UNDERVISNINGS
MINISTERIET
STYRELSEN FOR
UNDERVISNING OG KVALITET

Fysik 2018

Råd og vink til den skriftlige prøve

Fysik stx

Maj-juni 2018

Undervisningsministeriet
Styrelsen for Undervisning og Kvalitet
Juli 2018

Indhold

1. Indledende bemærkninger

Ved den skriftlige prøve i fysik (stx) sommeren 2018 er der stillet to opgavesæt, som gøres tilgængelige på Materialeplatformen. Sættene er mærket gl-1stx181-FYS/A-28052018 og gl-2stx181-FYS/A- 04062018 og findes på adressen
http://materialeplatform.emu.dk/eksamensopgaver/gym/stx/2018.html

Sættene vil nedenfor blive behandlet hver for sig, efterfulgt af nogle generelle bemærkninger.

Opgavekommissionen bag opgavesættene til årets skriftlige prøve i fysik (stx) bestod af Gert Hansen (formand), Nils Kruse, Randi Larsen, Martin Schmidt og Thomas Laustsen. Fagkonsulent Kim Bertelsen har været tilknyttet opgavekommissionen.

Begge opgavesæt indeholdt 15 spørgsmål, herunder opgaver indenfor emnet Fysik i det 21. århundrede, som i år omhandler ”Plasmafysik og fusionsenergi”. I sæt 1 drejer det sig om opgave 7 JET energirekord, mens det i sæt 2 er opgave 6 Tokamakken JT-60. I skoleåret 2017-18 er emnet for Fysik i det 21. århundrede ”Medicinsk fysik”.

2. Censorernes bedømmelse af kvaliteten af årets opgaver

På censormødet diskuterer fysikcensorerne de to sæt som helhed inden karakterfastsættelsen for de enkelte besvarelser. Hensigten er dels at etablere det bedst mulige grundlag for en ensartet bedømmelse af besvarelserne, dels at rådgive opgavekommissionen med hensyn til det fremtidige arbejde. Drøftelsen sker på basis af censorernes indberetning af deres umiddelbare bedømmelse af et antal besvarelser og en samling skriftlige kommentarer til såvel de enkelte spørgsmål som til sættene som helhed.

Under rettearbejdet indberetter censorerne deres umiddelbare bedømmelse af et antal besvarelser. Hvert af de 15 spørgsmål tildeles her et pointtal mellem 0 og 10. I år udgør disse indberetninger en stikprøve på 100 % af samtlige besvarelser. Det skal bemærkes, at der ikke er nogen central styret rettenorm, som fastlægger pointfradraget for bestemte fejltyper.

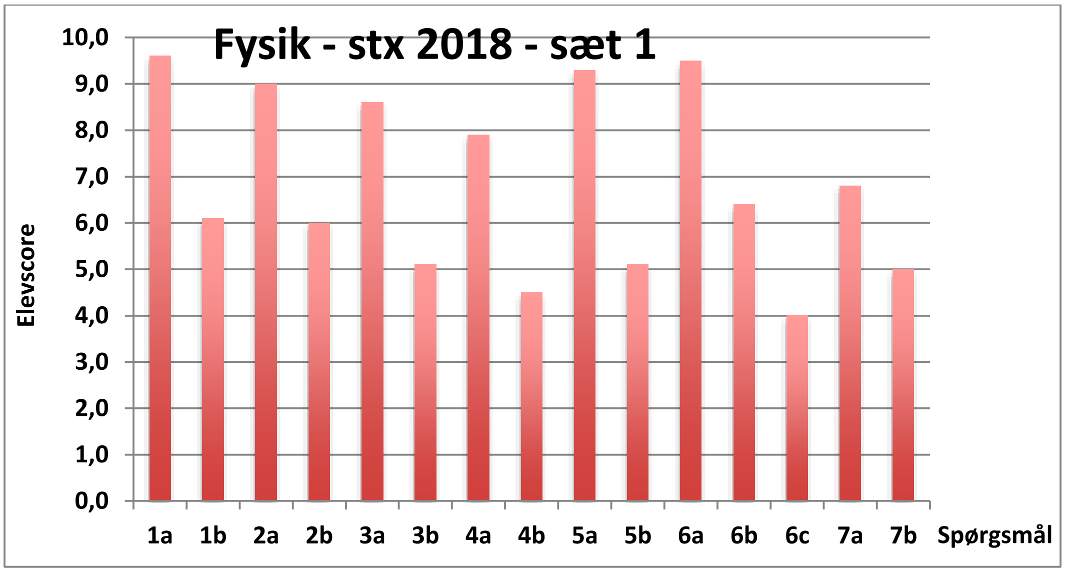
Pointtallene fra stikprøven kan benyttes til at vurdere sværhedsgraden af de enkelte spørgsmål. Spørgsmål med pointtal 8-10 må således opfattes som umiddelbart lette, pointtal 6-8 svarer til mere sammensatte spørgsmål, mens spørgsmål med pointtal under 6 kræver, at eksaminanden kan bruge eller opstille mere komplicerede modeller for den foreliggende situation. Pointtallene for denne prognose er i det følgende angivet som *elevscore*.

De skriftlige censorer har endvidere vurderet de enkelte spørgsmål på en skala med fem graderinger: Uegnet spørgsmål (-2), Ringe spørgsmål (-1), Middelgodt (0), Velegnet (+1) og Meget velegnet (+2). Vurderingerne er angivet under de enkelte sæt.

3. Censorernes bemærkninger til besvarelserne af sæt 1

1279 elever var til eksamen i dette sæt. Censorer vurderede jf. skalaen ovenfor i alt 11 spørgsmål i sæt 1 til 1,3 eller derover, mens 4 lå mellem 1,0 og 1,1. Gennemsnittet af censorernes vurdering af sæt 1 er 1,4. Den bedste vurdering fik spørgsmålene 6b (1,6) og 6c (1,8) , mens 7b (1,0) fik den laveste vurdering.

Elevscoren for hele sættet baseret på stikprøven:



1. Elektrisk skotørrer

Spørgsmål 1a (Elevscore: 9,6)
Et let spørgsmål som langt de fleste elever svarer på. I nedenstående eksempel nedenfor ses en besvarelse, hvor oplysninger præsenteres, relevant formel angives, udregning foretages med indsættelse at værdier og enheder og opgaven afrundes med at fastslå svaret på spørgsmålet med et passende antal betydende cifre.

Et eksempel på en god besvarelse:

Strømstyrken gennem den elektriske skotørrers varmelegeme bestemmes ved formlen for elektrisk effekt $P = I \cdot U$, hvor P er effekten, I er strømstyrken og U er spændingsfaldet. Effekten er givet til 4.0 W og spændingsfaldet er givet ved 230 V. Strømstyrken findes:

$$P = I \cdot U \Leftrightarrow I = \frac{P}{U}$$

$$I = \frac{4.0\ \mathrm{W}}{230\ \mathrm{V}} = \mathrm{I} = \frac{0.01739130435}{\mathrm{V}}\ \mathrm{W} \xrightarrow{\text{simplify symbolic}} \mathrm{I} = 0.01739130435\ \mathrm{A}$$

Dvs strømstyrken er bestemt til **0.017 A.**

Spørgsmål 1b (Elevscore: 6,1)
De allerfleste elever varmer vandet op til 100 °C hvorefter det fordampes. Men vandet kommer ikke op i nærheden af 100 °C, da varmelegemet kun har en effekt på 4W, og derfor er den metode ikke korrekt. Men da mange elever sandsynligvis ikke har lært andet, vil den metode kun give et lille pointfradrag og give fuldt point hvis eleven også knytter en kommentar angående efterfølgende afkøling af dampen.

Mange af dem der kun regner med fordampning, slår fordampningsvarmen for vand op i Databogen ved temperaturen 20 °C eller 30 °C, og en del tager også gennemsnittet af disse.

Når nu vandet ikke kommer op på 100 °C, men vandet vil formodentlig opvarmes noget, men hvor meget er rent gætteri. Man kan lave en antagelse og f.eks. sige 30 °C.

I opgaven står der ”Vurdér hvor lang tid skotørreren skal være tændt for at tørre skoen”. Kun i de færreste besvarelser har man gjort rede for relevante antagelser, eller på anden måde kommenteret resultatet.

Et eksempel på en god besvarelse:

b) Vandet i skoen har temperaturen 25°, masse 22 g

For at beregne hvor lang tid skoen er om at tørre anvendes formlen for varmeenergi, for at varme vandet i skoen op til 30 °:

$$Q = m * c * \Delta T$$

Hvor Q er varmeenergien, m er massen, c er den specifikke varmekapacitet og ΔT er temperaturændringen.

For derefter at få vandet til at fordampe ved 30° formlen for at vandet derefter kan fordampe:

$$Q = m * L_f$$

Hvor Q er fordampnings/fortætningssenergien, m er massen og L_f er den specifikke fordampningsvarme.

Vands specifikke varmekapacitet er i Databog fysik kemi udgivet af F&K forlaget (11. udgave, 5. oplag) slået op til at være 4,182 $\frac{KJ}{kg*K}$ ved 20°, vands smeltevarme slås op til at være 2430 $\frac{kJ}{kg}$ ved 30°.

For at beregne hvor lang tid det tager at tørre skoen lægges de to energier sammen, det antages at al energien går til at varme vandet i skoen op, og ikke omgivelserne:

$$Q_{total} = 22 * 10^{-3}kg * 4{,}182 * 10^3 \frac{J}{kg * K} * (30 - 25)K + 22 * 10^{-3}kg * 2430 * 10^3 \frac{J}{kg}$$
$$= 53920{,}02J$$

Da tørrelegemet levere 4,0 J pr sekund kan det udregnes hvor lang tid det tager at tørre skoen:

$$t = \frac{\frac{53920{,}02J}{4{,}0\frac{J}{s}}}{60\frac{sek}{min} * 60\frac{min}{time}} = 3{,}744\ time = 3{,}7\ time$$

Det tager 3,7 timer at tørre skoen, hvis det antages at al energien går at tørre skoen, og ikke til omgivelserne

2. ^{10}Be i atmosfæren

Spørgsmål 2a (Elevscore: 9,0)
Hovedparten af eleverne finder ved hjælp af Databogen eller et kernekort, at henfaldet er et β^--henfald og opskriver reaktionsskemaet korrekt. Den gode besvarelse er kendetegnet ved, at man anfører de bevarelsessætninger, der er benyttet ved opstilling af henfaldsskemaet.

Et eksempel på en god besvarelse:

Reaktionsskemaet for henfaldet af $^{10}_{4}$Be opskrives. Ved opslag i databogen ses det at $^{10}_{4}$Be henfalder ved et β^- henfald. Det vides, at ved et beta-minus-henfald, så bliver en neutron omdannet til en proton, en elektron og en antineutrino. Dermed kan reaktionsskemaet opskrives:
$^{10}_{4}\mathrm{Be} \rightarrow {}^{10}_{5}\mathrm{B} + {}^{0}_{-1}e^{-} + \overline{Ve}$

Det ses, at reaktionsskemaet er afstemt, idet nukleontallet er bevaret ($10 = 10 + 0$), ladningen er bevaret ($4 = 5 - 1$) og leptontallet er bevaret, da elektronen har et bidrag til leptontallet på 1 og antineutrinoen på -1, altså $0 = 1 - 1$.

Dvs reaktionsskemaet for henfaldet af $^{10}_{4}$Be er opskrevet til $\mathbf{{}^{10}_{4}Be \rightarrow {}^{10}_{5}B + {}^{0}_{-1}}e^{-} + \overline{Ve}$.

Spørgsmål 2b (Elevscore: 6,0)
En del elever beregner N_0-N (1 sek.), og da forskellen ligger på 13. betydende ciffer, så kan det gå galt, hvis CAS-værktøjet ikke regner med mange cifre eller tallene er kopieret fra mellemregninger. En anden ting eleverne ofte glemmer er, at denne udregning kræver et argument for at det gælder, da halveringstiden er lang.

En anden typisk fejl er at massen af $^{10}_{4}\mathrm{Be}$ slås forkert op (sandsynligvis er det $^{14}_{4}\mathrm{Be}$ der slås op, da eleven ikke helt har styr på *N*, *A* og *Z*).

Endvidere glemmer mange elever at anvende, at ”massen af $^{10}_{4}\mathrm{Be}$ i atmosfæren er konstant” som et argument.

Det er også tydeligt, at mange elever ikke helt ved om det er kernemasse eller ”atommasse” de slår op i databogen. Der forventes ikke i besvarelsen af spørgsmålet, at eleven antager at Be kun forsvinder ved henfald.

Et eksempel på en god besvarelse:

Det vurderes, hvor mange kerner af ${}^{10}_{4}\text{Be}$, der dannes i Jordens atmosfære hvert sekund ud fra oplysningen om at indholdet af ${}^{10}_{4}\text{Be}$ er konstant $1.2\cdot 10^5$ kg. Aktiviteten af henfaldet af $1.2\cdot 10^5$ kg ${}^{10}_{4}\text{Be}$ findes, da dette må svare til det antal af kerner, der bliver dannet i Jordens atmosfære hvert sekund, hvis indholdet af ${}^{10}_{4}\text{Be}$ skal være konstant. Først findes antallet af ${}^{10}_{4}\text{Be}$ i atmosfæren. Massen af ${}^{10}_{4}\text{Be}$ isotopen er slået op til at være 10.0135338 u, og databogen har en omregningsfaktor på $1\,\text{u} = 1.66053873\cdot 10^{-27}$ kg. Dermed findes antallet af kerner i Jordens atmosfære:

$$N_{10Be} = \frac{1.2\cdot 10^5\ \text{kg}}{10.0135338\ \text{u}\cdot 1.66023873\cdot 10^{-27}\ \frac{\text{kg}}{\text{u}}} = N_{10Be} = 7.218107356\ 10^{30}$$

Så findes aktiviteten ved formlen $A = k\cdot N$, hvor A er aktiviteten, N er antallet af kerner og k er henfaldskonstanten givet ved $k = \frac{\ln(2)}{T\frac{1}{2}}$, hvor $T\frac{1}{2}$ er halveringstiden. Halveringstiden slås op i databogen til $1.52\cdot 10^6$ år. Dermed findes aktiviteten ved at indsætte værdierne

$$A = \frac{\ln(2.)}{1.52\cdot 10^6\ \text{yr}}\cdot 7.218107356\ 10^{30} = A = \frac{3.291586028\ 10^{24}}{\text{yr}} \xrightarrow{\text{simplify symbolic}}$$

$$A = 1.043062974\ 10^{17}\ \frac{1}{\text{s}}$$

Dvs det er vurderet, at der bliver dannet $\mathbf{1.0\cdot 10^{17}}$ **kerner** ${}^{10}_{4}\text{Be}$ hvert sekund.

3. Exoplanet

Spørgsmål 3a (Elevscore: 8,6)
Et let spørgsmål, som nogle dog har lidt besvær med, da begrebet intensitet ikke er så kendt. Nogen dividerer de opgivne to størrelser med hinanden og bekymrer sig ikke om den mærkelige enhed.

Et eksempel på en god besvarelse:

Der vides at Kepler-teleskobet modtager lys fra KOI-7 med intensiteten $3.0 \cdot 10^{-13} \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2}$ og at teleskopets åbning af arealet $0.708\,\mathrm{m}^2$. Ud fra denne information kan effekten som Kepler-teleskopets åbning modtager energi fra KOI-7 med bestemmes. Dette gøres ved hjælp af formlen:

$I = \frac{P}{A} \Leftrightarrow P = I \cdot A$

$P := 3.0 \cdot 10^{-13} \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2} \cdot 0.708\,\mathrm{m}^2 = 2.124000000\ 10^{-13}\ \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2}\ \mathrm{m}^2 \xrightarrow{\text{simplify units}} 2.124000000\ 10^{-13}\ \mathrm{W}$

Dvs. at Kepler-teleskopets åbning modtager energi fra KOI-7 med effekten $2.1 \cdot 10^{-13}\ \mathrm{W}$
Hvor meget energi Kepler-teleskopets åbning modtager fra KOI-7 i løbet af 10 timer kan så bestemmes vha. formlen: $P = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta Q = P \cdot \Delta t$

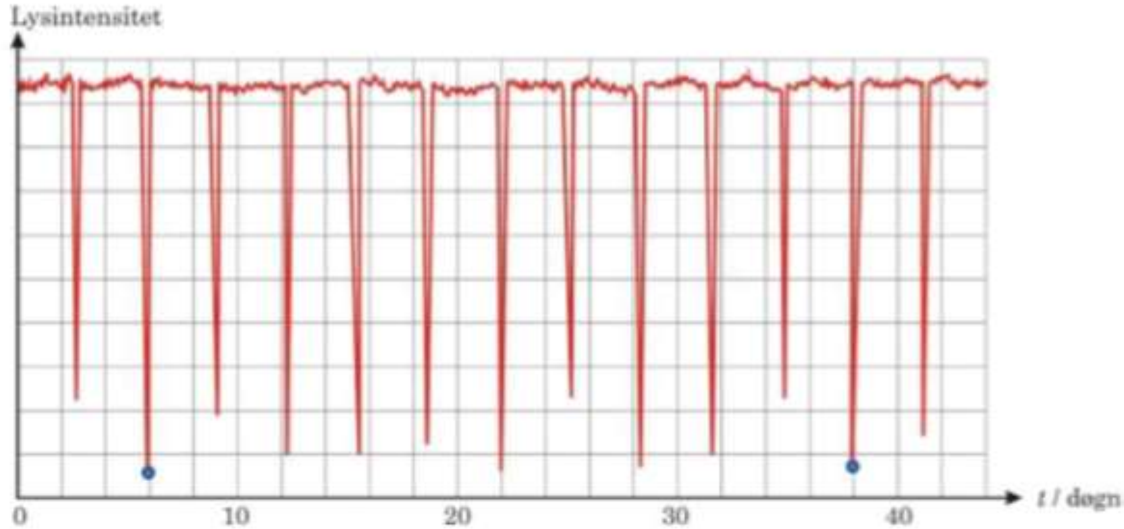
$\Delta Q := 2.124000000\ 10^{-13}\ \mathrm{W} \cdot 10\,\mathrm{hour} = 2.124000000\ 10^{-12}\ \mathrm{W\ h} \xrightarrow{\text{replace units}} 7.646400000\ \mathrm{nJ}$

Dvs. at Kepler-teleskopets åbning modtager $7.6\ \mathrm{nJ}$ fra KOI-7 i løbet af 10 timer

Spørgsmål 3b (Elevscore: 5,1)
Rigtig mange får korrekt accelerationen udtrykt ved omløbstiden og "gravitationsaccelerationen" sat lig med hinanden. Når der på grafen ses intensitets-udsving svarende til 13 passager, bør man udnytte en væsentlig del af tidsperioden og finde et godt mål for omløbstiden *T*. Aflæsningen kan indtegnes på figuren.

Et eksempel på en god besvarelse:

Jeg aflæser omløbstiden. Jeg vælger to tidspunkter, som jeg tager udgangspunkt i.



Mellem de to tidspunkter går der $32\ døgn$. Ved det andet tidspunkt har exoplanet kredset om KOI-7 præcis 10 gange. Omløbstiden er derfor $3{,}2\ døgn$.

Jeg benytter centripetalkraften.

$$F_c = mr\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2$$

Da centripetalkraften er tyngdekraften fra exoplaneten, gælder det, at

$$mr\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = G \cdot \frac{mM}{r^2} \Leftrightarrow$$

$$\frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{GM}{r^3} \Leftrightarrow$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{GMI^2}{4\pi^2}}$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{6{,}67 \cdot 10^{-11}\ N\ \frac{N \cdot m^2}{kg^2} \cdot 2{,}0 \cdot 10^{30}\ kg \cdot 3{,}2\ d}{4\pi^2}} = 6{,}37 \cdot 10^9\ m$$

Jeg kan hermed konkludere, at afstanden mellem centrum af exoplaneten og centrum af stjernen KOI-7 er $6{,}37 \cdot 10^9\ m$.

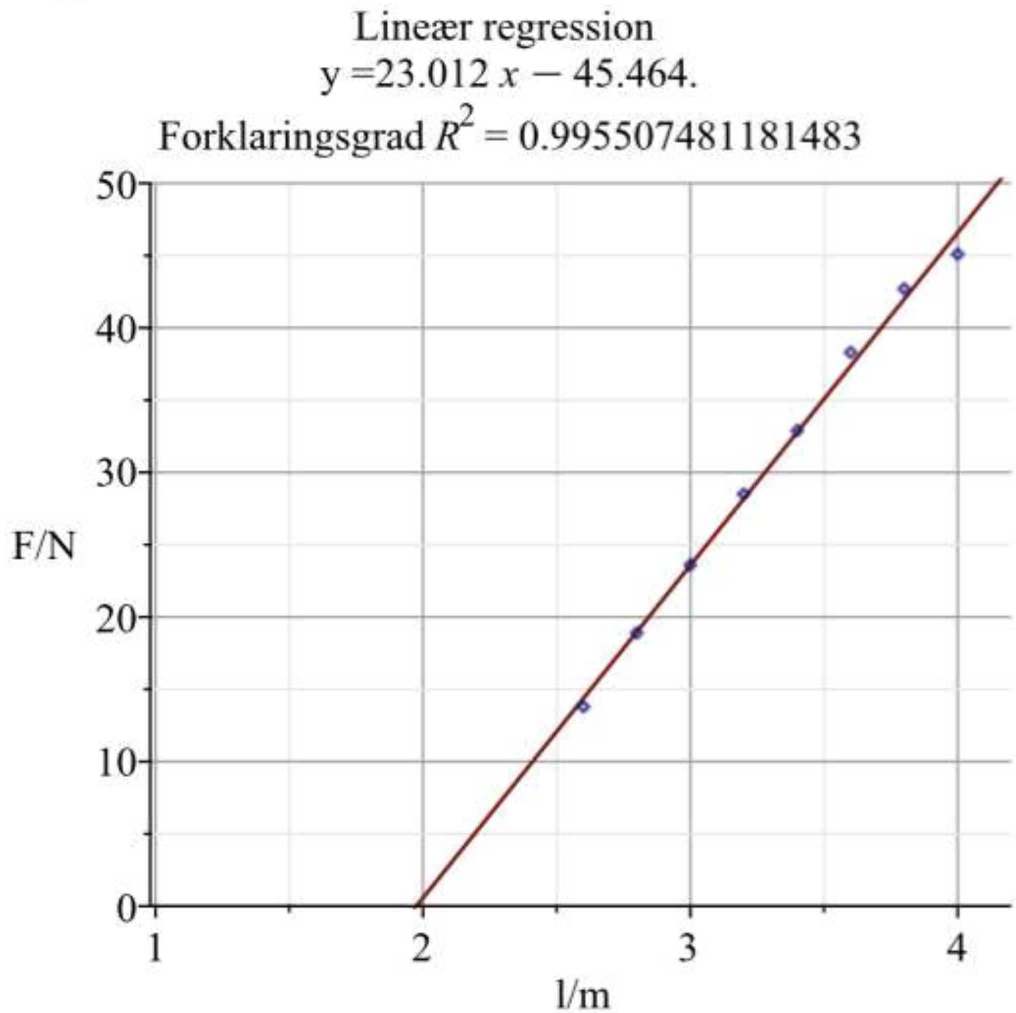
4. Træningselastik

Spørgsmål 4a (Elevscore: 7,9)

De fleste ved, at man skal benytte sig af regression. Dog nævnes $F = k \cdot x$ samtidigt med, at der laves lineær regression uden at omtale, hvorfor konstantleddet ikke er tæt på 0. Nemlig at det ikke er fjedrens forlængelse, men dens længde, der er målt. Nogen laver regression uden at vise grafen, men det er en uskik ikke at vurdere regressionen.

Et eksempel på en god besvarelse:

Der laves en lineæer regression af de sammenhørende værdier, da der forventes sammenhængen $F = k \cdot x$. Der vil dog ved regression også komme til at være en ekstra konstant a, som er adderet på funktionsudtrykket. Denne konstant skyldes, at der kendes værdier for længden på elastikken og ikke for deformationen. Ligevægtsstillingen vil nemlig være ved en bestemt længde på elastikken, og ved ligevægtsstillingen skal den elastiske kraft være 0. Dette er altså forklaringen på at den fundne graf ikke vil skære i (0,0), som den burde gøre. Hældningen vil dog være den samme om der anvendes værdier for længde eller for deformation, hvilket at hældningen bestemmes udfra forskellen mellem x-værdier og derfor vil være den samme selv, hvis der blev trukket 1.9 fra eller lagt 100 til alle x-værdier.



Grafen bestemt ved regression skærer som forventet ikke i (0,0), og det ser ud til, at når elastikken bliver strukket til omkring 4 meter, så vil sammenhængen mellem deformation og fjederkraft ikke længere være givet ved $F = k \cdot x$. De andre værdier ser dog ud til at følge $F = k \cdot x$ meget godt, og hældningen på grafen, som blev bestemt ved regressionen er 23.012. Det betyder ud fra tabellens oplysninger bestemmes træningselastikkens fjederkostant til at være 23 $\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}$

Spørgsmål 4b (Elevscore: 4,5)

Mange elever glemmer at fjederkraften ikke er konstant. Man kan finde middelkraften som

$F = 20N + 0.5 \cdot 66\frac{N}{m} \cdot 0{,}19m$ og finde effekten med $P = F \cdot \frac{\Delta s}{\Delta t}$

Et eksempel på en god besvarelse:

Kraften hvormed elastikken bliver påvirket er i forvejen 20N og derfor behøver vi ikke tage højde for tyngdekraften, da denne indgår i de 20N. Vi kan opstille følgende funktion for kraften

$$F(x) = 66\frac{N}{m} \cdot x + 20N$$

Herefter kan arbejdet findes ved at tage det bestemte integral til dette

$$\int_0^{0{,}19m} 66\frac{N}{m} \cdot x + 20N\,dx$$

$$[33\frac{N}{m} \cdot x^2 + 20N \cdot x]_0^{0{,}19}$$

Det vil sige arbejdet bliver

$$33\frac{N}{m} \cdot (0{,}19m)^2 + 20N \cdot 0{,}19m = 5{,}0\,J$$

Det tager 1,5 sekunder at udføre dette arbejde

$$P = \frac{E}{t}$$

$$P = \frac{5{,}0J}{1{,}5s} = 3{,}3W$$

Dermed udfører armen et arbejde på 3,3W

5. Kraftsensor

Spørgsmål 5a (Elevscore: 9,3)
Stort set alle elever får 7-10 point i dette spørgsmål. Eleverne får sat de opgivne værdier korrekt ind i formlen for tryk $p = \frac{F}{A}$ og angivet resultatet i kPa.

Et eksempel på en god besvarelse:

Der vides at arealet A resistoren er $2.62 \cdot 10^{-4}\text{m}^2$ og den maksimalt kan tåle en kraft F med størrelsen 10.0N. Det maksimale tryk som resistoren kan tåle kan så beregnes ved $p = \frac{F}{A}$

$$p := \frac{10.0\text{N}}{2.62 \cdot 10^{-4}\text{m}^2} = \frac{38167.93893\ \text{N}}{\text{m}^2} \xrightarrow{\text{replace units}} 38.16793893\ \text{kPa}$$

Dvs. at den kraftfølsomme resistor maksimalt kan tåle 38.2 kPa

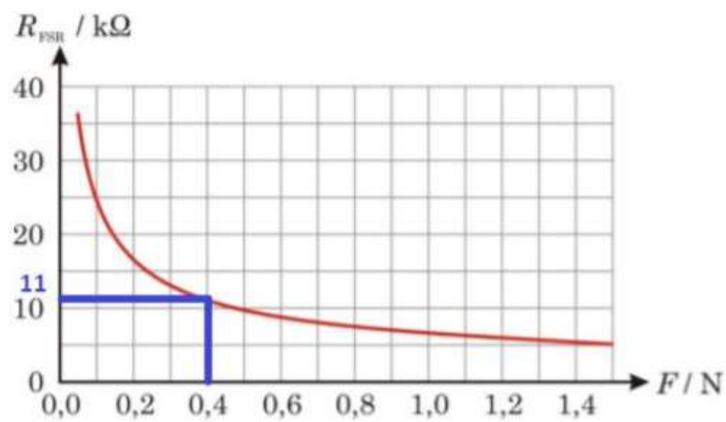
Spørgsmål 5b (Elevscore: 5,1)

De fleste eksaminander får aflæst den kraftfølsomme resistors maksimale resistans R_{FSR} på grafen ud for 0,40 N, men for mange af dem aflæser for upræcist og kun en lille del af eksaminanderne får løst hele spørgsmålet korrekt. Forbløffende mange misforstår opgavetekstens ”mindre end 2,7 V” og ”størrelse over 0,40 N”, idet de anvender 2,6 V og/eller 0,50 N i den videre løsning af opgaven.

Mange besvarelser tyder på at eksaminanderne ikke har forstået spændingsdeleren korrekt og ikke benytter Ohms lov på det rigtige. En typisk fejltype er, at strømstyrken i kredsen bestemmes ved at dividere polspændingen U = 5,0 V med den fundne maksimale værdi for R_{FSR}.

Et eksempel på en god besvarelse:

Opgave 5.b Jeg starter med at aflæse modstanden over resistoren R_{FSR} når kraften er 0,4 N:



Jeg aflæser resistansen til 11 kΩ. Jeg kan se at de to resistorer sidder i serieforbindelse og jeg ved derfor at summen over de to resistorer må være 5 V som er spændingsfaldet over hele kredsløbet og den skal være 5 V ud fra Kirchhoffs anden lov. Spændingen som løbet over R_{FSR} er derfor 2,7 V da U_{ud} skulle være det eller mindre og resistansen har jeg aflæst fra grafen. Ud fra Ohms første lov finder jeg nu strømstyrken:

$$I = \frac{U}{R_{R,FSR}} = \frac{2{,}7V}{11 \cdot 10^3\ \Omega} = 0{,}0002454545 \cdot A$$

Nu bruger jeg denne strømstyrke og Ohms første lov til at finde resistansen over den anden resistor. Her er spændingsfaldet 2,3 V da det passer med at summen af de to resistorer så er 5 V.

$$R_R = \frac{2{,}3 \cdot V}{0{,}0002454545 \cdot A} = 9370{,}372 \cdot \Omega$$

Dvs. når resistansen over resistoren R er 9,4 kΩ eller mindre så er U_{ud} 2,7 V eller mindre.

6. Badminton

Spørgsmål 6a (Elevscore: 9,5)
Med få undtagelser løser eleverne dette spørgsmål. Ved besvarelsen lægges der vægt på, at der anvendes korrekt antal betydende cifre, samt at der naturligvis regnes korrekt med enheder - spørgsmålets sværhedsgrad taget i betragtning.

Et eksempel på en god besvarelse:

Jeg bruger tyngdeaccelerationen for Danmark:

$g := 9.82 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$:

Jeg kan nu udregne størrelsen af tyngdekraften:

$F_{tyn} = g \cdot 5.0\mathrm{g}$

$$F_{tyn} = 0.04910000000 \text{ N}$$

Størrelsen af tyngdekraften på fjerbolden er ca. $49\mathrm{mN}$.

Spørgsmål 6b (Elevscore: 6,4)

Et flertal løser spørgsmålet. Bevægelse i vandret retning bestemmes ud fra arealet under en (*t*, *v*) -graf. En udfordring ved opgaven er, at både en graf for den lodrette og den vandrette bevægelse er afbilledet i samme koordinatsystem. Elever der kender sammenhæng mellem arealet under grafen og strækning kommer som oftest godt gennem opgaven. Typisk fejl er, at der findes en forskrift, og derefter går eleven i stå.

Flere elever anvender programmer som Logger Pro, GeoGebra, Adobe Acrobat Reader til (nemt) at finde arealet under grafen. Det anbefales, at eleverne gennem undervisningen får øvelse i enten denne mulighed eller i sædvanlige metoder ved arbejdet med de relevante opgavetyper. Se evt. artikel i LMFK-bladet: ”Tegninger på bilag og besvarelser ved skriftlig Fysik A-prøve”, https://lmfk.dk/artikler/data/artikler/1704/1704_12.pdf. For at opnå fuldt point for en besvarelse må eleven gøre rede for, hvad det er for et areal, der skal beregnes, dels af hensyn til en god formidling af besvarelsen, dels for at sikre eleven nogle points for besvarelsen, hvis de tekniske hjælpemidler eller tern-tælleri evt. har produceret et forkert resultat.

Et eksempel på en god besvarelse:

Jeg bruger følgende formel for tilbagelagt afstand:

$$\Delta s = \int_{t_1}^{t_2} v(t)\ \mathrm{d}t$$

Hvor v(t) er hastigheden til tidspunktet t.
Jeg estimerer dette integrale ved at tælle antallet af tern under Hastighedsgrafen i vandret retning:

$$AntalTern := \frac{7\cdot 1}{2} + \frac{2\cdot 1}{2} + 4 + 5 + \frac{9\cdot 1}{2} + 15 + 6 + 5 + 4 + 6 + 4 + 2$$

$$AntalTern := 60 \qquad \textbf{(6.2)}$$

Hvert tern på grafen er lig

$$tern := 2\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\cdot 0.1\,\mathrm{s}$$

$$tern := 0.2\ \mathrm{m} \qquad \textbf{(6.3)}$$

Ifølge dette estimat er den tilbagelagte afstand lig:
$AntalTern\cdot tern$

$$12.0\ \mathrm{m} \qquad \textbf{(6.4)}$$

Fjerbolden bevæger sig ca. 12m i vandret retning efter slaget.

Spørgsmål 6c (Elevscore: 4,0)
I dette spørgsmål er det et flertal, der finder farten i toppunktet, men der er få, som får beregnet luftmodstanden og dermed formfaktoren, C_w.

Del 1: Fart
Ved den gode besvarelse argumenteres der for, at den lodrette hastigheden ved toppunktet er nul, og at tiden hørende til denne værdi, kan anvendes til ved aflæsning at bestemme den vandrette hastighed. Typisk fejl: Eleven bestemmer ikke toppunktet, dvs. eleven formår ikke at lave en kobling mellem grafen for den lodrette hastighed og grafen for den vandrette hastighed.

Del 2: Formfaktor
Der er i mange af besvarelserne mangel på egentlig kraftanalyse i 2 dimensioner, og ofte blandes kræfter i *x*- og i *y*-retning. Blandt de korrekte besvarelser ses oftest argumentation med vandret resulterende kraft i toppunktet, hvor $F_{\mathrm{res,x}} = m \cdot a_x$ og $F_{res,x} = F_{luft}$.
Der er dog også enkelte elever, der tilnærmer med en lodret bevægelse lige før fjerbolden rammer gulvet, hvor $F_{\mathrm{res,y}} = m \cdot a_y$ og $F_{res,y} = F_{luft} - m \cdot g$. Endelig er der enkelte elever, der forsøger med en analyse med udgangspunkt i en kraftanalyse til et tidspunkt efter toppunkt, men kommer her i problemer med at luftmodstanden afhænger af både v_x og v_y. I alle tilfælde skal acceleration bestemmes som tangenthældning på de foreliggende (t, v)-grafer.

Vælges enten banekurvens toppunkt eller punktet, hvor den vandrette hastighed bliver nul, kan beregning reduceres til en 1-dimensional beregning, hvilket må anbefales som løsningsmetode, da besvarelser som kræver beregning i to dimensioner, ofte ser ud til at volde problemer.

En hyppig fejl er, at luftmodstanden blot fejlagtigt sættes lig med tyngdekraften. For de elever, som får fundet en værdi for luftmodstanden volder det sjældent problemer at finde formfaktoren.

Et eksempel på en god besvarelse:

Når fjerbolden befinder sig øverst i sin bane er hastigheden i y-retningen lig 0.
Jeg finder dette sted på grafen, og aflæser hastigheden i x-retningen:

$v_x := 5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

$$v_x := 5\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \tag{6.5}$$

Bolden har en fart på ca. $5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, når den befinder sig øverst i sin bane.
Jeg kan finde boldens acceleration i vandret retning til dette tidspunkt ved at aflæse grafens tangenthældning:

$a_x := \frac{2\cdot 2\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{6\cdot 0.1\,\mathrm{s}}$

$$a_x := 6.666666668\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \tag{6.6}$$

Jeg kan nu finde kraften i x-retningen, idet $F = m\cdot a$:
$F_x := 5.0\,\mathrm{g}\cdot a_x$

$$F_x := 0.03333333334\ \mathrm{N} \tag{6.7}$$

Eftersom tyngdekraften i x-retningen er nul, og boldens hastighed i y-retningen er 0, når den befinder sig øverst i sin bane, er denne kraft lig kraften af luftmodstanden på bolden.
Luftmodstanden er givet ved:

$F_{luft} = \frac{1}{2}\cdot c_W\cdot \rho\cdot A\cdot v^2$

Hvor c_W er boldens formfaktor, ρ er luftens densitet, A er boldens tværsnitsareal vinkelret på bevægelsesretningen og v er hastigheden.

Luftens densitet sættes til $1.2\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$.
Jeg isolerer formfaktoren i formlen, idet $F_x = F_{luft}$:

$c_W = \frac{2}{\rho\cdot A\cdot v^2}\cdot F_x$

$c_W = \frac{2}{1.2\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}\cdot 28\,\mathrm{cm}^2\cdot v_x^2}\cdot F_x$

$$c_W = 0.7936507935 \tag{6.8}$$

Formfaktoren for fjerbolden er ca. 0.8.

7. JET energirekord

Spørgsmål 7a (Elevscore: 6,8)

Blandt de gode besvarelser er der kun få, som indeholder overvejelser om, hvilken rolle elektronerne har i beregningerne.

En del eksaminander starter ikke på spørgsmålet. En del eksaminander læser ikke oplysningerne til spørgsmålet ordentligt, hvilket giver mange forkerte bud på den samlede tæthed. En del får derfor massen af plasmaet til at være dobbelt så stort, som den skal være. Væsentligt dårligere svar får andre, som mener at plasmaets masse kun udgøres af elektronernes masse.

Et eksempel på en god besvarelse:

Tætheden elektroner i plasmaet er $7.30 \cdot 10^{19} \mathrm{m}^{-3}$, da elektroner er i plasmaet fordi deuterium og tritium har afgivet en elektron, så må tætheden af deuterium og tritium i plasmaet også være $7.30 \cdot 10^{19} \mathrm{m}^{-3}$.

Densiteten af plasmaet bestemmes så.

Da tæthederne af deuterium og tritium er lige store, så kan den gennemsnitlige masse af en kerne i plasmaet bestemmes, idet massen af deuterium og tritium slås op i databogen til at være henholdsvis $2.01410177785\mathrm{u}$ og $3.01604927767\mathrm{u}$:

$$\frac{2.01410177785\mathrm{u} + 3.01604927767\mathrm{u}}{2} = 2.515075528 \text{ amu}$$

Dvs. at den gennemsnitlige masse af en kerne i plasmaet er 2.515075528 u

Densiteten af kernerne i plasmaet kan så bestemmes ved $\rho = m \cdot n$, hvor n er tætheden af kerner i plasmaet.

$$2.515075528 \text{ amu} \cdot 7.30 \cdot 10^{19} \mathrm{m}^{-3} = 1.836005135\ 10^{20} \text{ amu } \frac{1}{\mathrm{m}^3} \xrightarrow{\text{replace units}}$$

$$3.048760334\ 10^{-7}\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$$

Dvs. at densiteten af kernerne i plasmaet er $3.05 \cdot 10^{-7}\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$

Densiteten af elektronerne i plasmaet bestemmes også, idet der slås op i databogen af en elektron vejer $0.000549\,\mathrm{u}$

$$0.000549\,\mathrm{u}\cdot 7.30\cdot 10^{19}\,\mathrm{m}^{-3} = 4.007700000\ 10^{16}\ \mathrm{amu}\ \frac{1}{\mathrm{m}^3} \xrightarrow{\text{replace units}} 6.654946960\ 10^{-11}\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$$

Dvs. at densiteten af elektronerne i plasmaet er $6.65\cdot 10^{-11}\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$

Den samlede densitet i plasmaet bestemmes

$$\rho := 6.654946960\ 10^{-11}\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3} + 3.048760334\ 10^{-7}\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3} = 3.049425829\ 10^{-7}\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$$

Dvs. at densitet i plasmaet $3.05\cdot\ 10^{-7}\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$, herved kan det også ses at densiteten af elektroner er stort set ubetydelig for den samlede densitet i plasmaet.

Massen af plasmaet kan så bestemmes ved formlen $\rho = \frac{m}{V} \Leftrightarrow m = \rho\cdot V$, idet der vides at plasmaets volumen er $82.3\,\mathrm{m}^3$

$$m := 3.049425829\ 10^{-7}\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}\cdot 82.3\,\mathrm{m}^3 = 0.00002509677457\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}\ \mathrm{m}^3 \xrightarrow{\text{replace units}} 25.09677457\ \mathrm{mg}$$

Dvs. at massen af plasmaet er 25.1 mg

Spørgsmål 7b (Elevscore: 5,0)

En del eksaminander begynder ikke på spørgsmålet. Nogle får et enkelt eller to point ved at angive en rimelig værdi for fusionseffekten ud fra grafen og stopper der.

En del af de eksaminander som får point i spørgsmålet finder et gennemsnit for effekten ved at lægge en vandret linje ind, der tager hensyn til alle data. Andre udregner arealet under grafen og dividerer med den samlede tid som eksperimentet varer. Nogle vurderer den gennemsnitlige effekt løseligt mens nogle benytter den maksimale effekt under eksperimentet i de videre beregninger. Det viste elevsvar har fine overvejelser om aflæsning af effekten.

En del benytter formlen $\frac{P_{fusion}(T)}{V} = Qn_1n_2\cdot\overline{\sigma v_{12}}$ fra side 31 i ”Plasmafysik og fusionsenergi” direkte. Meget få argumenterer for formlen. Få udregner selv Q-værdien for processen mellem deuterium og tritium, mens de fleste bare slår Q-værdien op i ”Plasmafysik og fusionsenergi”, hvilket er ok.

De opnåede point i spørgsmålet afhænger i den grad af begrundelse for valg af metode og at man tydeligt beskriver hvilken fremgangsmåde man har benyttet.

Et eksempel på en god besvarelse:

Effekten P hvormed der bliver produceret energi ved en fusion er givet ved $P = Q\cdot\frac{1}{4}n^2\cdot\overline{\sigma\cdot v_{12}}\cdot V$,

hvor Q er Q-værdien for fusion mellem deuterium og tritium, hvilket er $Q = 17.6\,\mathrm{MeV}$, n er den samlede tæthed af deuterium og tritium (gælder kun hvis der lige meget deuterium og tritium), hvilket i dette tifælde er $7.30\cdot10^{19}\,\mathrm{m}^{-3}$, V er volumenet af plasmaet, hvilket er $82.3\,\mathrm{m}^3$ og $\overline{\sigma\cdot v_{12}}$ er reaktiviteten af plasmaet.

Der vurderes så ud fra grafen der viser effekten som funktion af tid, ved hvilken effekt der bliver produceret energi ved fusionen. Der kigges på effekten i intervallet fra 2 sekunder til 5 sekunder, da der vurderes, at det først er her at plasmaet er varmet op til en nogenlunde fast temperatur, hvor derfor også vil være en nogenlunde fast reaktivitet. Udsvingene i effekten i dette interval skyldes sandsynligvis, at hverken tætheden af deuterium og tritium eller temperaturen kan holdes helt konstant. Der vurderes at effekten i gennemsnit er 4.3 MW i intervallet fra 2 sekunder til 5 sekunder. Denne effekt anvendes til at bestemme reaktiviteten af plasmaet.

Reaktiviteten isoleres i $P = Q\cdot\frac{1}{4}n^2\cdot\overline{\sigma\cdot v_{12}}\cdot V$, og kan herved bestemmes, da det er den eneste ubekendte.

$$P = Q\cdot\frac{1}{4}n^2\cdot\overline{\sigma\cdot v_{12}}\cdot V \Leftrightarrow$$

$$\overline{\sigma\cdot v_{12}} = \frac{4\cdot P}{Q\cdot n^2\cdot V}$$

Reaktiviteten af plasmaet kan så bestemmes

$$\overline{\sigma\cdot v_{12}} = \frac{4\cdot4.3\,\mathrm{MW}}{17.6\,\mathrm{MeV}\cdot\left(7.30\cdot10^{19}\,\mathrm{m}^{-3}\right)^2\cdot82.3\,\mathrm{m}^3} = \frac{2.228282367\ 10^{-42}}{\mathrm{MeV}\left(\frac{1}{\mathrm{m}^3}\right)^2\mathrm{m}^3}\ \mathrm{MW} \xrightarrow{\text{simplify units}}$$

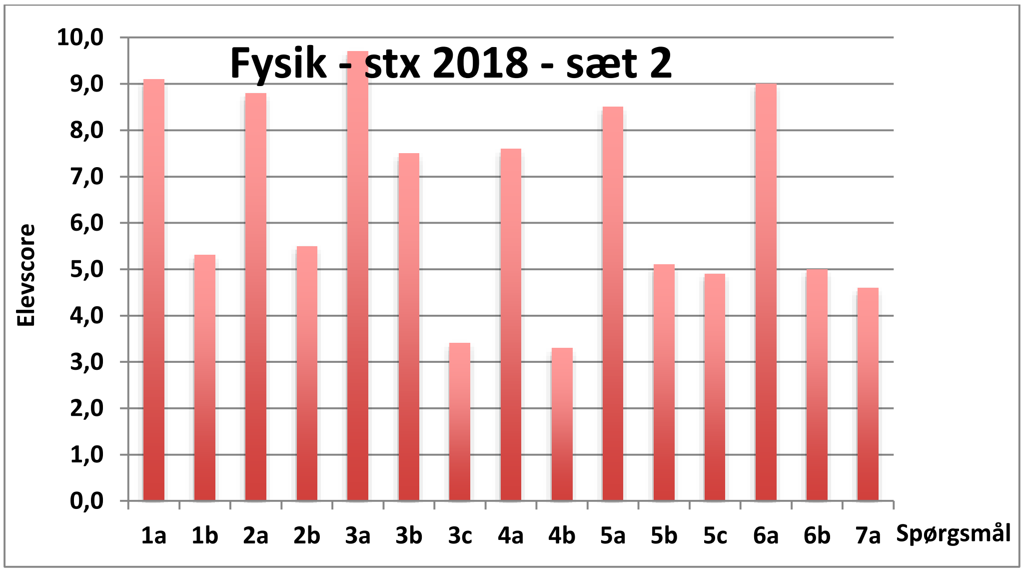
$$1.390784611\ 10^{-23}\ \frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{s}}$$

Dvs. at reaktiviteten af plasmaet under eksperimentet på JET i november 1997 var $1.4\cdot10^{-23}\,\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{s}}$

4. Censorernes bemærkninger til besvarelserne af sæt 2

567 elever var til eksamen i dette sæt. Censorer vurderede jf. skalaen ovenfor i alt 10 spørgsmål i sæt 2 til 1,4 eller derover, mens ét lå på -0,4. Gennemsnittet af censorernes vurdering af sæt 2 er 1,2. Den bedste vurdering fik spørgsmålene 1a (1,6), 3a (1,6) og 6b (1,6), mens 1b (0,7), 2a (0,7) og 3c (-0,4) fik de laveste vurderinger.

Elevscoren for hele sættet baseret på stikprøven:



1. Gallium

Spørgsmål 1a (Elevscore: 9,1)

De fleste besvarer spørgsmålet korrekt, men en del har problemer med antal betydende cifre, specielt de elever, der har sat deres CAS-program til at regne med 6 decimaler og SI-enheder, her bliver resultatet nemlig 0,000004 m^3.

Et eksempel på en god besvarelse:

Vi kan beregne volumen ved hjælp af formlen

$$V = \frac{m}{\rho}$$

hvor V er volumen, m er massen af objektet og ρ er densiteten.
Vi indsætter vores værdier

$$V = \frac{25.5\,\mathrm{g}}{5.90\,\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3}} = V = 4.322033898\ \mathrm{cm}^3$$

Figurens densitet er altså 4.32 cm^3.

Spørgsmål 1b (Elevscore: 5,3)

Dette spørgsmål gav store problemer specielt andet delspørgsmål, men også første delspørgsmål. I første delspørgsmål glemmes sommetider smeltevarmen, eller vandets masse bruges i stedet for galliums masse. Det største problem er dog, at mange elever omregner temperaturerne i °C til Kelvin og får så lavet rod i det, når temperaturforskellen skal findes.
I andet delspørgsmål glemmer eleverne, hvis de overhovedet prøver på at besvare spørgsmålet, at det flydende gallium også skal opvarmes. Rigtig mange elever får i løbet af deres ofte meget lange besvarelse byttet om på start- og sluttemperaturerne. Af de rigtige besvarelser, er der mange, der først finder vandets temperatur lige efter at alt gallium er smeltet, for derefter at opstille en ligning, hvor vandets afgivne energi er lig det flydende galliums modtagne energi.
I andet delspørgsmål står der ”Vurdér temperaturen ..”. Kun i de færreste besvarelser har eleverne gjort rede for relevante antagelser, eller på anden måde kommenteret resultatet.

Et eksempel på en god besvarelse:

For at kunne beregne, hvor meget energi vandet skal tilføje, skal vi bruge formlerne for varmekapacitet og smeltevarme.
Vi vil altså kunne finde den samlede mængde energi ved at sige

$$E_{samlet} = E_{opvarm} + E_{smelte} \Leftrightarrow E_{samlet} = m \cdot c \cdot \Delta T + m \cdot L_s$$

hvor m er massen af gallium, c er den specifikke varmekapacitet, ΔT er ændringen i temperatur og L_s er den specifikke smelte varme for gallium.
Vi indsætter vores værdier og finder E_{samlet}.

$$E_{samlet} = 25.5\,\mathrm{g} \cdot 373\,\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{K}} \cdot (29.8 - 20.5)\,\mathrm{K} + 25.5\,\mathrm{g} \cdot 80.2\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}} \xrightarrow{\text{simplify symbolic}}$$
$$E_{samlet} = 2133.556950\ \mathrm{J}$$

Vandet skal altså tilføre 2.1 kJ til figuren for at opvarme og smelte den.

Hvis vi antager, at det er et lukket system og der ikke går noget energi til omgivelserne, vil energimængden være den samme. Vi kan derved sige

$$E_{samlet} + E_{galium,\ smeltet} + E_{vand} = 0 \Leftrightarrow m_{galium} \cdot c_{galium,\ fast} \cdot \Delta T + m_{galium} \cdot L_s + m_{galium} \cdot c_{galium,\ flydende} \cdot \left(T_{slut} - T_{start,\ galium}\right) + m_{vand} \cdot c_{vand} \cdot \left(T_{slut} - T_{start,\ vand}\right) = 0$$

Vi indsætter således vores værdier

$$25.5\,\mathrm{g} \cdot 373\,\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{K}} \cdot (29.8 - 20.5)\,\mathrm{K} + 25.5\,\mathrm{g} \cdot 80.2\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}} + 25.5\,\mathrm{g} \cdot 414\,\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{K}} \cdot \left(T_{slut} - 29.8\right)\mathrm{K} + 96.7\,\mathrm{g} \cdot 4.182\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{K}} \cdot \left(T_{slut} - 51.2\right)\mathrm{K} = 0$$

$$\xrightarrow{\text{solve for T\_\_slut}} \left[\left[T_{slut} = \frac{1.200000000\ \left(1.8475625\ 10^{7}\ \mathrm{J} + 1.524522\ 10^{6}\ \mathrm{kJ}\right)}{1.035000\ 10^{6}\ \mathrm{J} + 39647.\ \mathrm{kJ}}\right]\right] \xrightarrow{\text{simplify}}$$
$$\left[\left[T_{slut} = 45.51391648\right]\right]$$

Vi kan altså se, at sluttemperaturen for både gallium og vand er 45.5 grader celcius. Dette passer også med, at vand har en højere specifik varmekapacitet og den derved ikke ændre temperatur ligeså meget som gallium.

2. Udvidelse af blodåre

Spørgsmål 2a (Elevscore: 8,8)

Mange elever skriver bare reaktionen op, mens andre elever også angiver bevarelsessætningerne og argumenterer for de er overholdt. Langt de fleste elever refererer til Databogen.

Et eksempel på en god besvarelse:

a) Et reaktionsskema for henfaldet af ^{32}P opstilles.

Det aflæses i *Databogen*, at ^{32}P henfalder ved et β^--henfald.

Reaktionsskemaet opstilles.

$$^{32}_{15}P \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{32}_{16}S + \overline{\nu}$$

Det ses her, at:
Massetallet er bevaret: $32 = 0 + 32 = 32 = 32$
Ladningen er bevaret: $15 = -1 + 16 = 15 = 15$
Leptontallet er bevaret: $0 = 1 - 1 = 0 = 0$

Spørgsmål 2b (Elevscore: 5,5)

Mange regner *Q*-værdien ud i stedet for at benytte oplysningen om energien fra opgaveteksten. Nogle elever kender ikke forskel på aktiviteten og antallet af kerner. Nogle vælger at integrere aktiviteten for at finde antal henfaldne kerner, men glemmer at anvende de rette enheder for henfaldskonstanten og startaktiviteten. De fleste regner antallet af kerner ud ved start og efter 30 dage og finder forskellen.

Et eksempel på en god besvarelse:

b) Vurdér, hvor meget energi der afsættes i nærheden af trådnettet fra henfald af ^{32}P i løbet af de første 30 døgn efter operationen.

Først findes antallet af kerner lige efter operationen. Dette gøres ved hjælp af følgende formel:

$A_0 = k \cdot N_0$

$k = \dfrac{\ln(2)}{T_{1/2}}$

Halveringstiden findes i databogen for fysik og kemi.

$T_{1/2} = 14.28\ d \cdot \dfrac{24\ h}{1\ d} \cdot \dfrac{60\ \text{min}}{1\ h} \cdot \dfrac{60\ s}{1\ \text{min}} = T_{\frac{1}{2}} = 1.23379200\ 10^6\ s$

$k = \dfrac{\ln(2)}{1.23379200\ 10^6\ s} = k = \dfrac{8.105093889\ 10^{-7}\ \ln(2)}{s}$

$370 \cdot 10^3 s^{-1} = \dfrac{8.105093889\ 10^{-7}\ \ln(2)}{s} \cdot N_0 \xrightarrow{\text{solve for N\_\_0}} [[N_0 = 6.585946720\ 10^{11}]]$

Antallet af kerner efter de først 30 døgn findes nu ved hjælp af følgende formel:

$N = N_0 \cdot e^{-k \cdot t}$

$t = 30\ d \cdot \dfrac{24\ h}{1\ d} \cdot \dfrac{60\ \text{min}}{1\ h} \cdot \dfrac{60\ s}{1\ \text{min}} = t = 2592000\ s$

$N = 6.585946720\ 10^{11} \cdot e^{-\frac{8.105093889\ 10^{-7}\ \ln(2)}{s} \cdot 2592000\ s} = N = 6.585946720\ 10^{11}\ e^{-2.100840336\ \ln(2)}$

$\xrightarrow{\text{at 10 digits}} N = 1.535331837\ 10^{11}$

Antallet af henfald findes ved at trække de to kerneantal fra hinanden.

$N_{henfald} = N_0 - N$

$N_{henfald} = 6.585946720\ 10^{11} - 1.535331837\ 10^{11} = N_{henfald} = 5.050614883\ 10^{11}$

Energi findes nu ved hjælp af følgende formel:

$E_{i\ alt} = E_{pr.\ henfald} \cdot N_{henfald}$

$E_{i\ alt} = 8.2 \cdot 10^{-14} J \cdot 5.050614883\ 10^{11} = E_{i\ alt} = 0.04141504204\ J$

Energin der afsættes i nærheden af trådnettet fra henfald af ^{32}P er 0.041 J.

3. Den elektriske racerbil TC-X

Spørgsmål 3a (Elevscore: 9,7)
En simpel formelindsætningsopgave med fokus på antallet af betydende cifre. Her er det vigtigt at huske, at den gode besvarelse skal indeholde den benyttede formel, samt afsluttes med en opsamlende konklusion. Der er dog kun afrundingsproblemer for ganske få elever.

Et eksempel på en god besvarelse:

Under et rekordforsøg tilbagelagte elbilen TC-X afstande $201{,}17m$ på $4{,}897s$

a) Elbilens gennemsnitlige fart udregnes:

$$v_{middel} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{201{,}17m}{4{,}897s} = 41{,}08\,\frac{m}{s}$$

Elbilens gennemsnitlige fart under forsøget var således $41{,}08\,\frac{m}{s}$.

Spørgsmål 3b (Elevscore: 7,5)
Dette spørgsmål kan løses ved brug af "bremseformlen" såfremt det antages at accelerationen er konstant. Der er i opgaven oplyst en gennemsnitlig acceleration, bevægelsen af elbilen kan derfor blot ses som en jævnt voksende bevægelse med konstant acceleration. Nogle elever anvender definitionen for acceleration og finder tiden for den tilbagelagte strækning, som efterfølgende korrekt indsættes i formlen for jævnt voksende bevægelse $s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$. Den typiske fejl er at indsætte tiden i formlen for jævn bevægelse, farten antages at være konstant 100 km/t samt der "glemmes" at accelerationen antages at være konstant.

Et eksempel på en god besvarelse:

Vha. bremseformlen, hvor der benyttes, at accelerationen er konstant udregnes den tilbagelagte strækning (formlen er fra fysikabbogen2). Starthastigheden $v_0 = 0\,\frac{m}{s}$:

$$v^2 - v_0^2 = 2 \cdot a \cdot \Delta s \iff \Delta s = \frac{v^2}{2a} = \frac{\left(\frac{100m}{3{,}6\ s}\right)^2}{2 \cdot 24{,}1\frac{m}{s^2}} = 16{,}0\ m$$

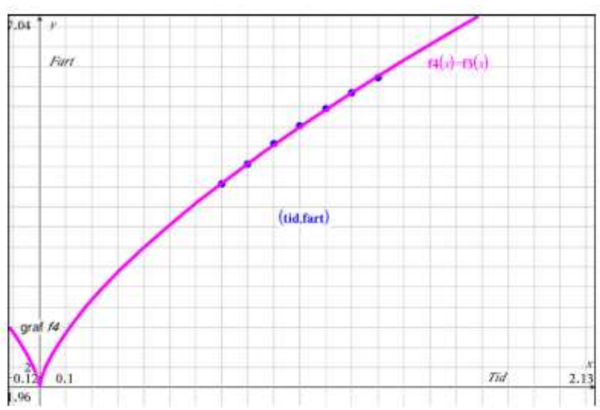
Da bilen opnåede en fart på 100km/h havde den således tilbagelagt 16,0m

Spørgsmål 3c (Elevscore: 3,4)
I dette spørgsmål er selve opgaveformuleringen todelt – der er altså to separate delspørgsmål. De to spørgsmål har ikke været lige nemme, specielt det sidste delspørgsmål regnes ikke korrekt. Det første delspørgsmål kan regnes rigtigt på to (måske flere) måder: Dels kan der vælges en passende regression for alle måledataene i måleserien, hvorefter accelerationen bestemmes som den afledte til tidspunktet t = 0,8 s ($v'(0{,}8) = a$). Det er vigtigt at der kommenteres på den valgte model. Ukritisk brug af en lineær model på alle data har ikke givet fuldt point på grund af den systematisk afvigelse. Dels kan det indses ved inspektion af data, at der lokalt omkring t = 0,8 s er en lineær sammenhæng i data, hvorefter der på en udvalgt mængde datapunkter bestemmes en lineær sammenhæng, hvor hældningen således tilnærmelsesvist angiver den øjeblikkelige acceleration.
En typisk fejl har også været at antage, at accelerationen indtil 0,8 s har været konstant og derefter blot fundet den gennemsnitlig acceleration ved at dividere 22,3 m/s med 0,8 s.

Et eksempel på en god besvarelse:
Først et eksempel med potens regression

c) Dataene indtastes i Nspire, og der er foretaget potensregression med farten som afhængig variabel af tiden, da det lignede, at datapunkterne fordelte sig som grafen for en potensfunktion. Dette bekræftes, ved at forklaringsgraden er 0,9997.

A tid	B fart	C	D	E
			=PowerRe	
0.7	20.3	Titel	Potensre...	
0.8	22.3	RegEqn	a*x^b	
0.9	24.3	a	25.9871	
1.	26.1	b	0.680528	
1.1	27.8	r^2	0.999306	
1.2	29.4	r	0.999653	
1.3	30.9	Resid	{⁻0.0865...	
		ResidTra...	{⁻0.0042...	



Accelerationen til tiden t=0,80s findes ved at bestemme tangenthældningen i dette punkt:

$$v'(0{,}80s)$$

Funktionen differentieres i Nspire og v'(0,80s) bestemmes:

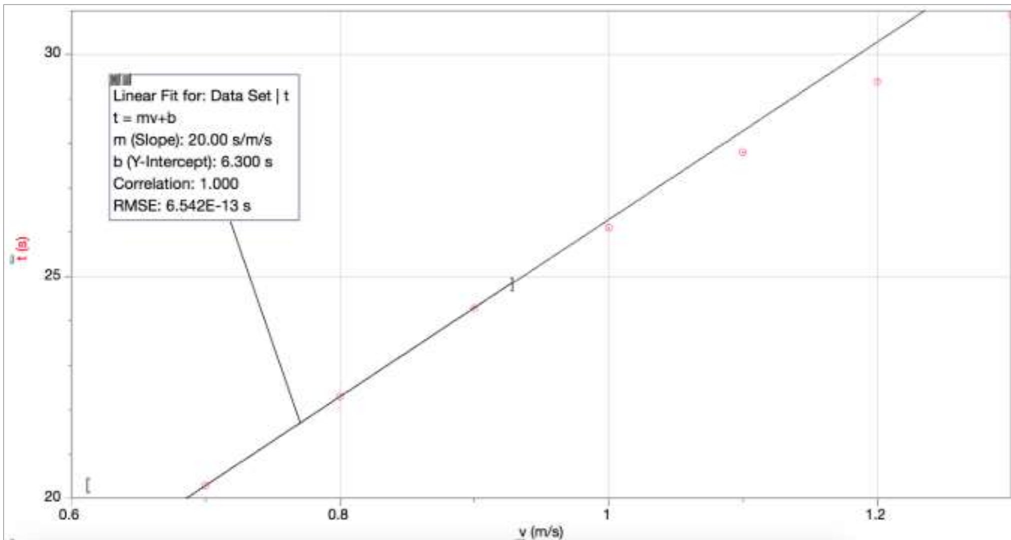
$f3(x) \cdot 25.9871 \cdot x^{0.680528}$

Define $fm(x) = \frac{d}{dx}(f3(x))$ • *Udført*

$fm(0.8) \cdot 18.9917$

0,80s efter start er bilens acceleration således $19 \frac{m}{s^2}$

Dernæst et eksempel på lokal lineær regression. Eleven har byttet om på betegnelserne på akserne.



Det ses på grafen, at accelerationen til tiden t=0,80 s kan beskrives ved at udføre lineær regression i intervallet t=0,70 s til t=0,90 s. Dette gav følgende hældningskoefficient:

$$\alpha = 20{,}00 \frac{m}{s^2} \approx 20 \frac{m}{s^2}$$

Hældningskoefficienten må være lig accelerationen til punktet, idet følgende gælder

$$v'(0{,}70\ s) = a(0{,}70\ s) = \alpha = 20 \frac{m}{s^2}$$

Accelerationen til tiden t=0,80 s er altså 20 $\frac{m}{s^2}$

Det andet delspørgsmål i opgave 3c var meget svært og kun få har regnet dette spørgsmål helt rigtigt. Mange elever har blot brugt den fundne model fra delspørgsmål 1 og indsat et andet tidspunkt og kreativitet til at bestemme dette tidspunkt har været stor.

Da den samlede kraft udfører et arbejde på bilen med konstant effekt gælder:

$$P_{0,8s} = P_{slut} \Leftrightarrow F_{res} \cdot v_{0,8s} \cdot \cos(\theta) = F_{res} \cdot v_{slut} \cdot \cos(\theta)$$

Da vinklen mellem bevægelsesretningen og den resulterende kraft på bilen er 0 bliver leddet $\cos(0) = 1$. Newtons 2. Lov indsættes og bilens masse går ud på begge sider. Herefter isoleres slutaccelerationen:

$$m \cdot a_{0,8s} \cdot v_{0,80s} = m \cdot a_{slut} \cdot v_{slut} \Leftrightarrow a_{slut} = \frac{a_{0,80s} \cdot v_{0,80s}}{v_{slut}}$$

$$a_{slut} = \frac{18{,}99\frac{m}{s^2} \cdot 22{,}3\frac{m}{s}}{64{,}7\frac{m}{s}} = 6{,}5\,\frac{m}{s^2}$$

Størrelsen af bilens acceleration ved slutningen af forsøget var således $6{,}5\,\frac{m}{s^2}$.

4. Pladespiller

Spørgsmål 4a (Elevscore: 7,6)

Langt de fleste elever kender til sammenhængen mellem svingningstid og frekvens, mens enheden for frekvens er lidt mere problematisk. De fleste aflæser én svingningstid meget nøjagtig, hvilket er i orden her.

Et eksempel på en god besvarelse:

For at finde frekvensen bruges formlen $f = \frac{1}{T}$:

Perioden bestemmes ved at aflæse, hvor lang tid der går fra bølgetop til bølgetop:

t:=0.0029· _s−6.E−4· _s ▸ 0.0023· _s

$f = \frac{1}{t}$ ▸ f=434.783· _Hz

frekvensen bliver altså 435 Hz.

Spørgsmål 4b (Elevscore: 3,3)

Sættets vanskeligste delspørgsmål. De fleste omskriver differentialkvotienten for fluxen til $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$, og aflæser spændingen til tiden 0,0011 s og finder så ΔΦ. De elever, der finder arealet under grafen, glemmer derefter antal vindinger eller glemmer at bruge at Φ(0) = 0. Oftest bliver arealet under kurven vurderet som en eller to trekanter eller antallet af tern tælles, nogle elever "fitter" arealet med et 2. gradspolynomium, nogle få med en sinuskurve, og nogle få indlægger kurven i Logger Pro, alle disse metoder er fine, men selvfølgelig er sinuskurven at foretrække.

Et eksempel på en god besvarelse:

Det inducerede spændingsfald U(t) afhænger af ændringen af den magnetiske flux Φ_b i spolen med N vindinger: $U(t) = -N \cdot \frac{d\Phi_b}{dt}$

Det ses at der induceres en positiv spænding, og at den magnetiske flux når sit maksimum til tiden t=0.0011 s. Overstående differentialligning kan nu omskrives ved:

$$-\frac{1}{N}\int_{0\,s}^{0.0011\,s} U(t)\,dt = \int_{0\,s}^{0.0011\,s} (1\cdot)\,d(\Phi_b(t))$$

Det er oplyst at den magnetiskeflux i spolen til t=0 s er 0 dvs at Φ_b (0 s)=0. Dette betyder at man har at:

$$\Phi_b(0.0011\,s) - \Phi_b(0\,s) = -\frac{1}{N}\cdot\int_{0\,s}^{0.0011\,s} U(t)\,dt$$

dette bliver:

$$\Phi_b(0.0011\,s) = -\frac{1}{8000}\cdot\int_{0\,s}^{0.0011\,s} U(t)\,dt$$

Nu bestemmes integralet. dette gøres ved at danne en trekant, hvor grundlinjen aflæses til at være 0,0011 s og højden aflæses til at være 5,0 mV:

$$\varphi_b(0.0011\cdot s) = \frac{-1}{8000}\cdot 0.5\cdot 0.0011\cdot \_s\cdot 0.005\cdot \_V \blacktriangleright \varphi_b(0.0011\cdot s) = -3.4375E{-10}\cdot \_Wb$$

størrelsen af den magnetiskeflux er altså $3{,}4\cdot 10^{-10}$ Wb, til tiden 0,0011 s.

5. Cassini på tur i Solsystemet

Spørgsmål 5a (Elevscore: 8,5)

Igen en formelindsætningsopgave. Her er det igen vigtigt at huske, at den gode besvarelse skal indeholde den benyttede formel, samt afsluttes med en opsamlende konklusion. Typiske fejl er, at eleverne glemmer at afstanden er givet i kilometer, mens der som standard i formlen skal regnes i meter. Flere elever husker også i formlen at afstanden er i anden, men idet tallene indsættes, glemmer de at sætte i anden. Altså mindre fejl, som ikke bunder i en væsentlig mangel på fysikforståelse.

Et eksempel på en god besvarelse:

Newtons gravitationslov benyttes til at bestemme størrelsen af kraften mellem Jorden og Cassini. Jordens masse er ifølge formelsamlingen $M = 5{,}974 \cdot 10^{24} kg$:

$$F = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2} = 6{,}674 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2} \cdot \frac{5{,}974 \cdot 10^{24} kg \cdot 5257 kg}{\left(7568 \cdot 10^3 m\right)^2} = 36595N \approx 36{,}60kN$$

Størrelsen af kraften mellem Jorden og Cassini var således 36,60kN, da Cassini var tættest på.

Spørgsmål 5b (Elevscore: 5,1)

Spørgsmålet volder en del problemer for mange elever. Mange elever glemmer til sidst at fratrække radius på Venus, således at de kan bestemmes afstanden til overfladen. En del elever argumenterer fejlagtigt for, at bevægelsen er en cirkelbevægelse og benytter en formel for centripetalkraften, hvor farten indgår til at bestemme radiussen. En anden typisk fejl, er at eleverne benytter standardformlen for den potentielle energi i stedet for formlen for gravitationel potentiel energi, hvor massen af centrallegemet indgår.

Et eksempel på en god besvarelse:

Vi regner med, at den mekaniske energi er bevaret. Dermed fås følgende, hvor v_l betegner hastigheden længst væk dvs. i afstanden $r_l = 2{,}0056 \cdot 10^8 m$ og v_k er farten tættest på:

$$E_{mek,langt} = E_{mek,kort}$$

$$\frac{1}{2}m \cdot v_l^2 - G \cdot \frac{M \cdot m}{r_l} = \frac{1}{2}m \cdot v_k^2 - G \cdot \frac{M \cdot m}{r_k}$$

$$\frac{1}{2}v_l^2 - G\frac{M}{r_l} = \frac{1}{2} \cdot v_k^2 - G \cdot \frac{M}{r_k}$$

$$\frac{1}{2} \cdot \left(6293\,\frac{m}{s}\right)^2 - 6{,}674 \cdot 10^{-11}\,\frac{N \cdot m^2}{kg^2} \cdot \frac{4{,}8675 \cdot 10^{24} kg}{2{,}0056 \cdot 10^8 m} = \frac{1}{2} \cdot \left(11785\,\frac{m}{s}\right)^2 - 6{,}674 \cdot 10^{-11}\,\frac{N \cdot m^2}{kg^2} \cdot \frac{4{,}8675 \cdot 10^{24} kg}{r_k}$$

Ligningen løses på Nspire med henhold til r_k:

$$\text{solve}\left(\frac{1}{2} \cdot 6293^2 - 6.674 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{4.8675 \cdot 10^{24}}{2.0056 \cdot 10^8} = \frac{1}{2} \cdot 11785^2 - 6.674 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{4.8675 \cdot 10^{24}}{r}, r\right)$$

• $r = 6.3372\text{E}6$

Afstanden fra Cassini til centrum af Venus var således $6{,}3372 \cdot 10^6 m$. Cassinis afstand til Venus' overflade beregnes ved at trække Venus' radius fra:

$$r_{afstand} = 6{,}3372 \cdot 10^6 m - 6{,}0518 \cdot 10^6 m = 285\,400 m \approx 285{,}4\ km$$

Da rumsonden Cassini var tættest på Venus var den således 285,4km fra Venus' overflade.

Spørgsmål 5c (Elevscore: 4,9)

Spørgsmålet voldte eleverne en hel del problemer. Dette skyldte dog, for langt hovedparten af eleverne, at de ikke var i stande til korrekt at bestemme farten af Cassini efter passagen. De angivne værdier i opgaven var hastigheder og skulle derfor håndteres koordinatvis. Dette medførte en stor kreativitet i hvorledes værdierne skulle adderes, med en hel del fejl til følge.

Et eksempel på en god besvarelse:

Det var meningen af Cassini skulle øge sin fart ved at flyve forbi jorden. Før forbiflyvningen havde den en fart i x-aksens retning på 36,22 km/s. og efter forbiflyvningen var farten i x- retningen øget med 0,64 km/s og i y-retningen med 9,21 km/s. Tilvæksten i kinetisk energi er givet ved:

$$\Delta E_{kin} = E_{kin,efter} - E_{kin,før}$$

Det vides at farten før er lig V_{x0}. For at finde farten efter passagen fremstilles en retvinklet trekant med hypotenusen v_{efter} og kateterne $v_x og\ v_y$. Her findes ved ved brug af phytagoras:

$$v_{efter} = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{\left(36{,}22\frac{km}{s} + 0{,}64\frac{km}{s}\right)^2 + \left(9{,}21\frac{km}{s}\right)^2} = 37{,}99\frac{km}{s}$$

Herudfra kan tilvæksten i kinetisk energi findes:

$$\Delta E_{kin} = \frac{1}{2}\cdot m \cdot \left(v_{efter}^2 - v_{før}^2\right) = \frac{1}{2}\cdot 5257kg \cdot \left(\left(37{,}99\cdot 10^3\frac{m}{s}\right)^2 - \left(36{,}22\cdot 10^3\frac{m}{s}\right)^2\right) = 3{,}5\cdot 10^{11}J$$

Ved forbiflyvningen af jorden fik Cassini en tilvækst i kinetisk energi på $3{,}5\cdot 10^{11}J$.

6. Tokamakken JT-60

Spørgsmål 6a (Elevscore: 9,0)

Et nemt spørgsmål, som næsten alle regner rigtigt.

Et eksempel på en god besvarelse:

Vi bestemmer den gennemsnitlige kinetiske energi med følgende formel:

$$\overline{E_{kin}} = \frac{3}{2} \cdot k_B \cdot T$$

Hvor k_B er boltzmannskonstanten. Vi ved at temperaturen er 190 MK, hvorfor vi kan udregne den gennemsnitlige kinetiske energi:

$$\overline{E_{kin}} = \frac{3}{2} \cdot k_B \cdot T = \frac{3}{2} \cdot 1{,}3806504 \cdot 10^{-23} J \cdot K^{-1} \cdot 190 \cdot 10^{6}\, K = 3{,}934854 \cdot 10^{-15}\, J \approx 3{,}93 \cdot 10^{-15} J$$

Det vil sige at den gennemsnitlige kinetiske energi er $3{,}93 \cdot 10^{-15} J$.

Spørgsmål 6b (Elevscore: 5,0)

Nogle elever kender ikke formlen for effekt ved fusion. Når de skal aflæse reaktiviteten på grafen ved 190 MK, volder den dobbeltlogaritmiske skala problemer. Det er et krav at man skal kunne aflæse i en dobbeltlogaritmisk graf. Nogle elever tegner streger på grafen for reaktiviteten, for at vise hvordan de aflæser, og det er fint.

Et eksempel på en god besvarelse:

Jeg skal beregne den samlede tæthed af deuterium og tritium i tokamakken, hvis effekten ved fusion skal være 12.5 MW.

Jeg skal bruge formlen

$$Q\cdot\frac{1}{4}n^2\cdot\overline{\sigma\cdot v_{12}}=\frac{P_{fusion}(T)}{V}$$

Jeg aflæser i min bog at $Q=17.6\,\text{MeV}$ for reaktioner mellem deuterium og tritium.

Jeg aflæser reaktiviteten på den givne graf som $\overline{\sigma\cdot v_{12}}=4\cdot10^{-22}\,\frac{\text{m}^3}{\text{s}}$

Da vi er givet effekten ved fusion som $12.5\,\text{MW}$ så må resultatet være

$$\frac{12.5\,\text{MW}}{54\,\text{m}^3}=4\cdot10^{-22}\,\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\cdot17.6\,\text{MeV}\cdot\frac{1}{4}\cdot n^2\xrightarrow{\text{solutions for n}}$$

$$\frac{1.146837255\;10^{10}\,\sqrt{\text{MeV MW s}}}{\text{MeV m}^3},-\frac{1.146837255\;10^{10}\,\sqrt{\text{MeV MW s}}}{\text{MeV m}^3}$$

$$\stackrel{\text{simplify}}{=}2.865145087\;10^{19}\,\frac{1}{\text{m}^3},\;-2.865145087\;10^{19}\,\frac{1}{\text{m}^3}$$

Jeg har antaget at jeg arbejder med en optimal effekt så $n_{\text{D}}=n_T=\frac{1}{2}n$

Jeg har brugt grafen med antallet af betydne cifre på 1 så med den så er tæthden $3\cdot10^{19}\cdot\frac{1}{\text{m}^3}$ men hvis man ser bort fra det så er tætheden $2.9\cdot10^{19}\cdot\frac{1}{\text{m}^3}$

7. Kanalrundfart for turister

Spørgsmål 7a (Elevscore: 4,6)

De fleste elever laver unødvendige antagelser om f.eks. bådens masse. Og der er nogle elever, som slet ikke bruger oplysninger fra billedet. Billedet skal anvendes til at estimere antallet af personer og bådens størrelse. Nogle elever slår densiteten af havvand op i databogen, hvilket er fint. Det er vigtigt, at der er rimelige proportioner i elevens antagelser. Gerne med indtegning af dimensioner på billedet.

Et eksempel på en god besvarelse:

Nogle turister er på kanalrundfart i en båd

a) Vurdering af, hvor meget båden hæves, når alle turisterne forlader båden

Det antages, at båden ligger stille. Båden kan holde sig flydende, idet at vandets opdrivende kraft er lige så stor som den nedadrettede tyngdekraft.

$$F_{opdrift} = F_t$$

Da båden i sig selv vejer det samme med eller uden personer, undlades bådens vægt i beregningerne. Der antages at være 70 personer på båden med en gennemsnitlig vægt på 75 kg.

$$F_{odrfit} = F_t = m \cdot g = 70 \cdot 75\ kg \cdot 9{,}82 \frac{N}{kg} = 51555\ N$$

Massen af den fortrængte væske kan nu bestemmes.

$$F_{opdrift} = m_{væske} \cdot g$$

$$m_{væske} = \frac{F_{opdrift}}{g} = \frac{51555\ N}{9{,}82\ \frac{N}{kg}} = 5250\ kg$$

Da havvands densitet bestemmes vha. databogen til at være $1{,}03\ \frac{g}{cm^3}$, er volumenet givet ved

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{5250\ kg}{1{,}03 \cdot 10^3\ \frac{kg}{m^3}} \approx 5{,}097087\ m^3$$

For at gøre beregningerne nemmere, antages det, at båden er kasseformet under vandet. Det antages, at den er15 m lang og 4 m bred under vandet.

Højden kan nu bestemmes, da volumenet af en kasse er givet ved: $V = l \cdot b \cdot h$

$$h = \frac{V}{l \cdot b} = \frac{5{,}097087\ m^3}{15\ m \cdot 4\ m} = 0{,}08495145\ m$$

Altså er båden med turister $0,085\ m$ under vandet, hvis bådens vægt ikke medtages. Dette er derved også forskellen i højden, da vægten af turisterne er den eneste forskel.

5. Generelle bemærkninger til besvarelserne

Eksaminandernes forklaring

En fremragende besvarelse er generelt set kendetegnet ved, at de anvendte metoder er kommenteret og begrundet. Det gælder også for de spørgsmål, hvor kravet om en forklarende tekst ikke fremgår eksplicit af spørgsmålsteksten.
I opgavesættene kan indgå spørgsmål, hvor eksaminanden eksempelvis skal bestemme en tangent til en graf eller et areal under en graf. Eksaminanden vælger selv metoden, men denne skal klart fremgå af besvarelsen. Dokumentationen kan være tegning og aflæsning på et bilag eller en løsning ved hjælp af et IT-værktøj. Eksaminanderne forventes at kunne benytte IT-værktøjer til at tegne på en pdf-fil, fx at indtegne en kraft på et bilag i en opgave, og i det hele taget at kunne udarbejde simple illustrationer digitalt til besvarelsen af opgaverne.

Det forventes generelt, også i besvarelser med CAS-værktøjer, at eksaminanden anfører de relevante formler, før talværdier indsættes og udregninger gennemføres. I den fremragende besvarelse indgår som regel, at formlens relevans og gyldighed kommenteres.

Når man benytter et pc-baseret CAS-værktøj, kan man med fordel bruge programmet til at tegne relevante grafer og på den måde forbedre dokumentationen.
I nogle opgaver kan der være krav om at lave en illustration fx ved hjælp af et bilag. I andre opgaver vil det være naturligt at tegne en figur som at naturligt element i den gode forklaring. Kvaliteten af illustrationer indgår i vurderingen af besvarelserne.

Generelt er der følgende problemer i dette års besvarelser:

- Der er kun få ledsagende, forklarende figurer.
- Tegnede grafer forklares og vurderes ikke.
- Aflæsninger på grafer er meget ofte upræcise, og alt for mange elever undlader at dokumentere aflæsningerne ved at indsætte en graf med aflæsningen indtegnet i deres besvarelse. Måske skyldes dette blandt andet, at elevernes IT-kompetencer ikke rækker til at indtegne på de figurer, der er i opgavesættet?
- Mange elever formår ikke at anvende deres IT-værktøj til at lave korrekt notation. Dette gælder fx henfaldsskemaer og tal skrevet i eksponentiel notation. Desuden undlader mange elever aksetitler på grafer, som de selv laver.
- Mange elever undlader at diskutere de anvendte modellers gyldighedsområde i deres forklaringer, selvom det er relevant.
- Nogle elever forsøger at eksportere grafer i opgavesættet til deres IT-værktøj (Logger Pro, GeoGebra, Adobe Acrobat Reader m.fl) for at kunne anvende dettes muligheder til fx at finde arealet under en kurve eller indtegne en tangent. Der er stor variation i, hvor øvede eleverne er i denne proces, der for øvede elever producerer et hurtigt og sikkert resultat, men som omvendt for ikke-øvede elever nemt introducerer fejl i enheder eller tab af præcision. Den enkelte eksaminand står frit i valget af metode, men det anbefales, at underviseren i holdets arbejde med denne type beregning sikrer, at eleverne får tilbud om øvelse i én bestemt metode til fx areal- eller tangenthældningsbestemmelse.
- Mange elever undlader at lave kildehenvisninger, når de bruger andre kilder end databogen (faktisk bør de også lave kildehenvisning til databogen).
- Mange elever har alt for mange betydende cifre med i deres resultater.

Gode eksempler på forklaringer og ledsagende tekst

Bemærk, at det ikke kan forventes, at elever, der laver en middelgod besvarelse, har så gode og fyldestgørende forklaringer med som vist nedenfor.

Spørgsmål 1b – sæt 1

b) Når skotørreren tilfører vandet energi bliver vandet opvarmet og det fordamper, så skoen tørrer. Det er formentlig urealistisk, at alt vandet fordamper med det samme ved $25\,°C$, så vi antager, at det som gennemsnit opvarmes til $50\,°C$ før det fordamper. Vands specifikke varmekapacitet ændrer sig ikke særlig meget ved små temperaturstigninger, så vi regner med en konstant værdi på $c = 4{,}178\frac{kJ}{kg\cdot K}$, som er fundet på Databogens side 151 for vand ved $30\,°C$ og $40\,°C$. Vands fordampningsvarme findes på efterfølgende side til at være $L_f = 2382\frac{kJ}{kg}$ ved $50\,°C$. Mængden af energi, der skal tilføres vandet før temperaturen stiger til $50\,°C$ og derefter fordamper er altså

$$\Delta E = m\cdot\left(c\cdot\Delta T + L_f\right).$$

Med en effekt på $4{,}0\,W$ tager dette

$$\Delta t = \frac{\Delta E}{P} = \frac{m\cdot\left(c\cdot\Delta T + L_f\right)}{P} = \frac{22g\cdot\left(4{,}178\frac{kJ}{kg\cdot K}\cdot(50-25)K + 2382\frac{kJ}{kg}\right)}{4{,}0\,W} = 14\cdot 10^3\,s$$

Det vurderes altså, at vandreskoen er tør efter ca. 3,8 timer. Dette forudsætter selvfølgelig, at skoen kun tørrer vha. den elektriske skotørrer, hvilket nok ikke helt passer.

Eleven gør rede for relevante forudsætninger, men mangler dog at se bort fra varmetab.

Spørgsmål 2a – sæt 1

Ved opslag på Databogens side 200 findes det at ^{10}Be henfalder ved β^--henfald. Når denne kerne henfalder omdannes en neutron til en proton i atomkernen samtidig med, at der udsendes en elektron og en antielektronneutrino. Henfaldsskemaet må derfor se således ud:

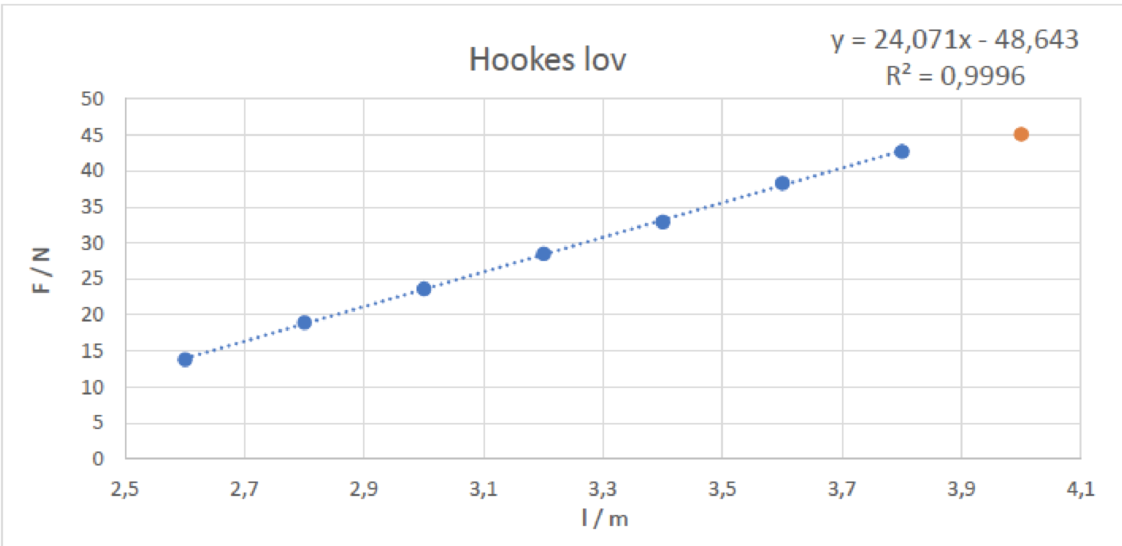
$$^{10}_{4}Be \rightarrow {}^{10}_{5}B + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu}_e$$

Vi ser også, at der er bevarelse af det samlede nukleon- og leptontal samt den elektriske ladning, så det stemmer.

En del elever magter i modsætning til ovenstående eksempel ikke en ordentlig skrivemåde for ladning og nukleontal i det anvendte IT-værktøj. Det må være lærerens ansvar at sikre, at dette er i orden.

Spørgsmål 4a - sæt 1

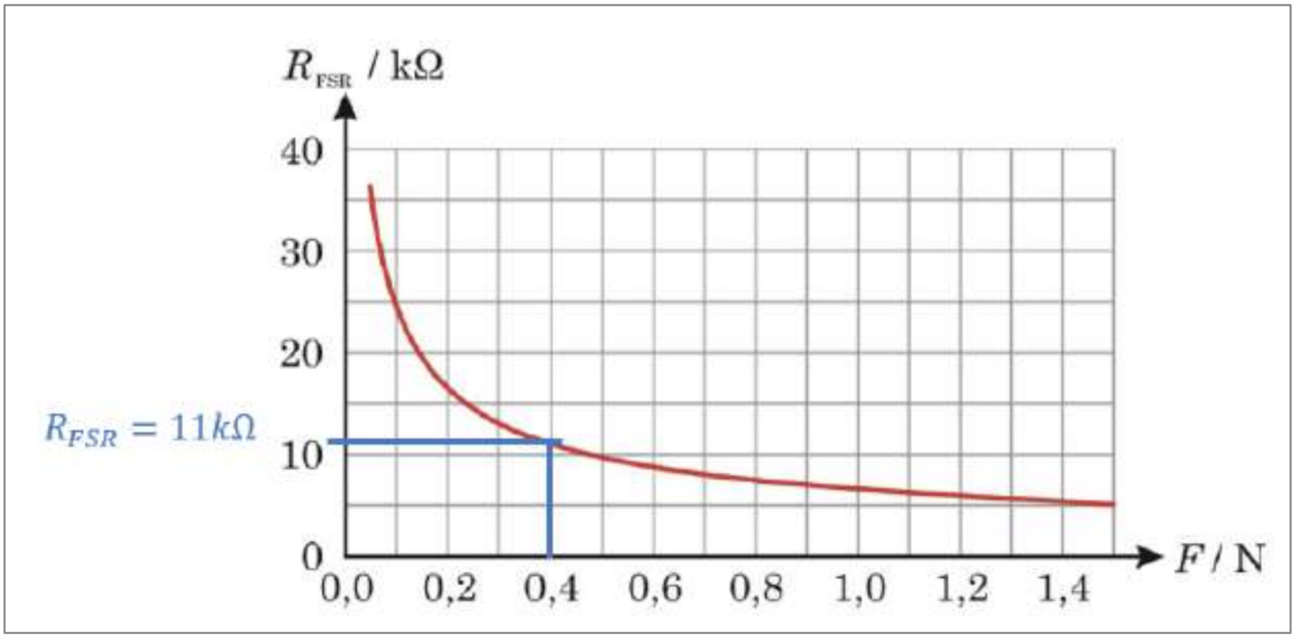
For at bestemme fjederkonstanten k plottes tabellens data derfor i et diagram med længden af elastikken på førsteaksen og størrelsen af fjederkraften på andenaksen.



Det sidste, orange punkt er udeladt fra regressionen, fordi det ligger forholdsvis langt fra den bedste rette linje. Elastikken opfylder altså kun Hookes lov ved små udstrækninger. Samtidig ser vi, at grafen ikke skærer punktet (0,0), fordi kraften er afbildet som funktion af længden af elastikken og ikke udstrækningen af den. Det påvirker dog ikke fjederkonstantens værdi.

Ifølge Hookes lov er fjederkonstanten givet ved værdien for hældningen af grafen for den lineære regression. Træningselastikkens fjederkonstant er altså $k = 24\ N/m$.

Spørgsmål 5b – sæt 1



Her viser eleven, hvordan man aflæser resistansen ud fra en bestemt værdi af kraften. Mange elever er dog ikke i stand til at tegne på bilagene ved hjælp af det anvendte IT-værktøj.

Spørgsmål 6c – sæt 1

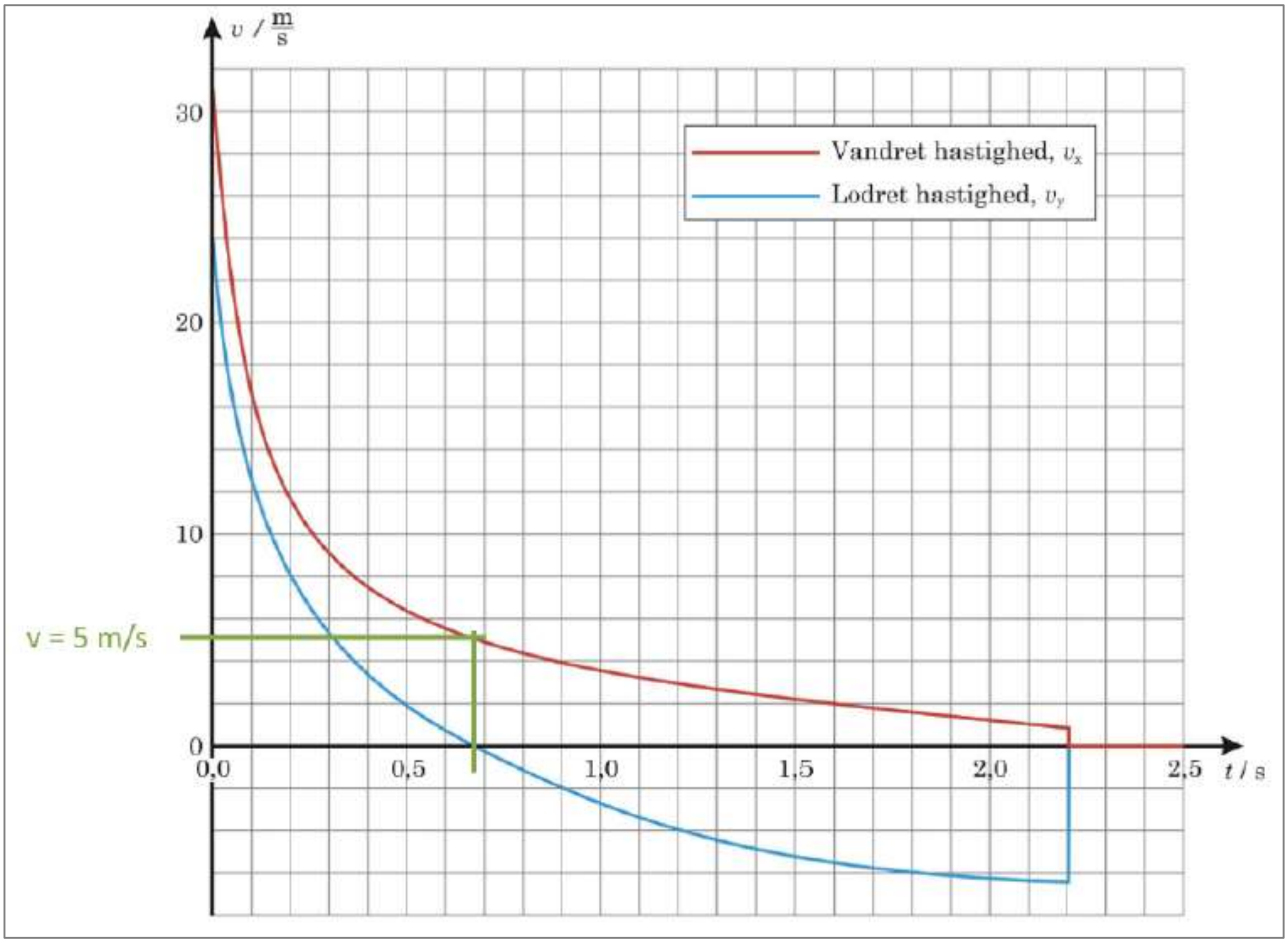
Et lidt længere eksempel med flere indtegninger på grafer.

c) Jeg vurderer ved hjælp af graferne fjerboldens fart, når den befinder sig øverst i sin bane. Samtidig bestemmes en værdi for fjerboldens formfaktor.

Jeg får oplyst, at fjerboldens tværsnitsareal er $A := 28\,\mathrm{cm}^2$:

Jeg starter med første del af opgaven: Jeg vurderer ved hjælp af graferne, fjerboldens fart, når den befinder sig øverst i sin bane.

Ud fra graferne kan jeg se, at den lodrette hastighed v_y kun, når en hastighed på 0 en gang omkring 0.68 sekunder efter bolden er sendt afsted.
Dette formoder jeg er boldens toppunkt og tidspunktet, hvor fjerbolden befinder sig øverst i sin bane (se den røde linje på grafen nedenfor). I dette tidsunkt, vil det kun være den vandrette hastighed som er gældende. Den vandrette fart er på dette tidspunkt omkring $5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Boldens fart er altså cirka $5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ når den er øverst i sin bane.



v / m/s
30
20
10
0
v = 5 m/s
Vandret hastighed, v_x
Lodret hastighed, v_y
0,0
0,5
1,0
1,5
2,0
2,5
t / s

Jeg fortsætter nu med anden del

Da bolden hænger i luften ved 0.68 sekunder bevæger den sig kun fremad i vandret retning, og i præcis dette tidspunkt, kan man derfor se bort fra ændringen af hastigheden i y-retningen.
Derudfra kan man antage, at det kun er luftmodstanden, der sænker boldens fart. Dette princip bruger jeg til at bestemme en deacceleration i præcis dette punkt, og vha. newtons anden lov finder jeg den resulterende kraft som kun indeholder luftmodstanden.

Jeg finder accelerationen a ved to punkter på grafen, der skærer den mørkeblå linje (se grafen på forrige side).

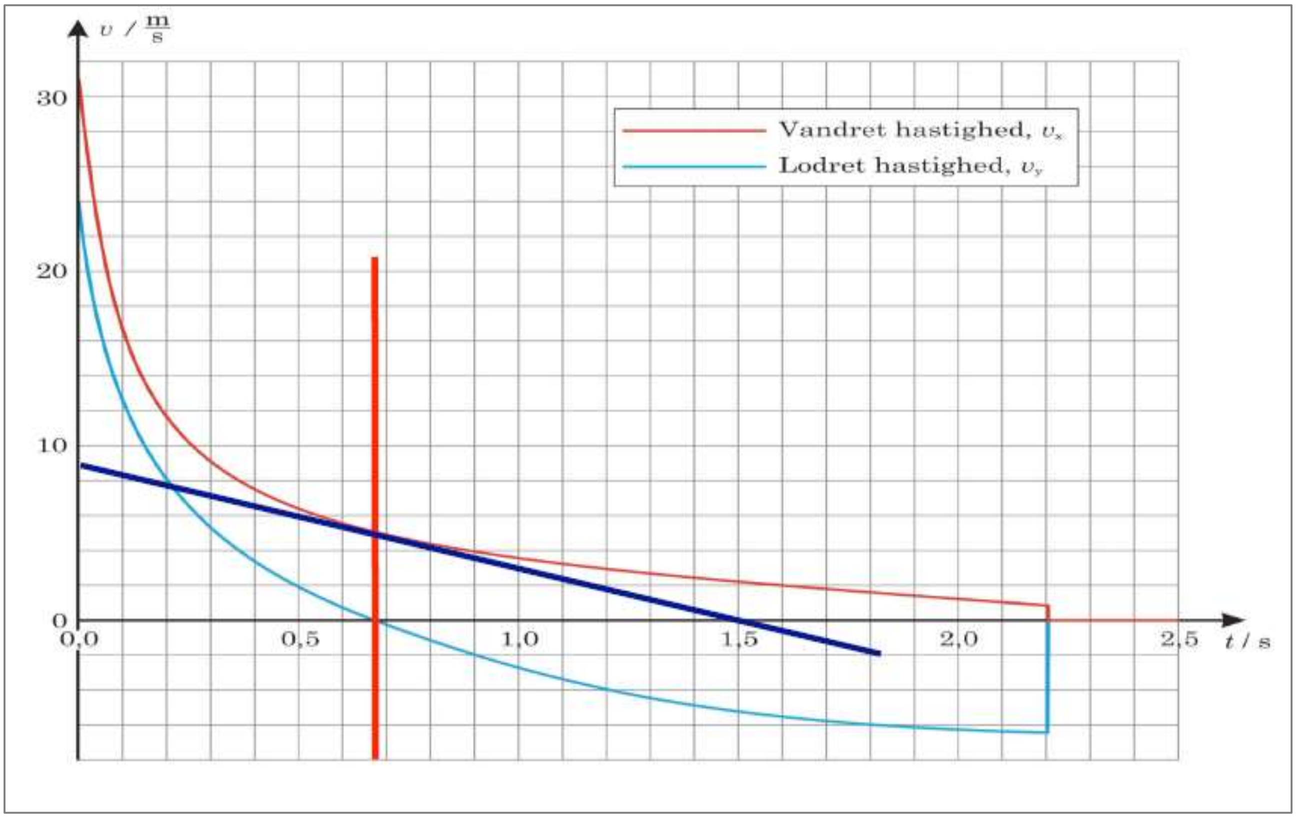
$$a := \frac{0-9}{1.5}\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

$$a := -6.000000000\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \tag{11}$$

$$F_{res} = m \cdot a = F_{luft}$$

$$F_{luft} := m \cdot a$$

$$-0.03000000000\ \mathrm{N} \tag{12}$$



Jeg aflæser luftens densitet i tabellen i formelsamlingen: $\rho := 1.205\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$:

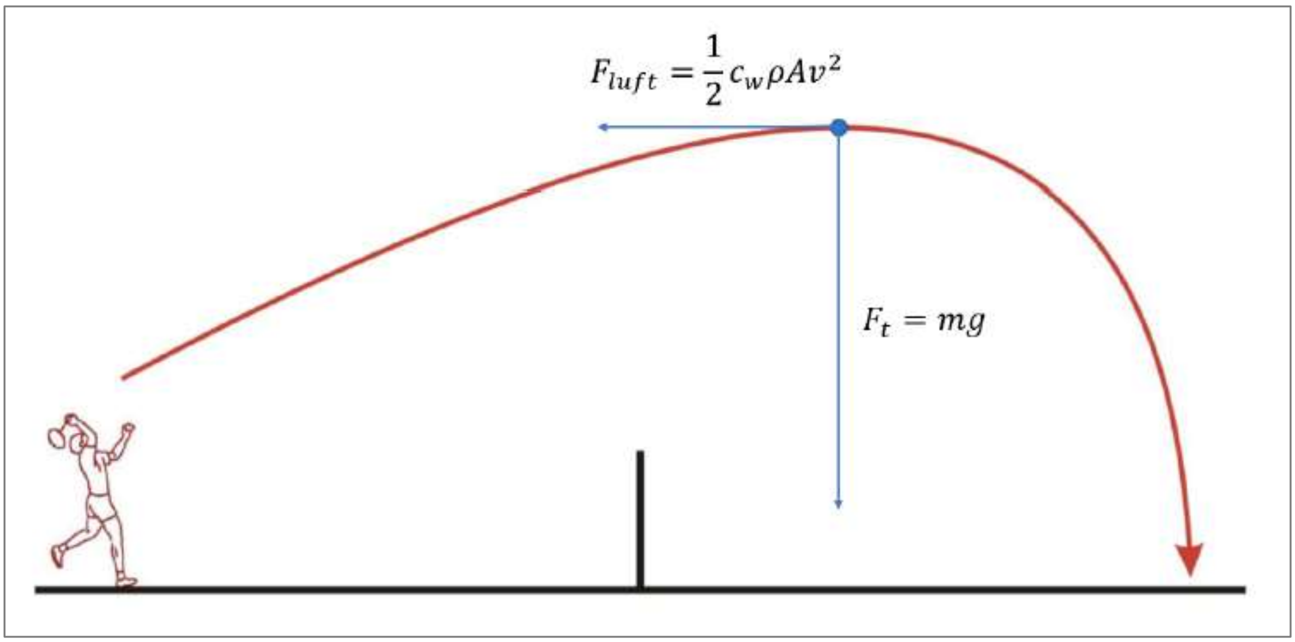
Med disse to nye informationer, er det muligt at indsætte alle værdierne i formlen for luftmodstand, og isolere for formfaktoren c_w.

$$F_{luft} = \frac{1}{2}\cdot c_w\cdot\rho\cdot A\cdot v^2$$

Jeg indsætter og isolerer c_w vha. maple

$$solve\left(\left|F_{luft}\right| = \frac{1}{2}\cdot c_w\cdot\rho\cdot A\cdot\left(5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2, c_w\right) \overset{\text{simplify}}{=} 0.71$$

Formfaktoren for fjerbolden er altså 0.71

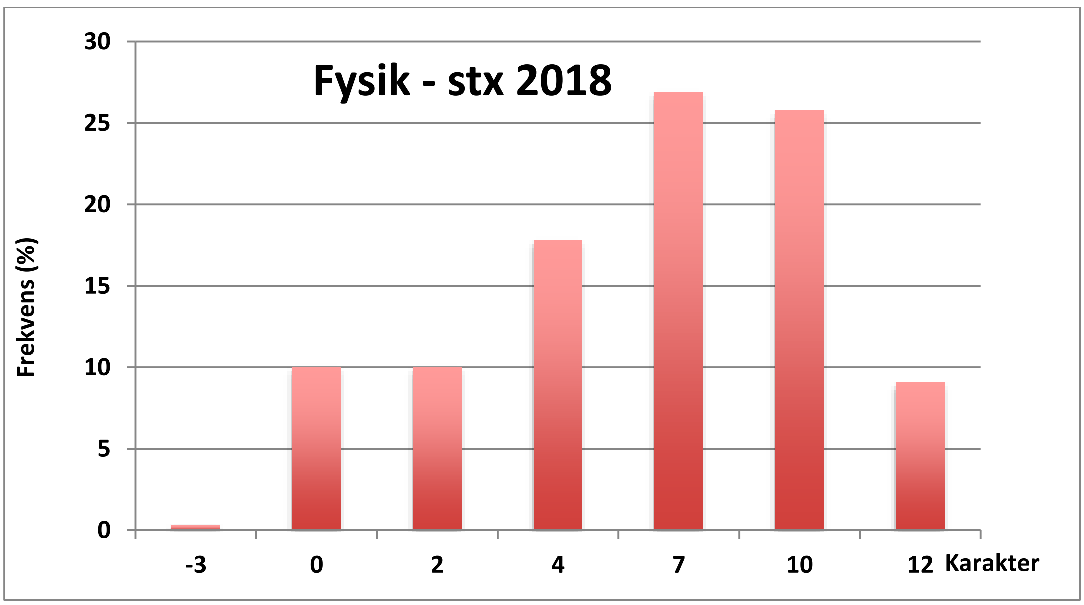


6. Statistik

På censormødet foretages en opgørelse af resultaterne, som er sammenfattet i nedenstående statistik på basis af holdene i det almene gymnasium. I alt var 1279 eksaminander til prøve i sæt 1 mens 567 eksaminander var til prøve i sæt 2.

Karakterer	-3	00	02	4	7	10	12	I alt
Antal	6	184	185	329	497	477	168	1846
Frekvenser	0,3	10,0	10,0	17,8	26,9	25,8	9,1	100

Karaktergennemsnittet blev 6,5.



Som i de tidligere år var karaktergennemsnittet højere for drengene end for pigerne. Karaktererne opdelt på køn er kun kendt fra karakterprognosen, hvor drengene i gennemsnit fik 6,7, mens pigerne i gennemsnit fik 6,0.

Sæt 1

Karakterer	-3	00	02	4	7	10	12	I alt
Antal	4	124	126	234	330	335	126	1279
Frekvenser	0,3	9,7	9,9	18,3	25,8	26,2	9,9	100

Karaktergennemsnittet for disse eksaminander blev 6,5.

Sæt 2

Karakterer	-3	00	02	4	7	10	12	I alt
Antal	2	60	59	95	167	142	42	567
Frekvenser	0,4	10,6	10,4	16,8	29,5	25,0	7,4	100

Karaktergennemsnittet for disse eksaminander blev 6,3.

7. Afsluttende bemærkninger

Der har i 11 år været afholdt skriftlig prøve efter 2005-ordningen, og alle benyttede opgavesæt findes samlet på emu'ens *Materialeplatformen*: http://materialeplatform.emu.dk/eksamensopgaver/. Der bruges uni-login.

Fysiklærerne på skolen opfordres til at samarbejde om opgavedimensionen i undervisningen. Erfaringerne fra den skriftlige prøve på A-niveau kan med fordel blive inddraget på faggruppens møder. En stor andel af eleverne har fysik A på et løftehold fra B- til A-niveau, og grundlaget for elevernes evne til problemløsning til den afsluttende prøve må derfor lægges ved rimelige mængder opgaveregning *allerede i fysik B-undervisningen*. På den enkelte skole anbefales det, at arbejdet med undervisningen på fagets højeste niveau koordineres, så de indhøstede positive og negative erfaringer gives videre, når den ene lærer afløser den anden.

Kim Bertelsen	Nils Kruse
Fagkonsulent	Medlem af opgavekommissionen