UNDERVISNINGS
MINISTERIET
STYRELSEN FOR
UNDERVISNING OG KVALITET

Fysik 2017

Råd og vink til den skriftlige prøve

Fysik stx

Maj 2017

Undervisningsministeriet
Styrelsen for Undervisning og Kvalitet
September 2017

Indhold

1. Indledende bemærkninger
Ved den skriftlige prøve i fysik (stx) sommeren 2017 er der stillet to opgavesæt, som er tilgængelige på Materialeplatformen. Sættene er mærket 1STX171-FYS/A-19052017 og 2STX171-FYS/A-30052017 og findes på adressen http://materialeplatform.emu.dk/eksamensopgaver/gym/stx/2017.html .

Sættene vil nedenfor blive behandlet hver for sig, dog med nogle fælles generelle kommentarer.

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

Begge opgavesæt indeholder 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 Tokamak, mens det i sæt 2 er opgave 6 Fusion med deuteriumpille. Også i skoleåret 2017-18 er emnet for Fysik i det 21. århundrede ”Plasmafysik og fusionsenergi”.

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 94 % af samtlige besvarelser. Det skal bemærkes, at der ikke er nogen centralt styret rettenorm, som fastlægger pointfradraget for bestemte fejltyper.

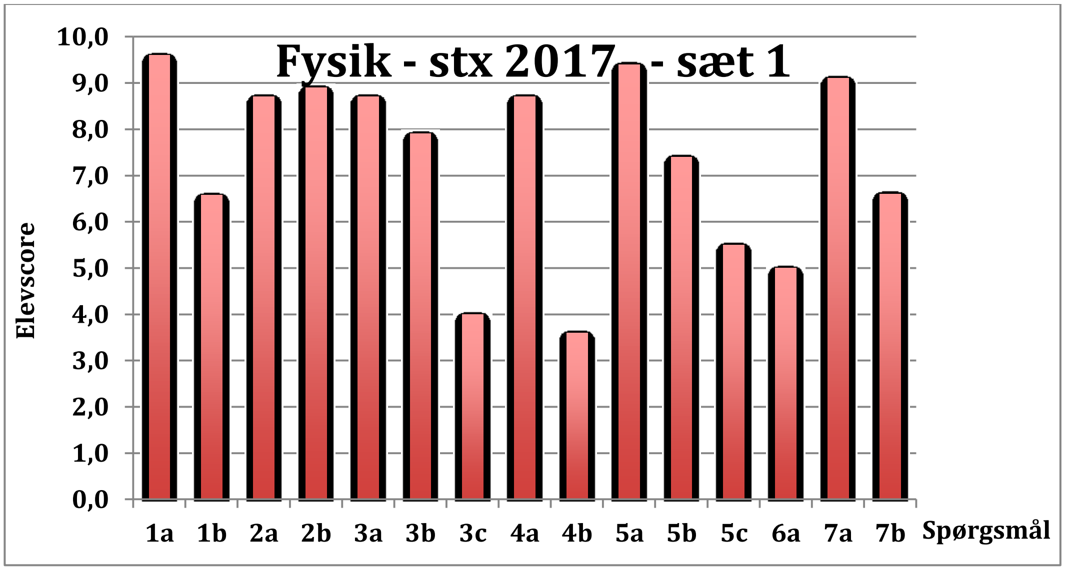
Pointtallene fra stikprøven kan benyttes til at vurdere sværhedsgraden af de enkelte spørgsmål. Spørgsmål med pointtal 8-10 må således opfattes som umiddelbart lette, pointtal 6-8 svarer til mere sammensatte spørgsmål, mens spørgsmål med pointtal under 6 kræver, at eksaminanden kan bruge eller opstille 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 gradueringer: 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

1287 elever var til eksamen i dette sæt. Censorer vurderede jf. skalaen ovenfor i alt 10 spørgsmål i sæt 1 til 1,1 eller derover, mens 5 lå mellem 0,6 og 1,0. Gennemsnittet af censorernes vurdering af sæt 1 er 1,2. Den bedste vurdering fik spørgsmålene 4b (1,9), 5c (1,9) og 1b (1,8), mens 2b (0,6) og 6a (0,6) fik den laveste vurdering.

Elevscoren for hele sættet baseret på stikprøven:



1. Optøning af vandrør

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:

Effekten P er givet ved $P = U \cdot I$, hvor U er spændingsfaldet og I er strømstyrken. Altså kan jeg beregne strømstyrken ud fra de angivne værdier.

$I = \frac{P}{U} = \frac{425\,W}{1.13\,V} = \frac{376.1061947\,W}{V} = 376\,A$. Strømstyrken i jernrøret er altså 376 A under optøningen.

Spørgsmål 1b (Elevscore: 6,6)

En del beregner kun hvor meget energi, der skal tilføres for at varme jern og is op til isens smeltepunkt, og glemmer smeltevarmen, som udgør det væsentligste energibidrag til optøningen. Nogle glemmer enten opvarmningen af is eller opvarmningen af jern. Enkelte lægger massen af is sammen med massen af jern og regner med en "samlet" *c*-værdi for jern og is.

I en stor del af besvarelserne finder eleven den molære varmekapacitet og omregner til den specifikke varmekapacitet for jern, selv om denne kan slås op i Databogen.

I opgaven står der "vurder hvor tid det tager at optø det frosne vandrør". Kun i de færreste besvarelser har man gjort rede for relevante antagelser, eller på anden måde kommenteret resultatet.

Et eksempel på en god besvarelse:

Til at besvare dette skal vi kende varmekapaciteten for både jernet samt isen.
Under typiske stue-forhold gælder det at:

$c_{jern} := 449 \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{K}}$: (Databogen s.140)

$c_{is} := 2.04 \frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{K}}$: (Databogen s. 143)

(Jeg har her valgt varmekapaciteten for is ved 0 grader, i virkeligheden vil dens værdi være lavere, da isets varmekapacit falder, når det bliver koldere). Da både iset og jernet har en temperatur på -15 grader, kan vi altså skrive for den generelle temperaturændring at:

$\Delta T := 15\mathrm{K}$:

Vi ved samtidigt at:

$m_{jern} := 9.48\mathrm{kg}$:

$m_{is} := 2.04\mathrm{kg}$:

For varmekapaciteten gælder det at:

$E := c \cdot m \cdot \Delta T$:

Vi kan nu beregne den mængde energi, som det vil kræve at opvarme isen samt jernrøret til 0 grader.

$E_{opvarm} := c_{jern} \cdot m_{jern} \cdot \Delta T + c_{is} \cdot m_{is} \cdot \Delta T = 62.4240\ \mathrm{kJ} + 63847.80\ \mathrm{J} \xrightarrow{\text{simplify symbolic}}$
$1.262718000\ 10^5\ \mathrm{J}$

Vi er dog interesserede i at optø vandet, så vi skal samtidigt beregne, den energi, som det efterfølgende vil kræve at smelte isen. Smeltevarmen for is er givet som 334 kJ/kg(Databogen s. 151). Altså kan vi beregne den energi, det efterfølgende vil kræve, at optø isen:

$E_{optø} := m_{is} \cdot 334 \frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}} = 681.36\ \mathrm{kJ}$

Altså har vi nu den samlede energi:

$E := E_{opvarm} + E_{optø} = 743.7840\ \mathrm{kJ} + 63847.80\ \mathrm{J} \xrightarrow{\text{simplify symbolic}} 8.076318000\ 10^5\ \mathrm{J}$

Det gælder at:

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

Altså har vi at:

$t := \frac{E}{425\,\mathrm{W}} = \frac{1}{425}\,\frac{743.7840\ \mathrm{kJ} + 63847.80\ \mathrm{J}}{\mathrm{W}} \xrightarrow{\text{simplify symbolic}} 1900.310118\ \mathrm{s} \xrightarrow{\text{replace units}}$
$31.67183530\ \mathrm{min}$

Altså vurderes der, at det vil tage omtrent 32 minutter at optø vandet i vandrøret.

Vi antager, at det er nok at varme jernrøret til 0 grader, for også at opvarme isen til 0 grader. I virkeligheden ville man forventeligt opvarme jernrøret til en højere temperatur, for at fremskynde processen, men det ignorerer vi her.

Samtidigt antages der, muligvist endnu mere kritisk, at jernrøret samt isen ikke afgiver, eller modtager, nogen energi fra deres omgivelser. Helt afhængigt af om det omkringliggende miljø befinder sig under 0 grader eller over over vil optøningen kræve hhv. mere eller mindre tid.

2. Galaksen EGS-zs8-1

Spørgsmål 2a (Elevscore: 8,7)

Umiddelbart en simpel opgave, hvor der blot skal sættes ind i formlem $c = \lambda \cdot f$. En del elever bemærker dog ikke, at bølgelængden oplyses med en præcision, der kræver, at man bruger en værdi for lysets hastighed, som er mere præcis end $c = 3{,}00 \cdot 10^8$ m/s . Nogle CAS-programmer indeholder naturkonstanterne; disse kan fint bruges, blot det nævnes, og de har den nødvendige præcision.

Et eksempel på en god besvarelse:

I opgaven er følgende oplysninger givet:
Bølgelængden af spektrallinjen $\lambda = 1061{,}6\ nm = 1061{,}6 \cdot 10^{-9}\ m$

Frekvensen f af den observerede spektrallinje med bølgelængden λ beregnes ved følgende formel, hvor c er lysets fart.

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

Lysets fart aflæses i formelsamlingen til $c = 299792458\ m/s$. Tallene indsættes i formlen og frekvensen beregnes.

$$f = \frac{299792458\,\frac{m}{s}}{1061{,}6 \cdot 10^{-9}\ m}$$
$$f = 2{,}823968 \cdot 10^{14}\ Hz$$

Frekvensen af den observerede spektrallinje er $2{,}824 \cdot 10^{14}\ Hz$.

Spørgsmål 2b (Elevscore: 8,9)
Typisk fejl er, at der byttes rundt på den observerede bølgelængde og laboratoriebølgelængden.

Et eksempel på en god besvarelse:

Den forskudte bølgelængde: $\lambda_0 = 1061m \cdot 10^{-9}$

Reference bølgelængde på hydrogen: $\lambda_e = 121{,}6m \cdot 10^{-9}$

$$z = \frac{\lambda_0 - \lambda_e}{\lambda_e}$$

Rødforskydningen beregnes.

$$z_{EGS} = \frac{1061{,}6\ m \cdot 10^{-9} - 121{,}6m \cdot 10^{-9}}{121{,}6m \cdot 10^{-9}} = 7{,}730263$$

Rødforskydningen for galaksen EGS-zs8-1 er 7,730

3. Forurening med jod

Spørgsmål 3a (Elevscore: 8,7)
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:

Jeg slår i databogen op, at I-134 henfalder ved et betaminus-henfald, samt at antallet af protoner for I-134 er 53
Dermed ser reaktionsskemaet for henfald af I-134 ud således:

$${}^{134}_{53}I \rightarrow {}^{134}_{54}Xe + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\overline{\nu}_e$$

Vi ser, at reaktionsskemaet er korrekt, idet leptontontallet (0=1-1), nukleontallet (134=134) samt ladningen (53=54-1) er bevaret på højre og venstre side.

Spørgsmål 3b (Elevscore: 7,9)
Ved at benytte henfaldsloven og slå halveringstiden for ^{131}I op i Databogen finder man let den ønskede tid. En del elever slår en forkert halveringstid op i Databogen. De fleste elever gør ikke rede for relevante antagelser som fx, at man ser på radioaktivt forurenet havvand, der ikke blandes op med andet havvand.

Et eksempel på en god besvarelse:

Jeg skal finde ud af, hvor lang tid der går, før aktiviteten af I-131 kommer under grænseværdien.
I den sammenhæng er det nødvendigt at gøre sig den antagelse, at det forurenede havvand bliver lige udenfor Fukushimas kyst og dermed ikke blander sig med rent havvand. Dette antages, for at vi kan regne med, at antallet af I-131-kerner pr. liter havvand kun formindskes af, at I-131 henfalder.
Vi kan udregne tiden ud fra aktiviteten ved start og slut

$$A = A_0 \cdot e^{-k \cdot t} \xrightarrow{\text{isolate for t}} t = -\frac{\ln\left(\frac{A}{A_0}\right)}{k}$$

Jeg bruger derudover at

$$k = \frac{\ln(2)}{T_{0.5}}$$

Jeg slår halveringstiden op i databogen: $T_{0.5} = 8.02\ \mathrm{d}$

Nu kan tiden udregnes ved at substituere udtrykket for k ind i udtrykket for t

$$t = -\frac{\ln\left(\frac{A}{A_0}\right)}{\frac{\ln(2)}{T_{0.5}}} = -\frac{\ln\left(\frac{10 \frac{\mathrm{Bq}}{\mathrm{L}}}{20. \cdot 10^3 \frac{\mathrm{Bq}}{\mathrm{L}}}\right)}{\frac{\ln(2.)}{8.02\ \mathrm{d}}} = 87.94558993\ \mathrm{d}$$

Dette er tiden, det tager, før aktiviteten er tilsvarende grænseværdien.
dvs jeg kan vurdere, at der går lige over 88 dage, før aktiviteten fra I-131 er under grænseværdien

Spørgsmål 3c (Elevscore: 4,0)
For at kunne finde den ønskede effekt skal man bestemme *Q*-værdien for henfaldet af ^{131}I. De fleste elever, der besvarer spørgsmålet, slår atommasser op i Databogen og beregner massetabet ved processen. Mange elever kan dog ikke holde korrekt regnskab med elektronerne, og de finder derfor en forkert *Q*-værdi. Enkelte elever forsøger at finde *Q*-værdien mere direkte som forskellen i kernernes bindingsenergier ved opslag i Databogen, hvilket betyder, at de mangler *Q*-værdien for nettoreaktionen ${}^1_0n \rightarrow {}^1_1p + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu}$.
Atter andre finder *Q*-værdien som summen af den maksimale kinetiske energi af β-partiklen og energien af det efterfølgende gammahenfald ved opslag i tabellen over radioaktive nuklider i Databogen.

Et eksempel på en god besvarelse:

Idet en kernereaktions Q-værdi er udtryk for frigivet energi pr. kernehenfald, og aktivitet er et udtryk for kernehenfald pr. sekund, må det gælde at

$P = Q \cdot A$

Vi er blevet givet aktiviteten pr. liter havvand, $A = 20 \cdot 10^3 \frac{\mathrm{Bq}}{\mathrm{L}}$. Vi mangler altså blot at udregne Q-værdien for at kunne finde effekten.

For at kunne udregne Q-værdien må vi først opskrive reaktionsskemaet for henfaldet af I-131. Jeg slår op, at I-131 henfalder ved et betaminushenfald (jeg har allerede i 3a lavet reaktionsskemaet for I-134 og laver nu et tilsvarende et for I-131, hvor leptontallet, nukleontallet og ladning er bevaret).

$^{131}_{53}I \rightarrow {}^{131}_{54}Xe + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\overline{\nu}_e$

Nu kan Q-værdien udregnes

$Q = -\Delta m \cdot c^2 = \left(\left(m_I^{atom} - 53 \cdot m_e \right) - \left(m_{Xe}^{atom} - 54 \cdot m_e + 1 \cdot m_e \right) \right) \cdot c^2 = -\left(m_I^{atom} - m_{Xe}^{atom} \right) \cdot c^2 =$

$(130.9061246\ \mathrm{u} - 130.9050824\ \mathrm{u}) \cdot 931.49\ \frac{\mathrm{MeV}}{\mathrm{u}} = 0.970798878\ \mathrm{MeV}$

Masserne, der er brugt, er fundet ved, at jeg har slået op i databogen

Til udregningen er brugt energi-masse-ækvivalensen: $1\ \mathrm{u} = 931.49\ \mathrm{MeV}$

Nu, hvor vi kender Q, kan effekten udregnes

$P = Q \cdot A = 0.970798878\ \mathrm{MeV} \cdot 20 \cdot 10^3 \mathrm{s}^{-1} \cdot \mathrm{L}^{-1} \cdot 1.6022 \cdot 10^{-13} \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{MeV}} = \frac{3.110827925\ 10^{-9}\ \mathrm{J}}{\mathrm{s\ L}}$

dvs effekten, hvormed en 1.0 Liter forurenet havvand udsender energi pga. henfald af I-131, er $\mathbf{3.1 \cdot 10^{-9} W}$

4. Squashbold i vand

Spørgsmål 4a (Elevscore: 8,7)

Et af de lette spørgsmål, hvor man skal benytte værdier for tyngdeaccelerationen og densiteten af vand og indsætte i udtrykket for opdrift.

Et eksempel på en god besvarelse:

Opdriften på bolden i vand kan udregnes vha. Archimedes' lov (jeg antager, at vi befinder os i DK af hensyn til værdien af tyngdeaccelerationen, samt at vandet er stuetemperatur, 20 grader celsius, af hensyn til værdien af vands densitet)

$F_{op} = \rho_{vand} \cdot V_{bold} \cdot g = \rho_{vand} \cdot \frac{4}{3} \cdot r^3 \cdot \pi \cdot g = \frac{998\ \mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3} \cdot \frac{4}{3} \cdot (20.2 \cdot 10^{-3} \mathrm{m})^3 \cdot \pi \cdot 9.82\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}} = 0.3383644647\ \mathrm{N}$

dermed er det vist, at opdriften på bolden er 0.338 N

Spørgsmål 4b (Elevscore: 3,6)

Dette har været det vanskeligste spørgsmål i opgavesættet. De fleste elever tegner en (t, v)-graf ud fra de angivne måledata. Mange laver også regression - typisk eksponentiel regression - og bestemmer korrekt accelerationen til tiden 0,070 s. En del elever laver lineær regression, selv om punkterne tydeligvis ikke grupperer sig om en ret linje. Når eleverne eksempelvis laver polynomiumregression af 4. grad, bør der laves en bemærkning om, at der ikke ligger fysiske overvejelser bag, men at man blot bruger et passende matematisk værktøj.

Det er vanskeligt for de fleste elever at holde styr på de kræfter, der påvirker bolden. En del glemmer opdriften, selv om man i det foregående spørgsmål netop har beregnet størrelsen af den. Der er ofte forkerte fortegn i de opstillede kraftligninger. Det ville uden tvivl være til stor hjælp for eleverne, hvis de tegner en figur med de indgående kræfter. Det gør langt de færreste.

Et eksempel på en god besvarelse:

Vi har at gøre med følgende datasæt:

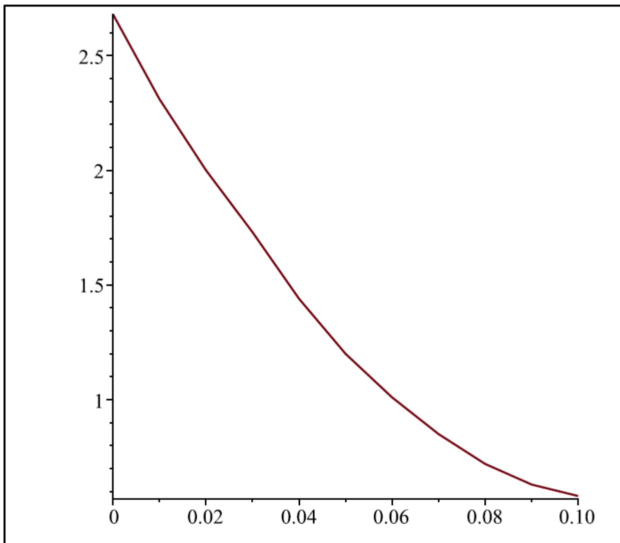
$t := [0.00, 0.010, 0.020, 0.030, 0.040, 0.050, 0.060, 0.070, 0.080, 0.090, 0.10]:$

$v := [2.68, 2.31, 2.00, 1.73, 1.44, 1.20, 1.01, 0.85, 0.72, 0.63, 0.58]:$

t er i sekunder, v er i $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

Vi plotter de sammenhørende værdier

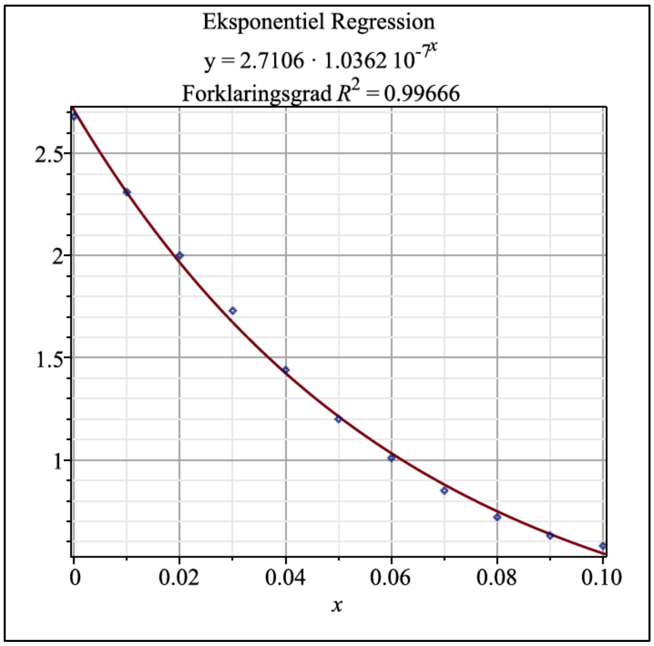
$plot(t, v)$



Vi ser, at det ligner, at der er en eksponentiel sammenhæng mellem værdierne for v og t, så vi foretager en sådan regression

$with(Gym):$

$ExpReg(t, v)$



Forklaringsgraden er rigtig god for regression, hvilket bekræfter os i, at vi har at gøre med en sammenhæng, der kan beskrives vha. en eksponentiel regression.

dvs $f := x \rightarrow 2.7106 \cdot (1.0362 \cdot 10^{-7})^x$:

Idet $a(t) = v'(t)$, kan vi nu afgøre accelerationen til tiden t=0.070s således:

$f'(0.070) = -14.14167992$

Enheden er naturligvis $\frac{m}{s^2}$.

Vi kender nu boldens acceleration til tiden t=0.070s. Dette er brugbart, når vi nu skal kigge på kræfter.

Der virker tre kræfter på bolden: den nedadrettede tyngdekraft, den opadrettede opdrift samt en gnidnigskraft, hvis retning vi endnu ikke har afgjort.

Idet vi regner positivt nedad fås at

$F_{res} = F_t - F_{op} + F_{gnid}$

Vi vil finde størrelsen og fortegn for gnidningskraften.

Vi kan bruge Newtons 2. lov til at finde et udtryk for den resulterende kraft og tyngdekraften, idet vi kender henholdsvis boldens acceleration og tyngdeaccelerationen. Vi kender allerede opdriften på bolden.

Dermed fås at

$F_{gnid} = F_{res} - F_t + F_{op} = m \cdot a - m \cdot g + F_{op} =$

$22.4 \cdot 10^{-3} \text{kg} \cdot (-14.14167992)\, \frac{\text{N}}{\text{kg}} - 22.4 \cdot 10^{-3} \text{kg} \cdot 9.82\, \frac{\text{N}}{\text{kg}} + 0.3383644647\ \text{N} =$

$-0.1983771655\ \text{N}$

dvs størrelsen af gnidningskraften på bolden er 0.20 N til tiden t=0.070s (vi bestemmer kraften med to betydende cifre, idet tiden er angivet med dette). Idet vi har fået en negativ værdi for gnidnigskraften, når vi regner positivt nedad, er gnidningskraften lodret opadrettet, og den virker dermed stik modsat bevægelsesretning.

5. Hockey

Spørgsmål 5a (Elevscore: 9,4)

En typisk fejl er, at eleverne afrunder forkert i konklusionen. Fejlen opstår, når eleven vil afrunde til to betydende cifre. Mange afrunder 121,68 J til 120 J og ikke fx $1{,}2 \cdot 10^2$ J.

Et eksempel på en god besvarelse:

Lige efter skudøjeblikket har bolden med massen $m := \frac{160}{1000} = \frac{4}{25} kg$ og farten $v := 39\ \frac{m}{s}$. Den kinetiske energi må så være

$E_{kin} := \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{3042}{25} \xrightarrow{\text{at 5 digits}} 121.68 \text{J}$

Altså er den kinetiske energi 122 J

Spørgsmål 5b (Elevscore: 7,4)

Spørgsmålet løses ved at bruge Newtons 2. lov. Man kan enten vælge at se på ændring i bevægelsesmængde for bolden og bruge $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$, eller man kan vælge først at finde middelaccelerationen af bolden og dernæst bruge $F = m \cdot a$. Begge metoder er lige gode, men kræver som altid, at der gives en forklarende tekst.

Et eksempel på en god besvarelse:

For at beregne den gennemsnitlige kraft skal boldens impuls bruges. Impuls er givet ved
$p = m \cdot v$
Før skuddet ligger bolden stille, og dens impuls er 0
Efter skudet er impulsen
$p_{bold} := m_{bold} \cdot v_{bold} = \frac{156}{25} \frac{\text{m kg}}{\text{s}}$
Dette er altså også ændringen i impuls.
Kraften kan nu beregnes ud fra følgende formel

$\Delta p = F \cdot \Delta t$
Impulsen efter er det samme som ændringen, da bliver kraften
$\Delta t := 97 \text{ms}$:

$solve\left(p_{bold} = F \cdot \Delta t, F\right) = \frac{6240}{97} \text{ N} \xrightarrow{\text{at 5 digits}} 64.330 \text{ N}$

D.vs at den gennemsnitlige kraft som staven påvirker bolden med er 64 N

Spørgsmål 5c (Elevscore: 5,5)
Regnes som et skråt kast uden luftmodstand. Det forventes, at eleverne skriver, at dette antages. Med denne antagelse på plads kan opgaven løses på forskellig vis ved at kombinere oplysningerne for den lodrette bevægelse med dem fra den vandrette. Man kan vælge kun at bruge bevægelsesligningerne, men man også bruge energibevarelse for at finde den lodrette hastighed.

En typisk fejl er, at man kun finder tiden for den ”halve lodrette bevægelse”, dvs. tiden som bolden bruger for at falde 40 cm. Det giver selvfølgelig kun den halve længde, når man ganger hastigheden i *x*-retningen med tiden.

Et eksempel på en god besvarelse:

Bolden bevæger sig gennem luften i en kasteparabel, hvis det antages, at der ingen luftmodstand er. Bolden når en maksimal højde på $y_{max} = 0{,}40$ m. Når bolden befinder sig i denne højde, er farten i y-retningen $v_y(t) = 0$. Eftersom boldens bevægelse i x- og y-retningen foregår uafhængigt af hinanden, kan man bestemme farten i y-retningen lige efter stødet ved at kigge på den lodrette bevægelse. Den kinetiske energi, som bolden har fra bevægelsen i y-retningen bliver omdannet til den potentielle energi $E_{pot} = mgh$, hvor $m = 0{,}160$ kg er boldens masse, og $h = 0{,}40$ m er boldens maksimale højde. Den må være lig med boldens kinetiske energi, som stammer fra farten i y-retningen: $E_{kin} = \frac{1}{2} m \cdot v_{0,y}^2$

Den potentielle energi sættes lig med den kinetiske energi, fordi den mekaniske energi er bevaret.

$$E_{pot} = E_{kin} \Leftrightarrow mgh = \frac{1}{2}m \cdot v_{0,y}^2$$

$$v_{0,y} = \sqrt{2gh}$$

Værdierne indsættes.

$$v_{0,y} = \sqrt{2 \cdot 9{,}82\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot 0{,}40\ \mathrm{m}} \approx 2{,}802856\ m \cdot s^{-1}$$

For at finde farten i x-retningen lige efter stødet anvendes Pythagoras' sætning, der siger, at $v_0^2 = v_{0,x}^2 + v_{0,y}^2$

$$v_{0,x} = \sqrt{v_0^2 - v_{0,y}^2} = \sqrt{\left(39\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2 - \left(2{,}802856\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2} \approx 38{,}89915\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

Tiden, som et kast varer, er $\Delta t = \frac{2 \cdot \sin(\alpha) \cdot v_0}{g}$, hvor $\sin(\alpha) \cdot v_0 = v_{0,y}$, som er blevet beregnet. Der er altså ingen grund til at beregne kastets vinkel med vandret.

$$\Delta t = \frac{2 \cdot 2{,}802856\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{9{,}82\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}} \approx 0{,}5708464\ \mathrm{s}$$

Tiden ganges med farten i x-retningen for at få den distance, bolden bevæger sig i vandret retning, før den lander på jorden. Farten i x-retningen er den samme hele tiden.

$$x_{max} = v_{0,x} \cdot \Delta t = 38{,}89915 \cdot 0{,}5708464 = 22\ \mathrm{m}$$

Bolden bevæger sig 22 m i vandret retning.

6. Trappeløb

Spørgsmål 6a (Elevscore: 5,0)
Nedenfor er vist en god besvarelse af opgaven. Eleven gør sig nødvendige og realistiske antagelser, beregner en minimumseffekt, antager en værdi for nyttevirkningen og finder det endelige resultat, som afrundes til ét betydende ciffer.

Et eksempel på en god besvarelse:

a) Jeg antager at kvinden vejer 70 kilo, at hvert trappetrin er 18 centimeter højt, og at kvinden kan løbe op ad 3 trappetrin pr. sekund. Jeg antager også at det ikke kræver ret meget energi at have den fremadrettede bevægelse, men at det er ændringen i kvindens potentielle energi der er krævende. Det betyder, jævnfør formlen for potentiel energi i et tyngdefelt med konstant tyngdeacceleration, at hun må skulle tilføre en energi pr. sekund til sit eget legeme, der kan beregnes vha formlen

$E_{pot}=m\cdot g\cdot h$ hvor m er hendes masse, g er tyngdeaccelerationen og h er ændringen i y−positionen. Hun skal derfor som minimum have en effekt på

$\dfrac{70\cdot\_kg\cdot 9.82\cdot\dfrac{\_m}{\_s^2}\cdot 3\cdot 0.18\cdot\_m}{\_s} \blacktriangleright 371.196\cdot\_W$ for at udføre den opadrettede bevægelse.

Da hendes arme højst sandsynligt også er i svingninger, og at hendes krop vil "falde" et lille stykke ned på hvert trappetrin for at være sikker på ikke at falde, bliver dette nok lidt mere, men vi antager at det ikke er tilfældet.

Til gengæld vil det være urealistisk at antage at kroppens nyttevirkning er 100%, og jeg vurderer den til at være cirka 60% (vil afhænge af temperatur og andre faktorer). Med en nyttevirkning på η=0.60 kan hendes effekt beregnes med formlen $\eta=\dfrac{E_{nytte}}{E_{tilfoert}}$ <=> $E_{tilfoert}=\dfrac{E_{nytte}}{\eta}$

<=> $e_{tilfoert}=\dfrac{371.196\cdot\_W}{0.6} \blacktriangleright e_{tilfoert}=618.66\cdot\_W$

Altså vil kvindens effekt være $\underline{\boldsymbol{P_{kvinde}=0.6kW}}$ hvis hendes trappeløb følger mine antagelser.

7. Tokamak

Spørgsmål 7a (Elevscore: 9,1)

Et let spørgsmål med høj elevscore.

Et eksempel på en god besvarelse:

For at beregne strømstyrken i vindingerne under eksperimentet bruges følgende formel: $B = \mu_0 \cdot \frac{N \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r}$, hvor B er størrelsen af magnetfeltet i torussen, I er strømstyrken i vindingerne, N er antallet af vindinger, r er storradus i torussen, og μ_0 er vakuumpermeabiliteten, som er $\mu_0 = 1{,}25664 \cdot 10^{-6} \frac{N}{A^2}$.

Da storradius, antallet af vindinger samt størrelsen af magnefeltet er oplyst i opgaven, kan strømstyrken udregnes. Værdierne indsættes nu:

$$5{,}3\ T = 1{,}25664 \cdot 10^{-6} \frac{N}{A^2} \cdot \frac{120 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot 0.67\ m}$$

Strømstyrken beregnes nu ved hjælp af solve−værktøjet:

$$\text{solve}\left(5.3=1.25664 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{120 \cdot i}{2 \cdot \pi \cdot 0.67}, i\right) \blacktriangleright i=147958. \text{A} \approx 14{,}8 \cdot 10^4\ A$$

Dermed er strømstyrken i vindingerne under eksperimentet lig med $14{,}8 \cdot 10^4\ A$.

Spørgsmål 7b (Elevscore: 6,6)
Nedenfor er vist en god besvarelse. Eleven har aflæst elektrontæthed og tryk nøjagtigt og argumenterer for at elektrontætheden skal ganges med 2. Eleven burde have afrundet resultatet til to betydende cifre.

Et eksempel på en god besvarelse:

Det aflæses af graferne, at tætheden af elektroner og trykket til tiden 1,5 s er hhv. $3{,}4 * 10^{20} m^{-3}$ og 200 kPa. Da plasmaet er af deuterium, hvis atomer indeholder én elektron, må tætheden af ioner være lig tætheden af elektroner. Jeg benytter nu formlen

$$p = n * k_B * T$$

hvor k_B er Boltzmannkonstanten. Jeg indsætter den samlede tæthed, som må være lig $2 * n_e$ og trykket i formlen:

$$200\ kPa = 2 * 3{,}4 * 10^{20} m^{-3} * 1{,}38065 * 10^{-23} \frac{J}{K} * T$$

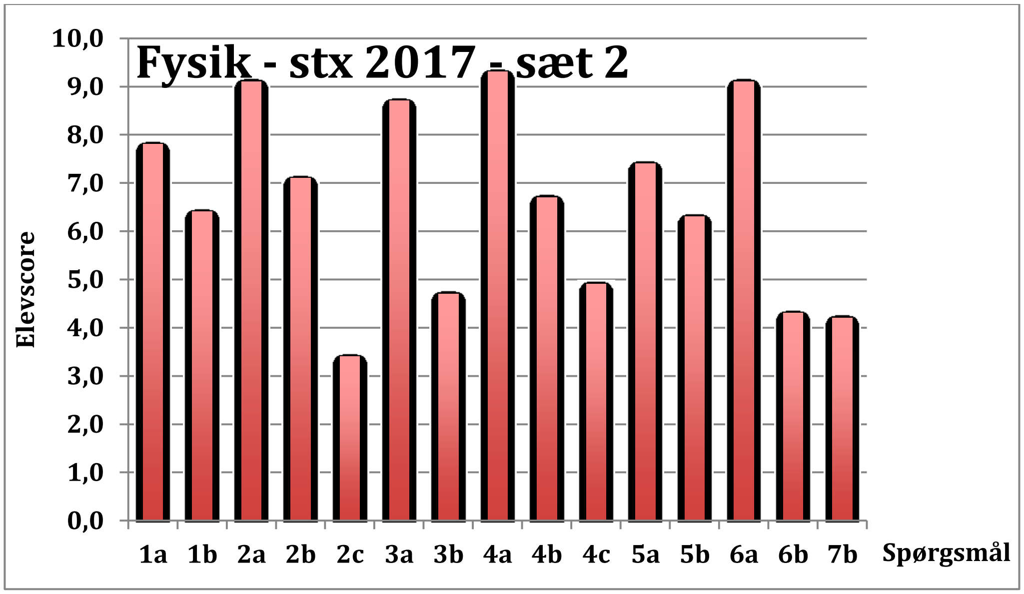
$$\Leftrightarrow T = 21{,}3\ MK$$

Altså er temperaturen i centrum af plasmaet 21,3 MK til tiden 1,5 s.

4. Censorernes bemærkninger til besvarelserne af sæt 2

679 elever var til eksamen i dette sæt. Censorer vurderede jf. skalaen ovenfor i alt 14 spørgsmål i sæt 2 til 1,0 eller derover, mens et lå på 0,7. Gennemsnittet af censorernes vurdering af sæt 2 er 1,2. Den bedste vurdering fik spørgsmålene 2a (1,6) og 4c (1,6), mens 1a (0,7) fik den laveste vurdering.

Elevscoren for hele sættet baseret på stikprøven:



1. Saltproduktion

Spørgsmål 1a (Elevscore: 7,8)
Mange elever klarer dette spørgsmål. Opgaven kan løses på flere forskellige måder. En god opgave, der giver mulighed for at udfolde faglige metoder.

Et eksempel på en god besvarelse:

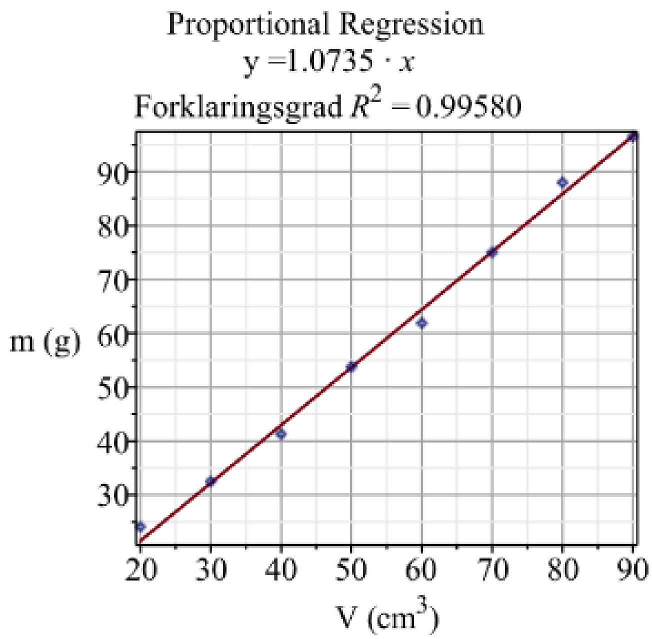
Jeg sætter volumen i cm^3 i en X-liste og massen i g i en Y-liste:
$X := [20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90]:$
$Y := [24.1, 32.5, 41.3, 53.8, 61.9, 75, 88, 96.5]:$

Densiteten af et stof kan findes ud fra:

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

$m = \rho \cdot V$

Ud fra dette ved jeg, at massen og voluminet er direkte proportionale med hinanden.
Jeg laver derfor proportional regression i Maple over massen som funktion af voluminet:
$PropReg(X, Y)$



Ud fra formlen $m = \rho \cdot V$ kan jeg så se, at proportionalitetskonstanten på $k = 1{,}0735\ \frac{g}{cm^3}$ fra funktionsforskriften må være densiteten for vandet.

Dermed er vandets densitet $1{,}07\ \frac{g}{cm^3}$.

Spørgsmål 1b (Elevscore: 6,4)

Et spørgsmål, hvor udregningen ikke er særligt kompliceret, men en del elever havde tilsyneladende svært ved at forstå problemstillingen.

Et eksempel på en god besvarelse:

Effekt er givet ved $P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$

Jeg skal således finde ud af hvor meget energi der genereres i løbet af en time og dele dette med antallet af sekunder i en time (=3600 sekunder)

Jeg slår vands fordampningsvarme op, da der her er tale om en faseændring fra vand til vanddamp. Energien er forskellig ved forskellige temperaturer og jeg vælger at bruge den fordampningsvarme, der er givet ved 40° Celcius (det vurderer jeg er temperaturen i Spanien), som er $2406\frac{KJ}{kg}$

Jeg kan nu regne ud, hvor meget energi der genereres på en time, da jeg ved der 4,1 kg vand per time per m^2. Det er givet ved formlen:

$$Q = m \cdot L_f, hvor\ l_f er\ den\ specifikke\ fordampningsvarme\ for\ vand\ ved\ 40°\ Celcius$$

$$Q = 4{,}1kg \cdot 2406000\frac{J}{kg} = 9864600\,J$$

Jeg finder effekten ved at dele med antallet af sekunder:

$$P = \frac{9864600\,J}{3600s} = 2740\,W$$

Effekten er dermed 2,7 KW

2. Behandling med ^{188}Re

Spørgsmål 2a (Elevscore: 9,1)
De allerfleste kan opskrive β^- henfaldet. Dog er der nogle, som mister point ved ikke at skrive antal ladninger på moder- og datterkerne. Nogle få skriver antallet af neutroner i stedet.

Et eksempel på en god besvarelse:

Jeg slår den givne isotop op i Databogen s.207 og finder atomnummeret og ser at den henfalder ved Beta- henfald.
derved har jeg også atomnummeret på produkt isotopen.

reaktionensskemaet ser derfor således ud:

$$^{188}_{74}W \rightarrow {}^{188}_{75}\mathrm{Re} + {}^{0}_{-1}e + \overline{v}_e$$

Her kan jeg se at reglerne om både nukleon og ladningsbevarelse er opfyldt.
da der er 188 kernepartikler, og 74 elementarladninger på hver side.

Spørgsmål 2b (Elevscore: 7,9)
Dette spørgsmål går også godt for mange. Nogle argumenterer for, at man også kan benytte henfaldsloven for masse i stedet for antal og kommer derfor hurtigt frem til resultatet. Men de fleste omregner massen til antal kerner og anvender herefter henfaldsloven.
Ikke så få halverer massen 3 gange og havner derfor på 6,25 g i stedet for 7,0 g og ganger derefter halveringstiden med 3 og angiver dette som resultatet. Dette viser dog en forståelse af begrebet halveringstid.

Et eksempel på en god besvarelse:

$m(^{188}_{74}W) = 187{,}958489\ u = 187{,}958489\ u * 1{,}660 * 10^{-27}\ kg/u = 3{,}120111 * 10^{-25}\ kg$

Nu er det muligt at finde antallet af kerner ved start N_0 og ved slut N og ved at finde halveringstiden for isotopen af W. Ved opsalg i Databog Fysik/kemi side 207 findes $T_{1/2}(^{188}_{74}W) = 69$ dage

$N_0 = \frac{50*10^{-9}\ kg}{3{,}120111*10^{-25} kg} = 1{,}60 * 10^{17}$ kerner

$N = \frac{7{,}0*10^{-9}\ kg}{3{,}120111*10^{-25}\ kg} = 2{,}24 * 10^{16}$ kerner

Det er nu muligt at finde hvor lang tid det tager ved brug af henfaldsloven. $T_{1/2}$ omregnes til sekunder.

$T_{1/2}(^{188}_{74}W) = 5961600$ s

$$N = N_0 * (\frac{1}{2})^{t/\,T\,1/2}\frac{1}{2})^{t/\,T\,1/2}$$

t findes ved brug af solve på Cas-værktøj.

$$\text{solve}(2{,}24 * 10^{16}\ \text{kerner} = 1{,}60 * 10^{17}\ \text{kerner} * (\frac{1}{2})^{t/\,5961600\,s}, t)$$

Der fås en værdi for t på $1{,}691009 * 10^{7}$ s ≈ $\underline{1{,}7 * 10^{7}\ s}$

Spørgsmål 2c (Elevscore: 3,4)
Dette spørgsmål volder større besvær. Kun de bedste erkender, at aktiviteten af de kerner, der dannes, og de kerner, der tappes, er lige store. En del udregner en aktivitet som afleveres som resultat af antal ^{188}Re kerner lige før tapning.

Et eksempel på en god besvarelse:

Hvis antallet af dannede ^{188}Re kerner skal være det samme som antallet af ^{188}Re kerner, der henfalder, må det betyde at aktiviteten, A, er den samme for de to henfald. Altså kan $A = k \cdot N$ for de 2 henfald sættes lig hinanden:

$$k(W) \cdot N(W) = k(Re) \cdot N(Re)$$

Det er N(Re) vi skal finde.

Først finder jeg henfaldskonstanterne.

$$k(W) = \frac{\log(2)}{T_{½}} = \frac{\log(2)}{69\ dage} = 5{,}05 \cdot 10^{-8}\ s^{-1}$$

$$k(Re) = \frac{\log(2)}{17\ timer} = 4{,}92 \cdot 10^{-6} s^{-1}$$

Antallet af 188W kerner ved leveringen er givet ved:

Hvert ^{188}W vejer $3{,}1469 \cdot 10^{-25} kg$. Jeg finder antallet ved at dele vægter af stoffet i leveringen med vægter per ^{188}W.

$$N_W = \frac{50 \cdot 10^{-9} kg}{3{,}1469 \cdot 10^{-25} kg} = 1{,}5889 \cdot 10^{17}$$

Jeg kan dermed regne antal N(Re) ud:

$$N(Re) = \frac{5{,}05 \cdot 10^{-8}\ s^{-1} \cdot 1{,}5889 \cdot 10^{17}}{4{,}92 \cdot 10^{-6} s^{-1}} = 1{,}63 \cdot 10^{15}$$

Der er $\underline{1{,}6 \cdot 10^{15}\ Re^{188}\ kerner\ lige\ før\ tapningen}$

3. Lysfølsom resistor

Spørgsmål 3a (Elevscore: 8,7)
Går godt for de fleste. En del benytter formlen P = R·I^2. Enkelte glemmer at sætte strømstyrken i 2. potens eller glemmer enhedsomregning kΩ til Ω og/eller mA til A.
Nogle benytter to formler, U = R·I efterfulgt af P = U·I.

Et eksempel på en god besvarelse:

Fra oplysningerne om at,

$R = 6{,}3\ k\Omega = 6{,}3\text{E}3\ \Omega$,

$I = 7{,}5\ mA = 7{,}5\text{E}{-3}\ A$

kan vi udfra Jopules lov,

$P = R \cdot I^2$

bestemme effekten

$P = 6{,}3\text{E}3\ \Omega \cdot (7{,}5\text{E}{-3}\ A)^2$

$= 6300. \cdot (0.0075)^2 \blacktriangleright 3.54375\text{E-}1$

$\approx 0{,}35$ W

a) Vores konklusion er at effekten, der afsættes energi med i resistoren R er 0,35 W.

Spørgsmål 3b (Elevscore: 4,7)
Løses kun korrekt af omkring halvdelen af eksaminanderne. Nogle få opfatter koblingen af resistorer som en parallelkobling. Nogle lægger spændingsfaldet over resistoren til spændingsfaldet over spændingskilden og får det samlede spændingsfald til 64 V. Nogle finder korrekt spændingsfaldet over LDR-resistoren til 36 V, men finder så strømstyrken i kredsløbet ved at dividere spændingsfaldet over LDR-resistoren med resistansen i resistoren. Der er også en del, der laver nogle uforståelige beregninger, som viser en manglende forståelse for teorien for serieforbundne resistorer i et kredsløb. Efter at have fundet en værdi for resistansen i LDR-resistoren, kan der aflæses en værdi for lysintensiteten, der får gadebelysningen til at tænde.
Flere anvender strømstyrken fra spørgsmål a.

Et eksempel på en god besvarelse:

b) Det viste kredsløb anvendes til at styre gadebelysningen. Når spændingsfaldet er under 14,0 V er lyset tændt. Lyset er slukket når spændingsfaldet er under 14,0 V.

Fordi vi ved at $U = U_1 + U_2$, Hvor U_1 *og* U_2 beskriver spændingsfaldet over to seriekoblede resistorer, kan vi beregne strømstyrken over R ved 14,0 volt, da resistor R har resistansen 6300 Ω.

$$\frac{U}{R} = I$$

$$\frac{14\ V}{6300\ \Omega} = 0.002222\ A$$

Vi kan nu beregne resistansen af R_{LDR} fordi Spændingsfaldet over den lysfølsomme resistor må være $50V - 14V = 36V$ og strømstyrken er konstant.

$$R\ = \frac{U}{I}$$

$$\frac{36\ V}{0.002222\ A} = 16201\ \Omega$$

Altså vil lyset være tændt hvis resistor R_{LDR} har en resistans på over 16201 ohm, og slukket hvis resistoren har en resistans på under 16201 ohm.

Vi kan aflæse på grafen at en lysintensitet på 20 lux har en tilsvarende resistans på 17,5 kΩ, og en lysintensitet på 25 lux har en tilsvarende resistans på 15k Ω.
Vi kan derfor vurdére at kredsløbet tænder når der er en lysintensitet på omkring 22 lux.

4. Sammenstød mellem mobiltelefoner

Spørgsmål 4a (Elevscore: 9,3)
De fleste laver en besvarelse med et passende antal betydende cifre og korrekt angivelse af enhed.

Et eksempel på en god besvarelse:

Bevægelsesmængden er givet ved nedenstående formel:

$$p = m \cdot v, hvor\ m\ er\ masse\ og\ v\ er\ hastigheden\ af\ den\ givne\ genstand$$

Jeg indsætter tal for mobiltelefon A i denne formel:

$$P_{mobilA} = 0{,}112kg \cdot 0{,}68\frac{m}{s} = 0{,}07616\ \frac{kg \cdot m}{s}$$

Mobiltelefon A har en bevægelsesmængde lige før sammenstødet på 0,076 $\frac{kg \cdot m}{s}$

Spørgsmål 4b (Elevscore: 6,7)
Mange vælger at finde den tilbagelagte vejstrækning ved at bestemme arealet under grafen for mobiltelefon B. En del elever mangler begrundelse for at arealet er lig den tilbagelagte vejstrækning. Nogle vælger at beregne arealet ved at approksimere grafen med en trekant, og andre vælger at tælle tern. Specielt de, der løser opgaven ved at tælle tern, glemmer at gøre rede for enheden på resultatet. Nedenstående ses en eksemplarisk besvarelse bortset fra antallet af betydende cifre og manglende dokumentation for aflæsningerne.

Andre opdeler bevægelsen i to bevægelser og bruger stedfunktionen for en konstant accelereret bevægelse til at beregne afstanden under og efter sammenstødet. Her glemmer en del en begrundelse for, at der er tale om bevægelser med konstant acceleration. I den del af bevægelsen, der er efter sammenstødet, glemmer en del, at bevægelsen her skal beregnes med begyndelseshastigheden 0,49 m/s. En anden fejl er, at man regner med en positiv acceleration efter sammenstødet.
Nogle misforstår figuren og medregner ikke den afstand, mobiltelefonen tilbagelægger under selve sammenstødet.

Et eksempel på en god besvarelse:

b) Det vides fra bevægelsesligningerne, at når en v(t) funktion integreres, så fås en stedfuktion, s(t). Derved tages det bestemte integrale, ved at måle arealet under kurven for hastigheden som fuktion af tiden for telefon B, i intervallet fra sammenstødets begyndelse til mobiltelefon B ligger stille.

Arealet udner grafen kan groft sagt opdeles i to områder; en trekant fra 0.25s til 0.3 sekunder optid 0,4 m/s. (Denne del er bevægelsen under selve sammenstødet) Denne vil have arealet,

$$\frac{1}{2}\cdot(0.3\cdot\_s - 0.25\cdot\_s)\cdot 0.4\cdot\frac{\_m}{\_s} \blacktriangleright 0.01\cdot\_m$$

Dertil kommer den del af graften der har sin udstrækning efter sammenstødet. Denne kan igen groft sagt anses som en trekant, med grundlinje fra 0.3s til 0.66s og en højde på 0.5 m/s Denne har da et areal på

$\frac{1}{2}\cdot(0.66\cdot\_s - 0.3\cdot\_s)\cdot 0.5\cdot\frac{\_m}{\_s} \blacktriangleright 0.09\cdot\_m$ sammenlagt bevæger mobiltelefon B sig altså $0.01\cdot\_m + 0.09\cdot\_m \blacktriangleright 0.1\cdot\_m$, 0.1 meter som følge af sammenstødet.

Spørgsmål 4c (Elevscore: 4,9)

Kun få elever forsøger at besvare denne opgave. En del anfører at gnidningskraften kan findes med formlen $F_{gnid} = \mu \cdot F_N$ men opgiver at finde gnidningskraften.

Næsten ingen af de elever, der har besvaret opgaven korrekt, har ledsaget kraftanalysen med et kraftdiagram. Dette er ganske vist ikke forlangt i opgaveteksten, men hører med til en god besvarelse af dette spørgsmål.

c) For at bestemme gnidningskooeficienten mellem telefon B og dens underlag, ved vi først og fremmest fra Newtons love, at et legeme uden påvirknign fra ydre kræfter (Eller hvor summen af kræfter er lig 0), enten vil være i stilstand eller bevæge sig med konstant hastighed. Dette er tydeligvis ikke tilfældet for telefon B. Denne er blevet påvirket i et stød med en konstant hastighed, og da den deccelererer må der således være en modsatrettet kraft der virker på telefonen.Denne modsatrettede kraft vil være en kombination af gnidningnskraften, samt luftmodstanden. Vi ser bort fra luftmodstanden i denne opgave.

Gnidningskraften for dynamisk friktion gives ved: $F_{\text{gniddyn}} = \mu \cdot F_{\text{N}}$, fra Newtons anden lov får vi at $F_{\text{res}} = m \cdot a$, vi ved desuden, at størrelsen af normalkraften findes ved:$F_{\text{N}} = m \cdot g$. Vi kan således finde størrelse på accelerationen som følge af gnidningskrafte, ved at kombinere disse ligninger, og reducere:

$F_{\text{res}} = F_{\text{gnid}}$ <=>

$m \cdot a = \mu \cdot m \cdot g$

$a = g \cdot \mu$

På v(t) grafen for telefon B kan vi da aflæse hældningen på den lineære del, hvor stødet ikke spiller ind. Vi kan da udnytte, at $a = \frac{dv}{dt}$. Hældningsen vil såæedes give os accelerationen, og vi kan dermed finde gnidningskooeficienten:

Det øverste punkt på den lineære del af grafen, P_1 fås til $(0.49 \frac{m}{s}, 0.31\text{s})$. Det nederste punkt få grafen, pP fås til $(0 \frac{m}{s}, 0.66\text{s})$. hældnigen, m, kan da findes ved følgende formel: $m = \frac{\Delta y}{\Delta x}$, punkterne kan da indsættes, og vi får:

$$m=\frac{0\cdot \frac{\_m}{\_s}-0.49\cdot \frac{\_m}{\_s}}{0.66\cdot \_s-0.31\cdot \_s} \blacktriangleright m=^-1.4\cdot \frac{\_m}{\_s^2}$$ m er da vores acceleration a. Vi kan da insætte denne resulterende acceleration i formlen ovenover og finde gnidningskooeficienten. (Her antager tyngdeaccelerationen et negativt fortegn, da den er rette omvendt i forhold til vores positive regning, vi får da, emd Nspires solvefunktion:

$a=g\cdot \mu_{dyn}$

$$\text{solve}\left(^-1.4\cdot \frac{\_m}{\_s^2}=-9.82\cdot \frac{\_m}{\_s^2}\cdot \mu,\mu\right) \blacktriangleright \mu=0.142566$$

Vi får da en gnidningskooeficient mellem telefon B og underlaget til 0.14 , hvis vi ikke tager højde for luftmodstand.

5. Elektromagnetisk kanon

Spørgsmål 5a (Elevscore: 7,4)

Typiske udfordringer i opgaven: Forkert valg af formel, jævn fart brugt til beregning, afrunding af resultat eller mangel på afrunding, samt fejl i 10-tals potenser.

Et eksempel på en god besvarelse:

Det er oplyst:

$s := 4.5\ \text{m}$:

$a := 6.9\cdot 10^5\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$:

Projektilets bevægelse kan beskrives med stedfunktionen: $s=\frac{1}{2}\cdot a\cdot t^2$, og projektilets fart med:

$v=a\cdot t \Leftrightarrow t=\frac{v}{a}$.

Det sidste udtryk indsættes i stedfunktionen for at få et udtryk for farten:

$s=\frac{1}{2}\cdot a\cdot \left(\frac{v}{a}\right)^2$

$\Leftrightarrow s=\frac{1}{2}\cdot \frac{v^2}{a}$

$\Leftrightarrow v=\sqrt{2\,s\cdot a}$

Og så kan farten findes:

$v := \sqrt{2\,s\cdot a} = 2491.987159\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Altså er projektilets fart $2500\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$, når det forlader kanonen.

Spørgsmål 5b (Elevscore: 6,3)

I denne opgave ses ofte at der mangler argument for valg af formelen for vinkelret felt. En del anvender længden 4,5 m i stedet for 0,36 m og nogle har problemer med den dekadiske præfiks M.

Et eksempel på en god besvarelse:

Det antages, at kanonen er vandret, og at gnidningskraften er neglicibel. Så vil tyngdekraften og normalkraften udligne hinanden, og den resulterende kraft på projektilet er den fremadrettede kraft fra magnetfeltet.
Kraften fra magnetfeltet er givet ved: $F = B \cdot I \cdot l \cdot Sin(\theta)$, hvor l er længden af lederen, hvilken her er projektilet, som har længden svarende til afstanden mellem de to skinner.

Det fremgår af tegningen, at B og I er vinkeltrette på hinanden, og accelerationen kan altså findes med:

$F_{res} = F_{magnet}$

$m \cdot a = B \cdot I \cdot l \cdot Sin(90)$

$\Leftrightarrow a = \dfrac{B \cdot I \cdot l}{m}$

Det oplyses:

$B := 6.7\ \mathrm{T}$:

$l := 0.36\ \mathrm{m}$:

$m := 12.5\ \mathrm{kg}$:

$I_{affyring} := 4.0\ \mathrm{MA}$:

Accelerationen findes:

$a := \dfrac{B \cdot I_{affyring} \cdot l}{m} = 7.718400000\ 10^5\ \dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$

Altså har projektilet har en acceleration på $7.7 \cdot 10^5\ \dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.

6. Fusion med deuteriumpiller

Spørgsmål 6a (Elevscore: 9,1)
Et let spørgsmål, som de fleste elever svarer på. Blandt sjuskefejlene ses at eleven glemmer 3/2 eller skriver 2/3 i beregningen.

Et eksempel på en god besvarelse:

Plasmaet i en fusionsreaktor kan ikke fastholdes fuldstændig af magnetfelterne. Ved fusionsreaktoren JET kan man fastholde en høj tæthed i plasmaet bestående af deuterium ved løbende at tilføre mere deuterium. Det sker ved at skyde små piller af frossent deuterium ind i plasmaet. Temperaturen i centrum af plasmaet er 23 MK.

a) Beregn den gennemsnitlige kinetiske energi for partiklerne i centrum af plasmaet.
Den gennemsnitlige kinetiske energi for partiklerne i en gas med den absolutte temperatur T er:

$$\bar{E}_{kin} = \frac{3}{2} \cdot k_B \cdot T$$

Den gennemsnitlige kinetiske energi for partiklerne i centrum af plasmaet er dermed givet ved:

$$\bar{E}_{kin} = \frac{3}{2} \cdot 1{,}38065 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K} \cdot 23 \cdot 10^6 K = 4{,}76324 \cdot 10^{-16}\, J \approx \underline{\underline{480\, aJ}}$$

Inden indskydningen af en deuteriumpille er elektrontætheden $6{,}0 \cdot 10^{19}\, m^{-3}$. Under indskydningen stiger elektrontætheden, og umiddelbart efter stiger tabet af plasma fra reaktoren. Tætheden i plasmaet kan vedligeholdes ved at beskyde det med 10 deuteriumpiller pr. sekund. Hver pille med frossent deuterium har massen 8,0 mg. Torussen i JET har volumen $110\, m^3$.

Spørgsmål 6b (Elevscore: 4,3)

Et fagligt vanskeligt spørgsmål, hvor eleverne tillige har vanskeligt ved enhederne. Desværre glemmer mange, at spørgsmålet er to-delt, og får ikke svaret på anden halvdel.

Et eksempel på en god besvarelse:

b) Vurder størrelsen af elektrontætheden umiddelbart efter, at en deuteriumpille er skudt ind i plasmaet, hvis der ikke er tab fra plasmaet.
Hvor mange deuteriumkerner forsvinder fra plasmaet pr. sekund under beskydningen med deuteriumpiller?
Først bestemmes hvor mange deuteriumnuklider, der er i en pille:

$$N_{1\ pille} = \frac{8{,}0\, mg}{2{,}01410178\, u \cdot 1{,}660540 \cdot 10^{-21} \frac{mg}{u}} = 2{,}39199 \cdot 10^{21}$$

Hver deuteriumnuklid indeholder 1 elektron og volumen i torus er oplyst til 110 m^3.
Tætheden umiddelbart efter, at en deuteriumpille er skudt ind kan da bestemmes ved:

$$Tæthed_{elektroner} = \frac{2{,}39199 \cdot 10^{21}}{110\, m^{-3}} + 6{,}0 \cdot 10^{19}\, m^{-3} = 8{,}17454 \cdot 10^{19}\, m^{-3} \approx \underline{\underline{8{,}2 \cdot 10^{19}\, m^{-3}}}$$

Antallet af deuteriumkerner, der forsvinder fra plasmaet pr. sekund skal nu bestemmes. Der forsvinder lige så mange kerner, som der beskydes med. Det er oplyst, at der indskydes 10 piller pr. sekund. Antallet af kerner i 1 pille er allerede bestemt. Antallet af kerner i 10 piller, hvilket svarer til antallet af deuteriumkerner, der forsvinder fra plasmaet pr. sekund er derfor:

$$\frac{N_{10\ piller}}{s} = 2{,}39199 \cdot 10^{21} \cdot 10\, s^{-1} = 2{,}39199 \cdot 10^{22}\, s^{-1} \approx \underline{\underline{2{,}4 \cdot 10^{22}\, s^{-1}}}$$

7. Spring fra klippe

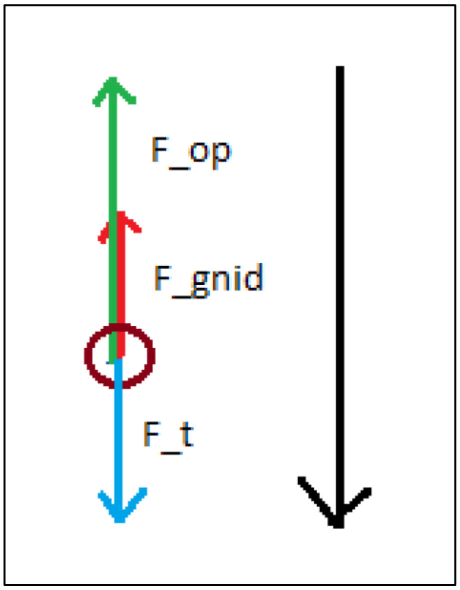
Spørgsmål 7a (Elevscore: 4,2)
I den gode besvarelse tages der afsæt i en vurdering af personens højde for at finde klippens højde samt personens vandrette afstand til klippen.
Personen må derfor have haft en vandret hastighed, da han forlader klippen. Det er derfor muligt at løse opgaven ud fra disse afstande og ved at benytte ligningerne for skråt kast.
En del eksaminander regner på bevarelse af mekanisk energi i lodret retning, mens andre vurderer en vandret hastighed, som benyttes i ligningerne for bevarelse af den mekaniske energi. Endnu andre vurderer, at personen hopper opad og de vurderer derfor også en elevationsvinkel og løser opgaven ved at benytte ligningerne for skråt kast.
De allerfleste nævner, at de ser bort fra luftmodstand. I en rigtig god besvarelse begrundes dette.
Alt for mange besvarelser indeholder ubegrundede antagelser, fx at der kan ses bort fra luftmodstanden. Ligeledes er det et problem, når besvarelser tager afsæt i usaglig tildeling af værdier fx faldtiden. Der skal være saglige begrundelser for de antagelser, som gøres.

5. Generelle bemærkninger til besvarelserne

Eksaminandernes forklaring
Generelt skriver mange elever forklaringer, men for mange gør slet ikke. De forklaringer der skrives rammer ofte ved siden af det væsentlige. I opgave 1b (sæt 1) for eksempel, diskuterer en del elever hvilken specifik varmekapacitet der skal anvendes for is, da den er temperaturafhængig. Men kun ganske få kommenterer varmeudveksling med omgivelserne.
I spørgsmål 3b (sæt 1) er det et eksplicit krav i opgaveteksten, at eleverne skal kommentere antagelser. Forsvindende få anfører her rimelige begrundelser. En skriver for eksempel, at det nok tager mere end 88 døgn, da det tager længere tid at henfalde i vand. Fagligt meningsløse begrundelser tæller ikke positivt.
I forbindelse med regressionen i spørgsmål 4b (sæt 1), bør valget af matematisk model kommenteres. Eleverne kan i denne opgave ikke vælge en fagligt velbegrundet (og kendt) model, med det forventes, at de skriver, at modellen alene tjener til at kunne bestemme en momentanacceleration ud fra den i opgaven anførte tabel.

Brug af illustrationer
I takt med, at næsten alle elever afleverer besvarelser fra computere, er antallet af illustrationer til de enkelte spørgsmål i besvarelsen faldet drastisk. I de fleste tilfælde er det kun et mindre problem, men i årets spørgsmål 4b (sæt 1) ville mange elever have haft glæde af at tegne et klassisk kraftdiagram. Det hører med til den rigtig gode præstation, at den er ledsaget af relevante, forklarende illustrationer. En del har sikkert lavet det ”i hånden” uden at det optræder i den afleverede besvarelse, men alt for mange går galt i byen, fordi de alene i tekst forklarer sig ud af kraftanalysen.

Et eksempel på et vellykket diagram:



Brugen af CAS-værktøjer

En stående diskussion er brugen af IT-værktøjer. Det forventes, at besvarelsen fremstår læselig og i klart sprog, samt at almindelige regler for brug af symboler for fysiske størrelser samt deres enheder følges. Det er vanskeligt at afgøre, om problemerne er større med ét værktøj frem for ét andet. I det følgende er to eksempler fra Maple.

Første fra en elev, som indfrier forventningerne til fremstilling:

Opgave 1

a

Strømforsyningens effekt $P := 425\,\mathrm{W} = 425\ \mathrm{W}$
Spændingsfaldet over jernrøret: $U := 1.13\,\mathrm{V} = 1.13\ \mathrm{V}$

Effekt kan udtrykkes som spænding gange strømstyrke, hvilket er ensbetydende med, at strømstyrke er effekt divideret med spænding:

$$P = U \cdot I \Leftrightarrow I = \frac{P}{U} = \mathrm{I} = \frac{376.1061947\ \mathrm{W}}{\mathrm{V}} \overset{\text{simplify}}{=} \mathrm{I} = 376.1061947\ \mathrm{A} \approx 376\ A$$

Strømstyrken i jernrøret under optøningen er 376 A.

Og så et eksempel, der er for kortfattet:

Opgave 1

a

$$\frac{425\ \mathrm{W}}{1.13\ \mathrm{V}} = \frac{376.1061947\ \mathrm{W}}{\mathrm{V}} \overset{\text{simplify}}{=} 376.1061947\ \mathrm{A}$$

Dvs. størmstyrken er 376.106 A

Mange elever, som benytter Maple (og andre IT-værktøjer), lader værktøjet tage kontrollen over fremstillingen. Lange maskinudledninger, som ikke tilfører fremstillingen nogen kvalitet, er det bedre at udelade. Her er en del af en besvarelse af spørgsmål 5c i sæt 1:

$$0 = -\frac{1}{2}\cdot 9.82\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\cdot t^2 + 39\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\cdot \sin\left(\arcsin\left(\sqrt{2}\sqrt{\frac{9.82\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\cdot 40\,\mathrm{cm}}{\left(39\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2}}\right)\right)\cdot t \xrightarrow{\text{solve for t}}$$

$$\left[[t = 0.],\ \left[t = \frac{5.708463721\sqrt{\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\ \mathrm{cm}}}{\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}}\right]\right]$$

$$t = \frac{5.708463721\sqrt{\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\ \mathrm{cm}}}{\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}} \xrightarrow{\text{simplify symbolic}} 0.5708463721\ \mathrm{s}$$

Det tager 0.57 sekunder før bolden rør jorden igen. Denne tid sættes ind i funktion for længden

$$x = 39\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\cdot \cos\left(\arcsin\left(\sqrt{2}\sqrt{\frac{9.82\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\cdot 40\,\mathrm{cm}}{\left(39\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2}}\right)\right)\cdot 0.5708463721\,\mathrm{s}$$

$$\xrightarrow{\text{simplify symbolic}} x = 22.20543960\ \mathrm{m}$$

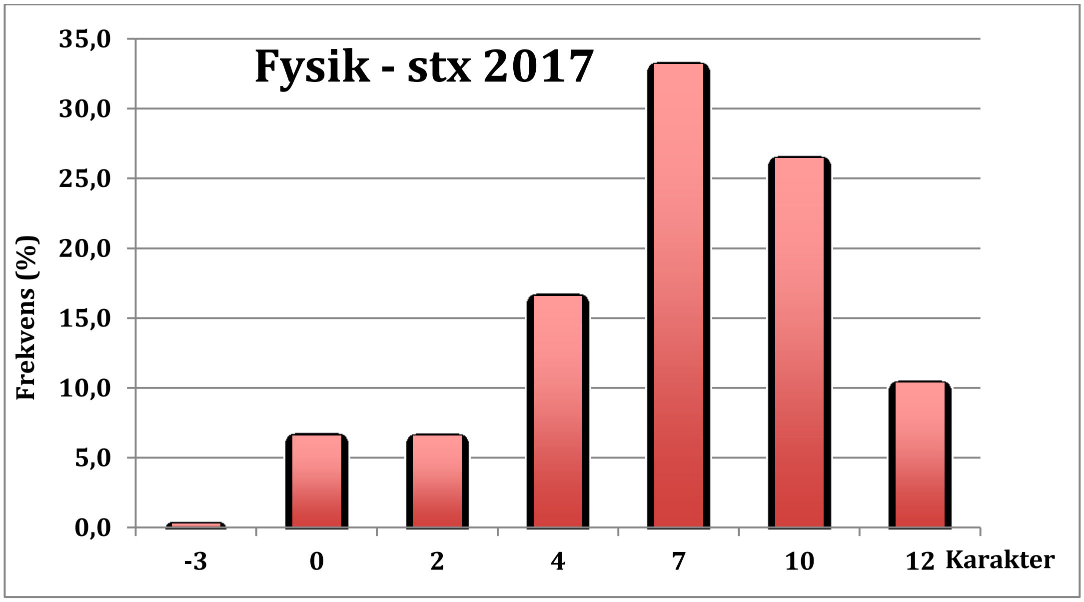
Bolden ryger 22.21 meter

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 1287 eksaminander til prøve i sæt 1 mens 679 eksaminander var til prøve i sæt 2. I nedenstående tabeller mangler 19 karakterer.

Karakterer	**-3**	**00**	**02**	**4**	**7**	**10**	**12**	**I alt**
Antal	5	128	128	323	646	516	201	1947
Frekvenser	0,3	6,6	6,6	16,6	33,2	26,5	10,3	100

Karaktergennemsnittet blev 7,00.



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 7,3, mens pigerne i gennemsnit fik 6,4.

Sæt 1

Karakterer	-3	00	02	4	7	10	12	I alt
Antal	1	70	75	210	428	378	123	1285
Frekvenser	0,1	5,4	5,8	16,3	33,3	29,4	9,6	100

Karaktergennemsnittet for disse eksaminander blev 7,2.

Sæt 2

Karakterer	-3	00	02	4	7	10	12	I alt
Antal	4	58	53	113	218	138	78	662
Frekvenser	0,6	8,8	8,0	17,1	32,9	20,8	11,8	100

Karaktergennemsnittet for disse eksaminander blev 6,6.

7. Afsluttende bemærkninger

Der har i 10 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