



PROVET I FYSIK 26.9.2019 BESKRIVNING AV GODA SVAR

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.

Fysikens mål är att förstå 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. Pro-

blem 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 väl disponerat 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. 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. 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 samt att storhetsekvationen, löst för storheten som söks i uppgiften, presenteras i samband med svaret. Räknare kan användas för att lösa ekvationer och dra slutsatser av grafer på det sätt som förutsätts i uppgiften.

DEL I

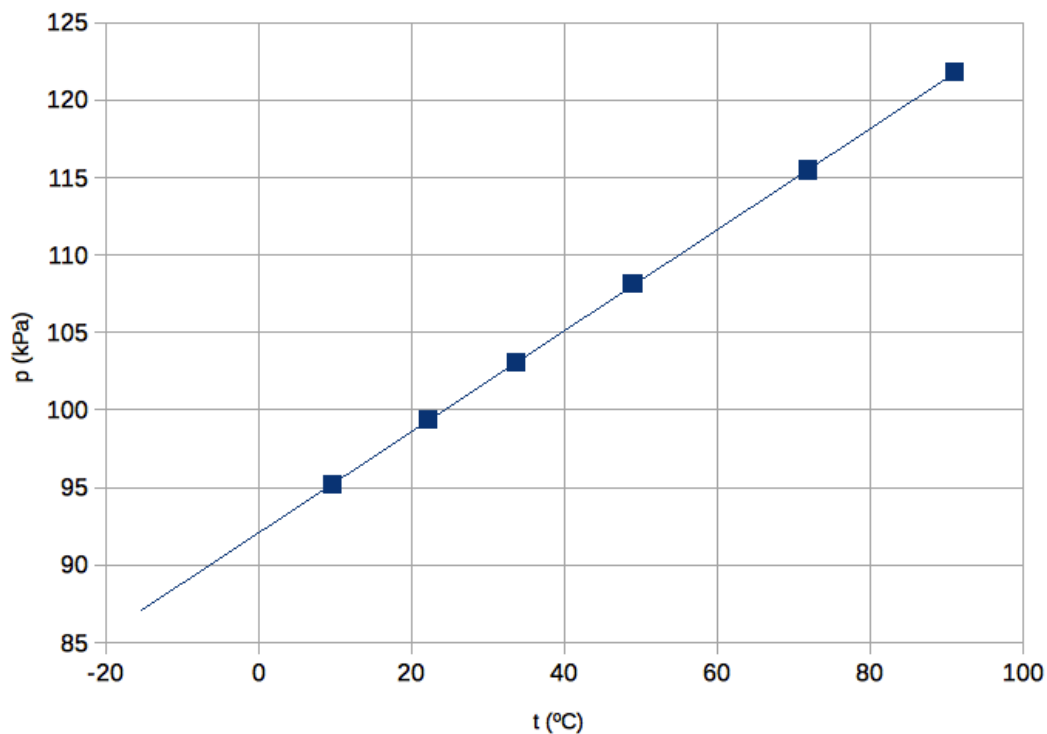
1. Flervalsuppgifter från olika delområden i fysiken (20 p.)

- 1.1. Vagn A får en mindre rörelseenergi än vagn B. (2 p.)
- 1.2. Summan av vagnarnas rörelsemängder är noll. (2 p.)
- 1.3. Fjäderkraftens potentialenergi förändras periodiskt. (2 p.)
- 1.4. systemets massmedelpunkt är stationär (2 p.)
- 1.5. riktas uppåt i bilden (2 p.)
- 1.6. riktas till höger i bilden (2 p.)
- 1.7. 30 °C (2 p.)
- 1.8. Mera energi har överförts från kropp A än från kropp B. (2 p.)
- 1.9. Vattnet i kärl A kyls till en början ner snabbare än vattnet i kärl B. (2 p.)
- 1.10. Enligt temperaturmätningen uppnår vattnet i kärl B en temperatur på 30 °C först, alltså före vattnet i kärl A. (2 p.)

DEL II

2. Gastermometer (15 p.)

2.1. (5 p.)



För fulla poäng (5 p.) krävs det att alla mätpunkter syns i bilden och att en lämplig anpassning har gjorts till dem. Axlarna ska ha korrekta beteckningar och axlarnas skala ska vara rimlig.

Om anpassning saknas eller är klart felaktig eller om mätpunkter saknas dras det av 2 p. per fel. En poäng dras av för varje av följande fel: saknad, överlopps, eller felaktig mätpunkt; beteckning för storhet eller enhet eller nummerskala saknas från en axel; grovt olämplig skala.

2.2. (5 p.)

Luft kan anses vara en idealgas inom det temperaturområde som undersöks. Därmed är

$$\frac{p}{T} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \text{konstant vid konstant volym och en rak linje kan anpassas till punkterna.}$$

Från anpassningslinjen får vi

$$p(t) = 0,326083 \frac{\text{kPa}}{^\circ\text{C}} \cdot t + 92,1404 \text{ kPa},$$

varmed

$$t(p) = \frac{p - 92,1404 \text{ kPa}}{0,326083 \frac{\text{kPa}}{^\circ\text{C}}}.$$

Vi beräknar temperaturen då trycket $p = 88,2 \text{ kPa}$.

Som svar får vi $t = -12,0841 \text{ }^\circ\text{C} \approx -12,1 \text{ }^\circ\text{C}$.

Det framgår från svaret hur en linje som är anpassad till punkterna kan användas för att bestämma temperaturen (3 p.). Korrekt slutresultat (2 p.).

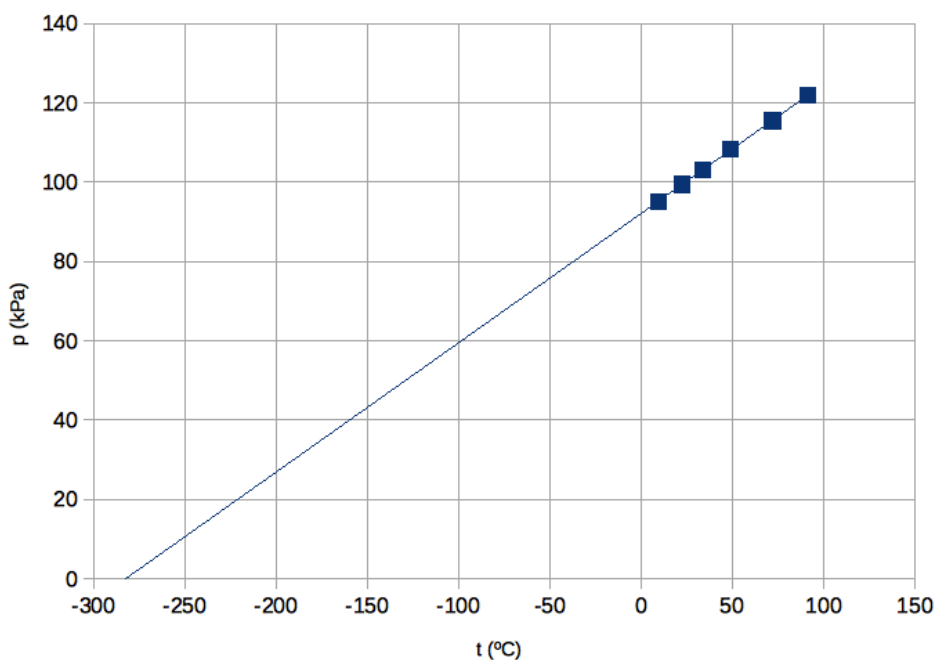
2.3. (5 p.)

Vi extrapolerar för att undersöka hur idealgasen skulle bete sig när temperaturen sjunker.

Vi beräknar gasens temperatur med hjälp av ekvationen i deluppgift 2.2. då trycket

$$p = 0 \text{ kPa. } t(0 \text{ kPa}) = \frac{-92,1404 \text{ kPa}}{0,326083 \frac{\text{kPa}}{^\circ\text{C}}} = -282,567 \text{ }^\circ\text{C} \approx -283 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Gasens temperatur skulle alltså vara $-283 \text{ }^\circ\text{C}$ vid den absoluta nollpunkten.



I svaret har det omnämnts att luften beter sig som en idealgas (2 p.). Korrekt slutresultat har uppnåtts antingen genom uträkning eller genom att grafiskt extrapolera med hjälp av ett datorprogram (3 p.).

3. En LED-lampa i bilen (15 p.)

3.1. (6 p.)

Källans spänning $U = 14,4 \text{ V}$

LED:ns tröskelspänning $U_L = 1,7 \text{ V}$

Elektrisk ström $I = 0,0200 \text{ A}$

Förmotståndets resistans $R = ?$

Minimivärdet för resistansen hos förmotståndet motsvaras av den situationen där spänningsförlusten över LED:n är lika med tröskelspänningen. Alla komponenter är kopplade i serie, alltså går samma ström I genom förmotståndet och LED:n.

Vi tillämpar Kirchhoffs II lag:

$$U - U_L - RI = 0,$$
$$R = \frac{U - U_L}{I} = 640 \Omega.$$

Det seriekopplade motståndets resistans måste vara åtminstone 640Ω .

Det framgår från svaret att samma elektriska ström går genom alla komponenter (2 p.). Kirchhoffs II lag har tillämpats och omnämnts i lösningen eller LED:n har behandlats som en resistiv komponent och det har gjorts en antydning om seriekoppling (2 p.). I resultatet ska storhetsekvation vara utskriven (2 p.). Ett svar som inte tar LED:ns spänning i beaktande godkänns inte.

3.2. (3 p.)

Källans spänning $U = ?$

Motståndets resistans $R = 830 \Omega$

Elektrisk ström $I = 0,0300 \text{ A}$

LED:ns tröskelspänning $U_L = 1,7 \text{ V}$, eftersom LED:ns spänning inte förändras då strömmen ökar från $0,020 \text{ A}$ till $0,030 \text{ A}$.

Med hjälp av Kirchhoffs II lag beräknar vi den högsta spänning som LED:n klarar av utan att gå sönder:

$$U - U_L - RI = 0,$$
$$U = U_L + RI = 26,6 \text{ V} \approx 27 \text{ V}.$$

Från svaret framgår det att spänningen över LED:n inte förändras då strömmen ökar.

Kirchhoffs II lag har tillämpats i lösningen och storhetsekvationen är utskriven i resultatet (3 p.).

3.3. (6 p.)

Spänningen över förmotståndet och LED-kombinationen är 14,4 V. Då blir spänningen över förmotståndet $U_R = U - U_L = 14,4 \text{ V} - 1,7 \text{ V} = 12,7 \text{ V}$.

Den elektriska strömmen genom vardera LED är 20,0 mA, varmed förmotståndets elektriska ström är $I_R = 2 \cdot I_L = 40,0 \text{ mA}$.

Förmotståndets resistans är $R = \frac{U_R}{I_R} = \frac{12,7 \text{ V}}{0,0400 \text{ A}} = 317,5 \Omega \approx 320 \Omega$.

Spänningsförlusten över förmotståndet har i svaret bestämts med hjälp av Kirchhoffs II lag (2 p.) och storleken hos strömmen genom förmotståndet har motiverats (2 p.). Storhetsekvationen har skrivits ut i slutresultatet (2 p.).

4. Utförsåkning (15 p.)

4.1. (7 p.)

Vi använder följande beteckningar:

backens lutning $\alpha = 14^\circ$

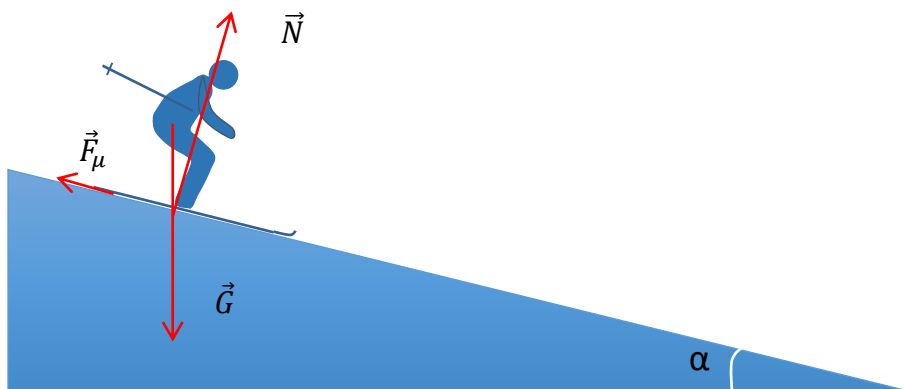
backens höjd $h = 7,5$ m

backens längd $s = \frac{h}{\sin \alpha}$

skidåkarens massa m

rörelsefriktionskoefficient $\mu = 0,11$

Krafterna som påverkar skidåkaren är tyngdkraften \vec{G} , backens stödskraft \vec{N} och rörelsefriktionen mellan skidorna och snön \vec{F}_μ . (Luftmotståndet beaktas inte.)



Enligt mekanikens energiprincip är summan av förändringen i skidåkarens potentialenergi och rörelseenergi lika med arbetet som rörelsefriktionen utför då skidåkaren åker utför backen:

$$\Delta E_p + \Delta E_k = W_\mu,$$

där $\Delta E_p = -mgh$, $\Delta E_k = \frac{1}{2}mv^2$ och $W_\mu = -F_\mu s$.

Skidåkaren är i jämvikt med backens vinkelräta riktning. Ytans stödskraft är då $N = G_y = mg \cos \alpha$. Rörelsefriktionen är $F_\mu = \mu N = \mu mg \cos \alpha$.

Då får vi

$$-mgh + \frac{1}{2}mv^2 = \mu mg \cos \alpha \cdot \frac{h}{\sin \alpha}.$$

Ur vilket vi löser för hastigheten

$$v = \pm \sqrt{2gh \left(1 - \mu \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}\right)} = \pm 9,06805 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx \pm 9,1 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Skidåkarens hastighet vid slutet av backen är 9,1 m/s.

I kraftdiagrammet saknas det inte krafter och det finns inte heller överloppskrafter. Krafternas verkningspunkter eller längder är inte klart felaktiga (3 p.).

Rätt utgångsekvationer för lösningen har presenterats i svaret (2 p.).

Storhetsekvationen ska vara utskriven i det slutliga resultatet (2 p.).

4.2. (8 p.)

På plan mark påverkas skidåkaren av stödskraften $N = mg$, varmed hen påverkas av rörelsefriktionen $F_\mu = \mu mg$.

Skidåkaren har vid början av den plana marken rörelseenergin $mv^2/2$, där v är hastigheten som beräknades tidigare. Skidåkaren saktar ner på grund av rörelsefriktionen och efter att ha glidit sträckan d stannar skidåkaren. Arbetet som utförs av rörelsefriktionen är $W_\mu = \mu mgd$. Med hjälp av energiprincipen kan vi beräkna sträckan d som skidåkaren glider:

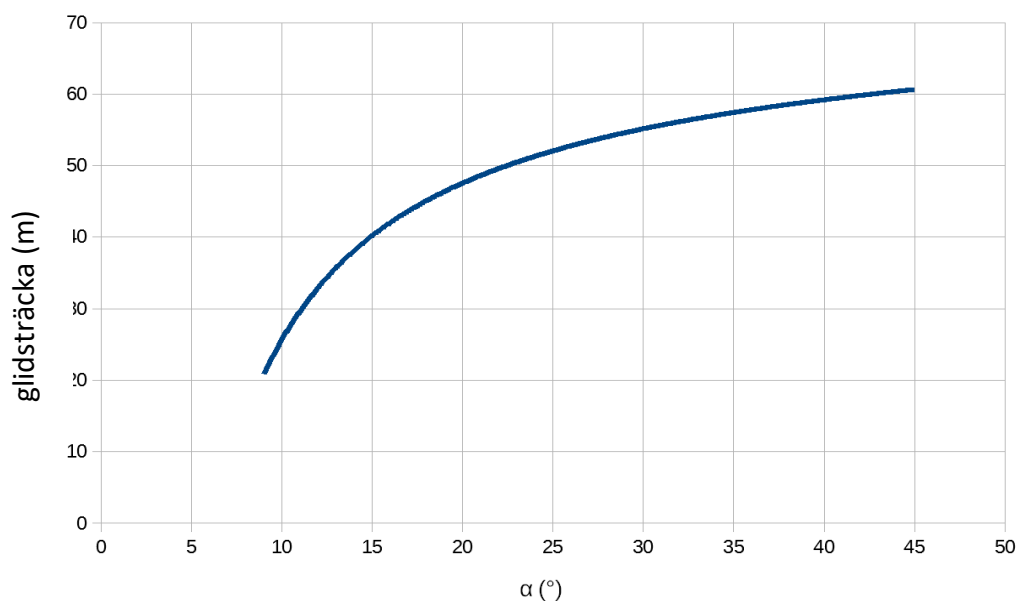
$$\Delta E_k = W_\mu,$$

$$d = \frac{-\frac{1}{2}mv^2}{-\mu mg} = \frac{v^2}{2\mu g}.$$

Vi sätter in uttrycket för hastigheten från deluppgift 4.1. $v = \pm \sqrt{2gh \left(1 - \mu \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}\right)}$:

$$d = \frac{h}{\mu} \left(1 - \mu \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}\right)$$

Glidsträckan är grafen över funktionen $d = \frac{h}{\mu} \left(1 - \mu \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}\right)$ inom intervallet $9^\circ \dots 45^\circ$ för vinkeln.



Uppgiften har lösts antigen med hjälp av energiprincipen (så som ovan) eller kinematiskt utgående från Newtons II lag. Den använda lagen eller principen har omnämnts (1 p.). Rätt utgångsekvationer för lösningen har presenterats i svaret (2 p.) och uttrycket för sträckan har givits som storhetsekvation (2 p.).

Grafen är en kontinuerlig kurva och den omfattar hela vinkelområdet som är givet i uppgiften. Axlarna har lämplig beteckning och axlarnas skala är rimlig (3 p.).

Grafens fel, -1 p./fel

- storhetens beteckning, enhet eller nummerskala saknas från en axel
- grafens derivata ser inte kontinuerlig ut
- området för vinkeln avviker från det som givits i uppgiften eller skalan är på annat sätt olämplig

Endast punkter utan en kurva -2 p.

5. Gitarrsträng (15 p.)

5.1. (5 p.)

Den lägsta frekvensen motsvarar en vibration med våglängden $\lambda = 2L$, där $L = 0,655$ m är den klingande delen av strängen.

Den lägsta frekvensen som avläst från grafen $f = 110$ Hz.

Vågens hastighet är $v = \lambda f = 144,1 \text{ m/s} \approx 144 \text{ m/s}$.

I svaret har någon av de stående vågorna i strängen kopplats ihop med rätt frekvens från frekvensgrafan, till exempel den längsta stående vågen med den lägsta frekvensen (så som ovan) (2 p.) och motsvarande värde hos frekvens har avlästs ur grafen (1 p.). I slutresultatet har hastighetens storhetsekvation skrivits ut (2 p.).

5.2. (4 p.)

Då strängen spänns förändras inte strängens längd alltså förändras inte heller den stående vågens längd. Enligt lagen $v = \lambda f$ kommer då vågens hastighet att öka när strängen spänns på grund av att frekvensen av vibrationen ökar.

Det har konstaterats i svaret att våglängden inte förändras (2 p.), och lagen $v = \lambda f$ har använts för att bedöma vågens hastighet (2 p.). Svar där våglängden påstås ändra godkänns inte.

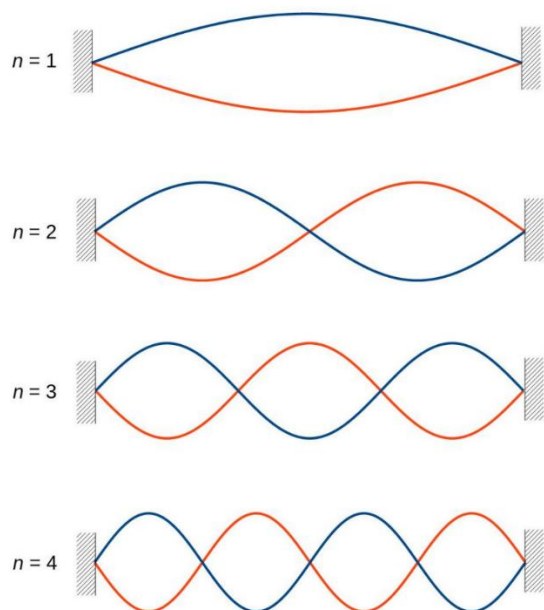
5.3. (6 p.)

Då den klingar uppträder samtidigt ett flertal olika stående vågor i gitarrsträngen. På grund av det här förkommer det även ett flertal olika vibrationsfrekvenser, liksom illustreras i bilden. Frekvenser som är högre än grundfrekvensen motsvaras av stående vågor där det förekommer en, två eller tre noder utöver noderna vid strängens ändar. Våglängderna för de stående vågorna är $\frac{2L}{n}$, där $n = 1, 2, 3, \dots$. Frekvenserna för motsvarande vibrationer är

$$f_n = \frac{v}{2L/n} = n \frac{v}{2L} = n f_1.$$

Frekvenserna är alltså heltalsmultipler av den lägsta frekvensen f_1 .

I svaret nämns att det är frågan om stående vågor (2 p.). Våglängder som motsvaras av högre frekvenser har motiverats med hjälp av till exempel en bild eller en uträkning (2p.). Storhetsekvationen för de högre frekvenserna har givits (2p.).



6. En pendel i ett magnetfält (15 p.)

6.1. (5 p.)

I experiment 1 används en pendel gjord av en aluminiumskiva som hänger från ett stativ. I experiment 2 används utöver pendeln även en permanent magnet.

I experiment 1 förs pendeln till ett läge som avviker från jämviktsläget och släpps sedan fri. Pendeln svänger på båda sidor om dess jämviktsläge. Svängningen dämpas och upphör till slut.

I experiment 2 placeras pendeln mellan polerna hos en hästskomagnet och experimentet upprepas. I det här fallet stannar pendeln snabbt mellan polerna.

I svaret har det nämnts att delarna av den experimentella uppställningen består av en aluminiumpendel och en permanent magnet (1 p.). I beskrivningen av experiment 1 har det konstaterats att pendeln svänger och att svängningen dämpas eller upphör (2 p.), och i beskrivningen av experiment 2 att pendeln svänger mellan magnetens poler och att den stannar fortare än i experiment 1 (2 p.). För ett gott svar krävs det att man utgående från beskrivning får rätt uppfattning om experimentet och den experimentella uppställningen.

6.2. (5 p.)

Det är fråga om virvelströmmar som uppstår i ett varierande magnetiskt fält, vilket leder till att pendelns svängning saktas ner. Virvelströmmar uppstår i aluminium för att det är ett ledande material.

Pendelns rörelse förorsakas av tyngdkraften och stödkraften med vilken stativet påverkar pendeln.

Under samverkan av krafterna svänger pendeln runt sitt jämviktsläge.

Virvelströmmar skulle inte uppstå i pendeln om den var tillverkad av ett isolerande material som plast.

Då skulle pendeln inte stanna snabbt i det magnetiska fältet, utan svängningen skulle likna den i det första experimentet och dämpas långsamt under påverkan av friktion och luftmotstånd.

I svaret har det nämnts att virvelströmmar uppstår i aluminiumet på grund av att det magnetiska flödet genom den förändras under svängningens lopp (2 p.). Det har konstaterats att en plastskiva skulle svänga på samma sätt som aluminiumskivan i experiment 1 (1 p.) för att plast är en isolator och att det därför inte uppstår virvelströmmar i det (2 p.)

6.3. (5 p.)

Virvelströmmar är rörelse av de fria elektronerna i den ledande kroppen. (2 p.)

Elektronerna påverkas av den magnetiska Lorentzkraften. (2 p.)

De magnetiska krafternas samverkan dämpar pendelns rörelse. (1 p.)

ELLER

Enligt Lenz lag strävar de magnetiska fälten från virvelströmmarna som inducerats i skivan efter att motverka förändringar i det magnetiska fältet. Det magnetiska fältet förstärks vid den del av skivan som är på väg in mellan den permanenta magnetens poler, alltså försöker virvelströmmens fält försvaga det magnetiska fältet. Då har den elektromagnet som virvelströmmen skapar och den permanenta magneten lika poler mot varandra. Magneterna repellerar varandra och pendelns rörelse bromsas in. På motsvarande sätt skapar virvelströmmarna i den del av skivan som är på väg bort från den permanenta magnetens poler en elektromagnet som försöker upprätthålla det minskande fältet. Då är elektromagnetens och den permanenta magnetens motsatta poler mot varandra och deras attraktion

bromsar in pendelns rörelse.

Lenz lag har omnämnts samt förklarats i svaret (2 p.), dessutom har lagen tillämpats på den betraktade situationen på ett sådant sätt att elektromagnetens och den permanenta magnetens växelverkan samt inbromsningen av pendels rörelse förklaras (3 p.).

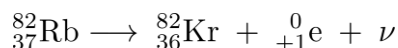
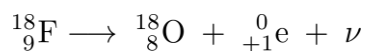
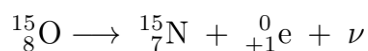
ELLER

Aluminiumskivan är en ledare, men den motsätter sig likväl den elektriska strömmens gång och energi från strömmen omvandlas till värme i materialet. (1 p.) På grund av det här kräver upprätthållandet av virvelströmmarna energi. Den här energin tas från pendelns rörelse, varmed pendeln saktar ner och svängningen dämpas.

I svaret har det konstaterats att virvelströmmarna förorsakar en omvandling av energi till värme (inre energi hos aluminiumet) (1 p.) på grund av att aluminium har en resistans (2 p.). Kopplingen mellan detta och dämpningen av pendelns svängningar har förklarats (2 p.).

7. Betasönderfall (15 p.)

7.1. (4 p.)



I ett godkänt svar har det skapade grundämnet namngivits rätt och det har rätt ordningstal (atomnummer), dessutom förekommer det inte överlopps- eller felaktiga partiklar i reaktionen (4 p.). Om svaret annars är korrekt men det förekommer felaktiga mass- eller neutronantal eller

neutrino saknas kan man högst få 2 p. för deluppgiften.

7.2. (7 p.)

Massunderskotten:

$$\begin{aligned}\Delta m &= [m({}^{15}_8\text{O}) - 8m(e)] - [m({}^{15}_7\text{N}) - 7(e) + m(e)] = m({}^{15}_8\text{O}) - m({}^{15}_7\text{N}) - 2m(e) \\ &= 15,003065 \text{ u} - 15,000108 \text{ u} - 2 \cdot 5,4857990 \cdot 10^{-4} \text{ u} \approx 0,00185984 \text{ u}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta m &= [m({}^{18}_9\text{F}) - 9m(e)] - [m({}^{18}_8\text{O}) - 8(e) + m(e)] = m({}^{18}_9\text{F}) - m({}^{18}_8\text{O}) - 2m(e) \\ &= 18,000937 \text{ u} - 17,9991594 \text{ u} - 2 \cdot 5,4857990 \cdot 10^{-4} \text{ u} \approx 0,000680440 \text{ u}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta m &= [m({}^{82}_{37}\text{Rb}) - 37m(e)] - [m({}^{82}_{36}\text{Kr}) - 36m(e) + m(e)] = m({}^{82}_{37}\text{Rb}) - m({}^{82}_{36}\text{Kr}) - 2m(e) \\ &= 81,918209 \text{ u} - 81,913482 \text{ u} - 2 \cdot 5,4857990 \cdot 10^{-4} \text{ u} = 0,00362984 \text{ u}\end{aligned}$$

Sönderfallsenergierna som motsvaras av massunderskotten:

$$Q = 0,00185984 \text{ u} \cdot c^2 = 0,00185984 \cdot 931,49432 \text{ MeV} \approx 1,732 \text{ MeV}$$

$$Q = 0,000680440 \text{ u} \cdot c^2 \approx 0,6338 \text{ MeV}$$

$$Q = 0,00362984 \text{ u} \cdot c^2 \approx 3,381 \text{ MeV}$$

Sönderfallsenergierna motsvarar maximivärdena i de observerade spektrumen, eller till och med överskrider dem lite inom gränserna för mätnoggrannheten för spektrumen.

Massunderskottet för sönderfallet i deluppgift 7.1. har beräknats i svaret (3 p.). Den frigjorda energin har bestämts med hjälp av massunderskottet (2 p.) och svaret har jämförts med maximienergin för positronen i energispektrumet som givits i materialet (2 p.).

7.3. (4 p.)

Strålningsspektrumet är kontinuerligt för att den frigjorda sönderfallsenergin delas mellan tre partiklar, alltså dotterkärnan, positronen och neutrino. (1 p.)

Merparten av rörelseenergin tilldelas positronen och neutrino, och förhållandet mellan deras parter varierar vid sönderfallet. (2 p.)

Därför kan positronens rörelseenergi anta vilket som helst värde mellan noll och det observerade maximivärdet. (1 p.)

8. Radioaktivitet hos foder (15 p.)

8.1. (6 p.)

Antalet sönderfallande kärnor på åkern $N = n N_A = \frac{m}{M} N_A$, där n är substansmängden, m är den totala massan och M är molmassan. Ur detta får vi den totala massan av isotoperna på åkern $m = \frac{N}{N_A} M$.

Utgående från den uppmätta aktiviteten får vi $N = \frac{1}{\lambda} A$, där $A = 5 \cdot 10^4 \frac{\text{Bq}}{\text{m}^2} \cdot 2 \cdot 10^4 \text{ m}^2$. Sönderfallskonstanten är $\lambda = \frac{\ln(2)}{T_{1/2}}$, där halveringstiden för ^{60}Co -isotopen är 5,27 år = 5,27 · 31,536 · 10⁶ s.

^{60}Co -isotopens molmassa är $M = 59,933819 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$. Som total massa får vi

$$m = \frac{AMT_{1/2}}{N_A \ln 2},$$

och genom att sätta in värden får vi massan $2,38623505 \cdot 10^{-5} \text{ g} \approx 20 \text{ } \mu\text{g}$.

Utgångsekvationer ur vilka det framgår att $N \sim A$ och $N \sim m$ har givits i svaret (2 p.).

Med hjälp av dessa, utgående från hela åkerns aktivitet (1 p.) och tabellvärdet för ^{60}Co -isotopens halveringstid (1 p.), har totala massan hos isotoperna på åkern bestämts (2 p.).

8.2. (4 p.)

Till en början är åkerns totala aktivitet per ytenhet $A_0 = 5 \cdot 10^4 \text{ Bq/m}^2$.

Sönderfallskonstanten är $\lambda = \frac{\ln(2)}{T_{1/2}}$, där halveringstiden för ^{60}Co -isotopen är 5,27 år.

Efter ett år ($t = 1 \text{ a}$) har koboltåkerns aktivitet sjunkit till värdet

$$A = A_0 e^{-\lambda t} = 4,383778103 \cdot 10^4 \frac{\text{Bq}}{\text{m}^2}.$$

Växtlighetens andel är 30 % av den totala aktiviteten. När hela åkern skördas har det producerade fodret en aktivitet på

$$A_{foder} = 0,3 \cdot 4,383778103 \cdot 10^4 \frac{\text{Bq}}{\text{m}^2} \cdot 2 \cdot 10^4 \text{ m}^2 = 2,6302686 \cdot 10^8 \text{ Bq}.$$

Den aktiva kobolten har fördelats jämnt i fodret med volymen 10 m^3 , alltså kommer en 3 liters portion att ha aktiviteten $3 \cdot 10^{-4} \cdot 2,6302686 \cdot 10^8 \text{ Bq} = 7,8908058 \cdot 10^4 \text{ Bq} \approx 80 \text{ kBq}$.

Sönderfallslagen har givits som storhetsekvation i svaret och den har tillämpats för att beräkna hela åkerns aktivitet (2 p.) samt aktiviteten hos fodret (2 p.).

8.3. (5 p.)

Den fysikaliska halveringstiden för aktiviteten är $T_f = 5,27 \text{ a} = 1923,55 \text{ d}$ och den biologiska halveringstiden är $T_b = 10 \text{ d}$. Vi beräknar den effektiva halveringstiden:

$$T_e = \frac{T_f T_b}{T_f + T_b} = 9,94828 \text{ d}.$$

Den effektiva sönderfallskonstanten är $\lambda_e = \frac{\ln(2)}{T_e}$.

Ur sönderfallslagen beräknar vi efter hur långt tid t aktiviteten är en hundraedel av den ursprungliga aktiviteten, alltså $A = \frac{A_0}{100} = A_0 e^{-\lambda_e t}$:

$$t = -\ln(0,01) \cdot \frac{T_e}{\ln(2)} = 66,09494166 \text{ d} \approx 70 \text{ d}.$$

Aktiviteten av den kobolt som fåret fått i sig har alltså sjunkit till en hundraedel efter 70 dagar.

Från svaret framgår det att examinanden har en korrekt förståelse för den effektiva halveringstiden (2 p.) och har med hjälp av den bestämt den eftersökta tiden samt givit den korrekta slutekvationen (3 p.).

DEL III

9. Vindkraftverk (20 p.)

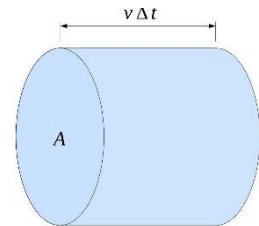
9.1. (5 p.)

I ett vindkraftverk driver vinden en turbin som är kopplad till en elproducerande generator. Energins omvandlingar: vindens rörelseenergi → energin för turbinens rotationsrörelse → energin för rotationsrörelsen hos generatorns rotor → det elektriska nätverkets överförda energi. En del av energin omvandlas till värmeenergi på grund av friktion och ohmska förluster.

Åtminstone fem energiskeden har presenterats i svaret (5 p.).

9.2. (4 p.)

Volymen av luften som flödar genom ytan A med hastigheten v under tiden Δt är $V = Av \cdot \Delta t$ och massan är $m = \rho V = \rho Av \cdot \Delta t$. Därmed är effekten av luftflödets rörelseenergi



$$P_K = \frac{E_K}{\Delta t} = \frac{\frac{1}{2}mv^2}{\Delta t} = \frac{\frac{1}{2}\rho Av \Delta t \cdot v^2}{\Delta t} = \frac{1}{2}\rho Av^3.$$

Från svaret framgår det hur massan har bestämts med hjälp av en imaginär luftpelare (2 p.).

Uttrycket för effekt har härletts algebraiskt korrekt (2 p.).

9.3. (3 p.)

Enligt Betz lag uppnås den största effekten när $v_2 = \frac{1}{3}v_1$. Då är

$$P_B = \frac{1}{4}\rho A \left(v_1 + \frac{1}{3}v_1 \right) \left(v_1^2 - \left(\frac{1}{3}v_1 \right)^2 \right)$$
$$P_B = \frac{1}{4}\rho A \left(v_1 + \frac{1}{3}v_1 \right) \left(v_1 + \frac{1}{3}v_1 \right) \left(v_1 - \frac{1}{3}v_1 \right)$$
$$P_B = \frac{1}{4}\rho A \frac{4}{3}v_1 \cdot \frac{4}{3}v_1 \cdot \frac{2}{3}v_1 = \frac{16}{27} \cdot \frac{1}{2} \rho A v_1^3$$

Varmed

$$\frac{P_B}{P_K} = \frac{16}{27} \approx 0,59.$$

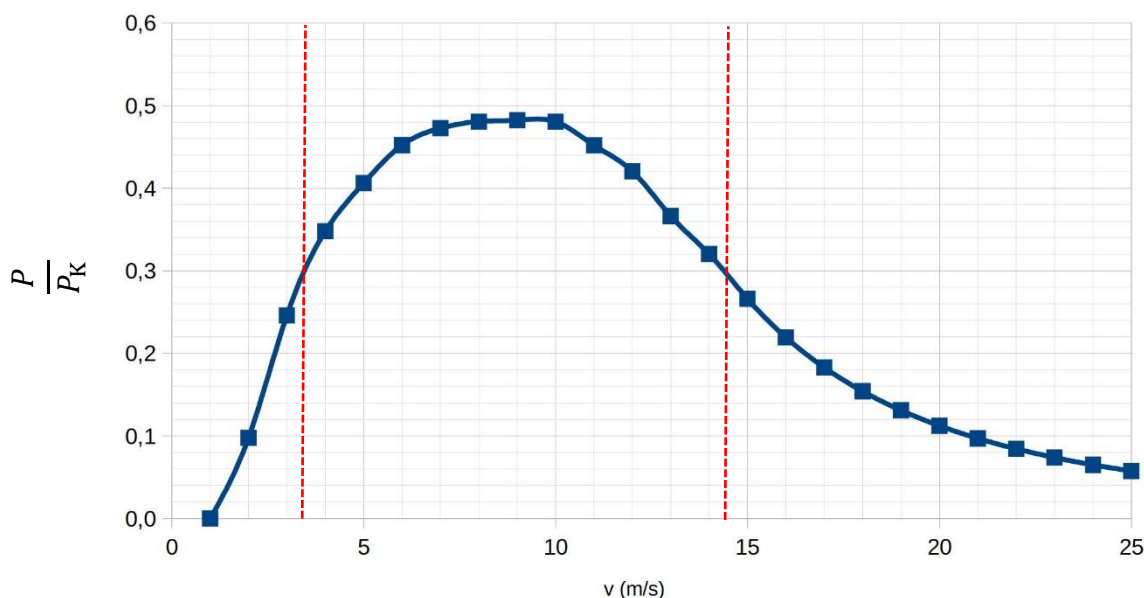
Uttrycket för effekt enligt Betz lag har bestämts i ett algebraiskt förenklat format (2 p.) och med hjälp av det har den största teoretiska verkningsgraden bestämts (1 p.).

9.4. (8 p.)

Ytan som turbinen sveper över är $A = \pi r^2 = \pi \left(\frac{71}{2} \text{ m}\right)^2 = 3959,19 \text{ m}^2$.

Luftens densitet är $\rho = 1,29 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

Med hjälp av dessa beräknar vi luftflödets effekt $P_K = \frac{1}{2} \rho A v^3$ vid olika hastigheter, avläser värden på den faktiska elektriska effekten P ur den givna filen och ritar grafen $\left(v, \frac{P}{P_K}\right)$.



(behandling av data och skapande av grafen 6 p.)

Vi avläser i grafen vid vilka vindhastigheter den faktiska verkningsgraden är 0,3 eller högre.

Då vindhastigheten är i intervallet 3,5 – 14,4 m/s är den faktiska verkningsgraden lika med eller högre än 30 %.

Arean som turbinen sveper över har bestämts i svaret (1 p.) och använts med olika hastigheter hos vinden för att producera en graf över den faktiska verkningsgraden (5 p.). Poäng

dras av från grafen om det saknas eller finns felaktiga punkter i den, om en anpassning saknas eller beteckningarna på axlarna är bristfälliga. Det efterfrågade hastighetsintervallet för vinden har avlästs korrekt ur grafen (2 p.).

10. Grafen (20 p.)

10.1. (4 p.)

En enhetscell som består av fyra kolatomer är definierad i bilden. Genom att kopiera enhetscellen kan hela ytan täckas. Yttätheten är därmed

$$\rho = \frac{m_{\text{cell}}}{A_{\text{cell}}} = \frac{4 \cdot 12 \text{ u}}{3a_0 \cdot \sqrt{3}a_0} = \frac{16 \text{ u}}{\sqrt{3}a_0^2}$$

Ett gram grafen täcker ytan

$$A = \frac{m}{\rho} = \frac{0,001 \text{ kg}}{16 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}} \cdot \sqrt{3}(0,142 \cdot 10^{-9} \text{ m})^2 \approx 1300 \text{ m}^2.$$

Korrekt enhetsarea har utgående från materialet använts i lösningen (2 p.)
och med hjälp av den har den totala arean beräknats (2 p.).

10.2. (8 p.)

Enligt bakgrundsmaterialet klarar grafen av att töjas 20 % av sin ursprungliga längd. Den maximalt uttöjda grafenmattans längd är då $1,20 \cdot 4,0 \text{ m} = 4,8 \text{ m}$. Mattans längd från stativ 1 till stången är då enligt bilden 2,4 m.

Den maximala brottgränsen för grafen, alltså den maximala kraften per tvärsnittets yta, är $P = 130 \text{ GPa}$, varmed den maximala spännkraften är $T_1 = T_2 = PA$.

Ytan av mattans tvärsnitt är $A = 1,0 \text{ m} \cdot 0,33 \text{ nm} = 3,3 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2$.

Utgående från bilden kan vi bestämma vinkeln α .

$$\cos \alpha = \frac{b}{a} \rightarrow \alpha = \arccos\left(\frac{b}{a}\right) = \arccos\left(\frac{2,0 \text{ m}}{2,4 \text{ m}}\right) = 33,5573^\circ$$

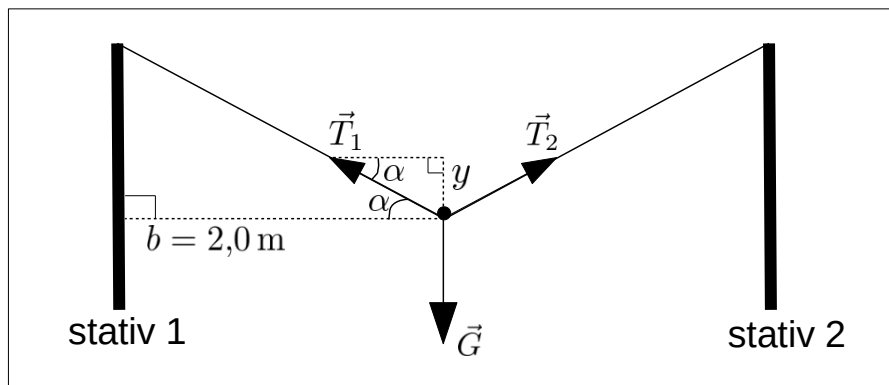
Utgående från jämvikten av de krafter som påverkar grafenmattan vid stångens position får vi villkoret

$$G = T_{1y} + T_{2y} = 2T_{1y} = 2T_1 \sin \alpha = 2PA \sin \alpha,$$

där $G = mg$.

Genom att kombinera resultaten får vi

$$m = \frac{2PA \sin \alpha}{g} = \frac{2 \cdot 130 \cdot 10^9 \text{ Pa} \cdot 3,3 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2 \cdot \sin 33,5573^\circ}{9,81 \text{ m/s}^2} = 4,83463 \text{ kg} \approx 4,8 \text{ kg}.$$



Kraftdiagrammet för situationen (2 p.) och jämviktsvillkoret för krafterna i den lodräta riktningen (2 p.) har presenterats i svaret. Utgående från detta har storhetsekvationen för stångens massa härletts (2 p.) och med hjälp av ekvationen har massan beräknats (2 p.).

10.3. (8 p.)

Svaret kan fokusera bland annat på följande egenskaper och tillämpningarna som följer ur dem:

(1&2) Utmärkta egenskaper som elektrisk ledare och för värmeledning

→ elektroniska komponenter, transistorer, batterier, bränsleceller, ackumulatorer, biosensorer.

(3&4) Genomskinlighet, flexibilitet och töjbarhet kombinerat med det ovan nämnda

→ optoelektroniska komponenter, tunna och böjbara (tryck)skärmar, LCD-skärmar, OLED-skärmar, smarta kläder.

(5) Utmärkt hållbarhet i förhållande till tunnheten

→ nanobeläggningar, byggnadsmaterial, användning som bindeämne för att befästa strukturer.

(6) Ogenomträngbarhet (täthet)

→ filter (t.ex. för vattenrening, kemikalierening), diffusionsbarriärer i materialteknik.

I svaret kan grafens icke-toxicitet poängteras med tanke på de tidigare nämnda tillämpningarna.

Svaret kan även behandla moderna tillämpningar som utvecklas från grafens derivat och hybridmaterial, t.ex. topologiska kvantmaterial (kvantberäkningar) och nya supraledare. Obs: rent grafen är inte en supraledare.

I svaret har en realistiskt och relevant tillämpning motiverats med hjälp av en av egenskaperna hos grafen. I bedömningen tas de fyra bästa tillämpningarna som kopplats till olika egenskaper i beaktande (8 p.)

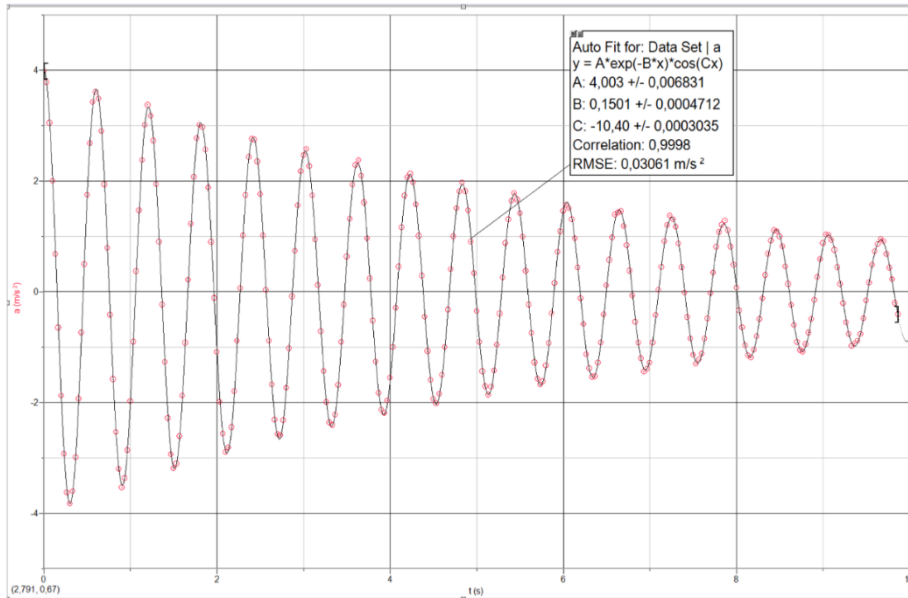
11. Dämpad vibration (20 p.)

11.1. (5 p.)

Genom att göra en anpassning får vi som resultat att modellen passar mätresultaten bäst när parametrarna är $A = 4,003 \frac{m}{s^2}$, $B = 0,1501 \frac{1}{s}$ och $C = 10,40 \frac{1}{s}$. Av parametrarna är C vibrationens vinkelhastighet, alltså är vibrationens frekvens $f = \frac{C}{2\pi} = 1,655 \text{ Hz} \approx 1,7 \text{ Hz}$.

ELLER

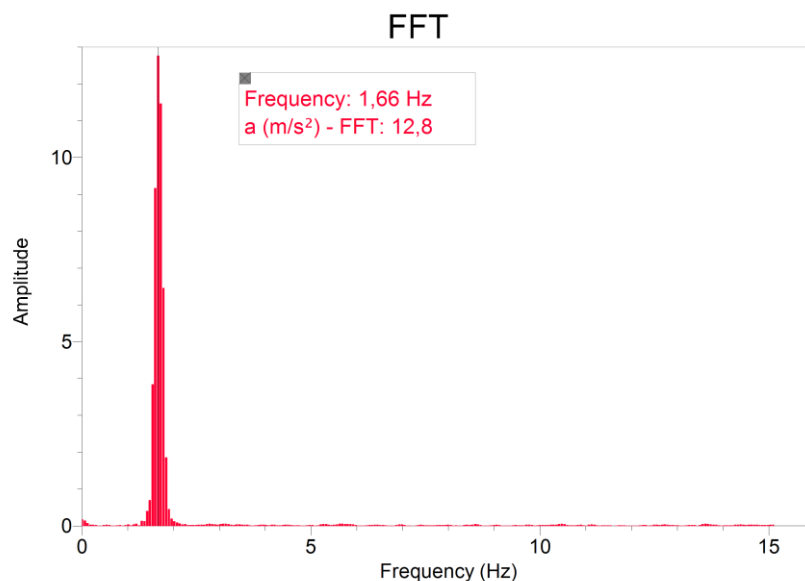
Vi ritar en graf över vibrationen. Ur grafen ser vi att det sker fem svängningar mellan tidpunkterna 5 s och 8 s. Vibrationens period är alltså $T = \frac{8\text{ s} - 5\text{ s}}{5} = 0,6 \text{ s}$ och frekvensen är $f = \frac{1}{T} = 1,666667 \text{ Hz} \approx 1,7 \text{ Hz}$.



En graf över miniatyrmodellens dämpade vibration har ritats (2 p.). Vibrationens vinkelfrekvens har avlästs ur uttrycket för en funktionen anpassad till grafen eller periodtiden har bestämts direkt ur grafen (1 p.). En ekvation som visar hur frekvensen och periodtiden eller vinkelfrekvensen och periodtiden beror av varandra har givits (1 p.) och med hjälp av den har vibrationens frekvens beräknats (1 p.).

ELLER

Vi gör en FFT i LoggerPro och avläser frekvenstoppens maximum från grafen eller tabellen.



Frekvensen som avlästs från bilden är 1,66 Hz \approx 1,7 Hz.

En FFT-graf har producerats i svaret (2 p.) och ur den har frekvensen avlästs (3 p.).

11.2. (10 p.)

För att stenen ska hållas på sin plats och inte börja glida måste den enligt Newtons II lag påverkas av friktionskraften $F_\mu = ma$.

Den största möjliga vilofriktionskraften som verkar på stenen är $F_{\mu,max} = \mu N = \mu mg$. Villkoret $F < F_{\mu,max}$ är likställt med villkoret $a_{max} < \mu g$.

Den största accelerationen som påverkar stenen sker vid vibrationens början och är ungefär $a_{max} = 4,0 \frac{m}{s^2}$.

Vilofriktionskoefficienten mellan sten och trä är 0,7, så $\mu g = 6,867 \frac{m}{s^2} > a_{max}$.

Stenen hålls på plats under hela vibrationstiden.

Newtons II lag (1 p.) och konceptet för den största möjliga vilofriktionen (1 p.) har omnämnts i svaret.

Miniatyrmodellens största acceleration 4 m/s² har avlästs ur grafen som producerades i föregående deluppgift eller beräknats på annat sätt (2 p.).

Med hjälp av tabellvärdet för vilofriktionskoefficienten mellan sten och trä (1 p.) har den största möjliga vilofriktionen bestämts. Accelerationen som motsvaras av den största möjliga vilofriktionen har jämförts med miniatyrmodellens största acceleration (3 p.) och rätt slutsats har dragits utgående från detta (2 p.).

11.3. (5 p.)

Med hjälp av modellen kan vi bestämma tidpunkten vid vilken accelerationens största värde har sjunkit till en åttondel:

$$\frac{A}{8} = Ae^{-Bt_x}, \text{ där } A = 4,003 \frac{m}{s^2} \text{ och } B = 0,1501 \frac{1}{s}. \text{ Ur detta får vi}$$
$$t_x = -\frac{\ln(1/8)}{B} = 13,85370781 \text{ s} \approx 14 \text{ s}.$$

Parametrarna A och B i vibrationens matematiska modell har bestämts (2 p.), storhetsekvationen för den efterfrågade tiden har härletts (2 p.) och utgående från den har tiden beräknats (1 p.).

ELLER

Accelerationens största värde vid vibrationens början är ungefär $4,0 \text{ m/s}^2$. Genom att undersöka grafen märker vi att värdet har halverats till $2,0 \text{ m/s}^2$ vid tidpunkten 4,5 s. Accelerationen uppnår värdet $1,0 \text{ m/s}^2$ vid tidpunkten 9,1 s. Utgående från det här kan vi härleda att halveringstiden för vibrationens amplitud är ungefär 4,5 s.

Vibrationens amplitud har minskat till en åttondel när den halverats tre gånger. Tiden för att detta ska ske är alltså $13,5 \text{ s} \approx 14 \text{ s}$.

Den efterfrågade tiden (1 p.) har bestämts med korrekta motiveringar (4 p.) utgående från vibrationens graf.