila bränslen är inte beroende av vädret, och deras effekt är mycket förutsägbar och kan bättre anpassas till förbrukningstoppar. Med hjälp av energilagring kan de förnybara energikällornas produktionstoppar jämnas ut.

*Poängsättning:*

*Exempel på förnybara energikällor (sol-, vind-, eller vågeneri) har givits och tillfälliga fluktuationer i produktionen på grund av väder (molnighet, stiltje) eller tid på dygnet har omnämnts (2 p.). Energiförråden har konstaterats nödvändiga för att utjämna produktionen av förnybar energi / för att säkra energitillgången då energiproduktionen från förnybara energikällor tillfälligt är för låg (2 p.).*

*Typiska fel: Energiproduktion har betraktats som en helhet. Vasas lösning har betraktats som ett energiförråd för fjärrvärme.*

10.4. Värmeförrådet används för att utjämna produktions- och konsumtionstoppar i fjärrvärmenätet, medan elektriska batterier används för samma ändamål i elnätet. Det är olönsamt att omvandla energin från värmeförrådet till energi som förflyttas med hjälp av elnätet på grund av att det skulle kräva att man använder en värmekraftmaskin med energiförluster.

Ett elektriskt batteri reagerar snabbare än ett värmeförråd på förändringar i effektbehovet och överföring av elektricitet långa avstånd från ett energiförråd är enklare än överföring av värme. Kapaciteten hos ett elektriskt batteri är märkbart lägre än den hos ett värmeförråd, vilket är orsaken till att det elektriska batteriet lämpar sig dåligt för lagring av energi som används för uppvärmning.

*Poängsättning:*

*Det har konstaterats att energiförråden har olika användningsområden (elektricitet/värme) eller att energins omvandling från en form till en annan är olönsamt (2 p.). Det har konstaterats att förråden har olika hastigheter för ibruktagnin (2 p.) och en signifikant skillnad i kapacitet (1 p.). Överföring av elektricitet från förrådet (långa avstånd med hjälp av elnätet) har konstaterats vara enklare än överföring värme. (1 p.).*

*Typiskt fel: Tekniska lösningar och miljöeffekter har jämförts.*

11. Solpanel (20 p.)

11.1. Då en solpanel riktas mot solen ökar intensiteten hos strålningen/antalet fotoner som träffar solcellerna. Det här leder till att antalet laddningsbärare (elektroner och hål) som bildas i solcellerna ökar, och på så sätt ökar den elektriska strömmen som man får ur cellen.

*Poängsättning:*

*Ur svaret framgår tanken om att riktandet av panelerna ökar på antalet fotoner som träffar panelerna (2 p.) och att det här i sin tur ökar på antalet elektronhålpar som*

*skapas (1 p.).*

11.2. Fotonernas energi är omvänt proportionell mot våglängden. Fotoner med låg energi har inte tillräckligt med energi för att skapa elektronhålpar (laddningsbärare) i kisel.

*Poängsättning:*

*Ur svaret framgår både att energin och våglängden är beroende av varandra och att energin är otillräcklig (3 p.).*

11.3. En foton som absorberas av kisel avger sin energi till en elektron. Då våglängden minskar ökar fotonens energi. Solcellen kan dock inte omvandla den del av energin från fotoner med hög energi som överskrider energin som krävs för att skapa elektronhålpar till energi som förflyttas med elektricitet. Då fotonernas energi ökar kommer även den del av energin som förloras att öka, vilket leder till att den spektrala responsen minskar.

*Poängsättning:*

*Energien som en foton avger till en elektron eller ett elektronhålpar har betraktats (3 p.). Det har konstaterats att ju högre fotonens energi är, desto mer överloppsenergin kommer det att finnas (2 p.).*

11.4. I goda svar behandlas följande aspekter:

- En del av strålningen som träffar cellen absorberas inte utan reflekteras från ytan av cellen eller färdas rakt igenom.
- En del av strålningen absorberas men skapar inte elektronhålpar: strålning vars

våglängd överskrider 1 100 nm och strålning som absorberas i cellens ytstrukturer. I dessa fall övergår den absorberade strålningens energi i sin helhet till inre energi hos cellen.

- Inte heller av den absorberade strålning som skapar elektronhålpar kan all energi utvinnas i en form som kan överföras som elektricitet: den del av energin hos en absorberad foton som överskrider vad som krävs för att skapa ett elektronhålpar övergår till elektronens rörelseenergi och på så sätt till inre energi hos cellen. (Dessutom kan en del av laddningsbärarna som bildas i cellen inte samlas till en yttre krets: ju längre från diodens pn-övergång ett elektronhålpar skapas, desto oftare sker en rekombination av elektronerna och hålen, vilket leder till att energin övergår till inre energi hos cellen eller till ny energi i form av strålning.)

*Poängsättning:*

*Reflektion av strålningen från panelen (2 p.) och absorption i panelens olika delar (2 p.) har omnämnts. Det har anmärkts på genomströmning av långvågig strålning eller på överloppsenergin från deluppgift 11.3 eller det har berättats om andra problem vid energiuppsamlingen (1 p.).*

11.5. Ur bild 11.A (och deluppgift 11.2) ser vi att strålning vars våglängd är  $\lambda \leq 1\,100$  nm (eller ur bilden i materialet  $\lambda \leq 1\,200$  nm) skapar laddningsbärare i cellen. Energin hos en foton med våglängden  $\lambda = 1\,100$  nm är  $E = hc/\lambda$ , där  $h$  är Plancks konstant  $6,62607004 \cdot 10^{-34}$  Js och  $c$  är ljusets hastighet  $2,99792458 \cdot 10^8$  m/s. Energin som krävs för att skapa elektronhålpar är alltså  $E = hc/\lambda \simeq 1,8 \cdot 10^{-19}$  J = 1,1 eV.

*Poängsättning:*

*En storhetsekvation för energin (2 p.) och svaret 1,0...1,1 eV eller  $1,6 \cdot 10^{-19}$  J...1,8  $\cdot 10^{-19}$  J (2 p.) har givits.*