EVALUERING AF

DEN SKRIFTLIGE PRØVE I FYSIK (STX), MAJ-JUNI 2011

1. Indledende bemærkninger

Ved den skriftlige prøve i fysik (stx) sommeren 2011 er der stillet to opgavesæt, som er tilgængelig på ministeriets hjemmeside. Sættene er mærket 1STX111-FYS/A-19052011 og 2STX111-FYS/A-27052011 og findes på adressen
http://www.uvm.dk/Uddannelse/Gymnasiale%20uddannelser/Proever%20og%20eksamen/Tidligere%20skriftlige%20opgavesaet%20stx%20og%20hf.aspx
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 Gert Hansen (formand), Kim Bertelsen, Nils Kruse og Frank Borum. Fagkonsulent Martin Schmidt har været tilknyttet opgavekommissionen.

Begge opgavesæt indeholdt 15 spørgsmål, herunder opgaver indenfor emnet *Fysik i det 21. århundrede*, som i år omhandler ”De dynamiske stjerner”. I sæt 1 drejer det sig om opgave 3 *Proxima Centauri*, mens det i sæt 2 er opgave 3 *Nattehimlens klareste stjerne* og opgave 6. *Eridani B*. Også i skoleåret 2011-12 vil emnet for *Fysik i det 21. århundrede* være ”De dynamiske stjerner”.

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 næsten 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 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

1018 elever var til eksamen i dette sæt. Censorer vurderede jf. skalaen ovenfor i alt 12 spørgsmål i sæt 1 til 1,0 eller derover, mens 3 lå mellem 0 og 1. Gennemsnittet af censorernes vurdering af sæt 1 er 1,3. Den bedste vurdering fik spørgsmålene 2b (1,9) og 4b (1,8), mens 3a (0,8) og 7a (0,8) fik den laveste vurdering.

1. Gravity Probe-B

Spørgsmål 1a (Elevscore: 9,4) En simpel beregning af et tidsrum ud fra omsat energi og effekt. Klares fint af de fleste, enkelte har problemer med brøkregningen.

Spørgsmål 1b (Elevscore: 8,2)
Som elevscoren viser, kommer de fleste elever også fint igennem her. Langt de fleste kender den relevante formel, det kan så knibe med at omregne enhederne korrekt. Eksemplet til højre viser et eksempel på dette.

$$c := 2.1 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{\_J}{\_gm \cdot \_ {}^{\circ}K} \right)$$

Det er afgørende at læse opgavens ordlyd omhyggeligt.
Ikke så sjældent overser eleven tilsyneladende beregningen af, hvor lang tid He-beholdningen kunne række. Enkelte ser ikke kommaet i temperaturerne og får ΔT = 12 K.

2. Radioaktivt sporstof

Spørgsmål 2a (Elevscore: 7,8)
Til at opstille et reaktionsskema hører en angivelse af nukleontal og ladning for de indgående partikler. Her skal man kende henfaldsformen *elektronindfangning* og bestemme den rigtige moderkerne. En hyppig fejl består i, at Rb-82 opfattes som moderkernen i den ønskede reaktion.
Forklaring til reaktionsskemaet kan indeholde henvisninger til bevarelseslove og opslag i Databog og/eller kernekort. Til højre ses et eksempel på en besvarelse med en anden vej til en god forklaring.

”Jeg opstiller et reaktionsskema for dannelse af Rubidium-82, dette gør jeg ud fra oplysningen om at isotopgeneratoren indeholder et stof, der henfalder til Rubidium-82 ved elektronindfangning:

$$^{A}_{Z}X + {}^{0}_{-1}e \rightarrow {}^{A}_{(z-1)}Y + \nu$$

Her er X moderkernen, som jeg skal finde, og Y er datterkernen som så er Rubidium-82, og ν er en neutrino.

$$^{82}_{38}Sr + {}^{0}_{-1}e \rightarrow {}^{82}_{37}Rb + \nu$$

Reaktionsskemaet for dannelsen af Rubidium-82 er nu opstillet.

Spørgsmål 2b (Elevscore: 4,5)
De fleste elever kan se, at der er brug for henfaldsloven og kommer et stykke vej mod en korrekt besvarelse. Men mange er ikke opmærksom på, at halveringstiden er kort i forhold til opgavens

tidsrum på 4,0 minutter, og udregner blot A(0 m)·Δt eller A(4,0 m) ·Δt, hvilket ses som en alvorlig fejl. En del besvarelser vidner om en meget usikker forståelse af begreberne A og N, fx fortolkes N(4 min.) fejlagtigt som antal henfald i løbet af 4 min. Ikke helt uventet giver enhederne vanskeligheder for enkelte elever, hvoraf nogle opfatter Databogens 1,26 m som 1,26 måneder.
I de fleste korrekte besvarelser beregner eleverne N(0) – N(4 min.), mens andre elegant finder integralet med deres CAS-værktøj, fx:

$$\int_{0\cdot\_min}^{4\cdot\_min} \left(1.48\cdot10^{9}\cdot\_s^{-1}\cdot(0.5)^{\frac{x}{1.26\cdot\_min}}\right) dx$$

Også her kan enhederne drille.

3. Proxima Centauri

Spørgsmål 3a (Elevscore: 8,9)
Dette er en simpel opgave, hvor langt de fleste finder den rigtige formel og indsætter korrekt. Censorerne noterer sig, at antallet af cifre kan variere fra 1 til 6.

Spørgsmål 3b (Elevscore: 7,9)
Også dette spørgsmål klares fint af rigtig mange. Alene kompleksiteten i beregningerne giver dog lidt vanskeligheder, idet nogle glemmer at uddrage kvadratroden eller glemmer eksponenten i T^4, ligesom de mange 10'er potenser giver anledning til forkerte resultater. Man må i undervisningen opfordre til, at eleverne forholder sig til de opnåede resultater, sådan at en beregning ikke afsluttes med denne sætning: ”Da radius ikke kan være negativ, må radius af Proxima Centauri være r = 0,34898 ≈ 0,349 m^2”.

Spørgsmål 3c (Elevscore: 6,2)
Man skal her sætte den samlede kraft i cirkelbevægelsen lig med gravitationskraften fra dobbeltstjernen, indsætte værdier i korrekte enheder og beregne omløbstiden. Dette håndterer mange elever fint fx med brug af en SOLVE-kommando. Enkelte pointerer undervejs i beregningerne, at massen af Proxima Centauri udgår af beregningerne, hvilket giver et godt indtryk hos censorerne.
Censorerne giver ikke fuldt pointtal, hvis der blot uden yderligere forklaring indsættes i en formel som

$$\frac{r^3}{T^2} = \frac{G \cdot M}{4 \cdot \pi^2}$$

Nogle elever lægger helt unødvendigt radius for Proxima Centauri til de 0,18 lysår for at bestemme r, uden at tænke over størrelsesforholdene i situationen.
Kun få elever har overblikket til at give en fuldt tilfredsstillende forklaring. Nedenfor ses et typisk eksempel på en godt forsøgt, men ikke fejlfri forklaring:

c. Hvor mange år er Proxima Centauris omløbstid om stjernen?
Vi forudsætter at de 0.18 lysår er til centrum af dobbeltstjernen
Her skal vi bruge centripetal og centrifugal kraften. Vi kan sætte de 2 krafter lig med hinanden da Proxima Centauris (PC fra nu af) bevæger sig i en jævn cirkelbevægelse omkring dobbeltstjernen. Centrifugalkraften er da defineret således

$$F_f = A_f * m_{dobbelt}$$

denne kraft er da lig med den tyngdekraft som dobbeltstjernen udøver på PC altså

$$F_f = G * \frac{m_{PC} * m_{dobbelt}}{r^2}$$

centripetalkraften, er defineret ved

$$F_c = m_{PC} * \frac{v^2}{r}$$

som tidligere nævnt kan vi sætte de 2 lig med hinanden da den resulterende kraft i cirkelbevægelse er 0 altså

$$m_{PC} * \frac{v^2}{r} = G * \frac{m_{PC} * m_{dobbelt}}{r^2}$$

vi kan se at massen for PC går ud, og skal derfor nu isolere v for at finde hastigheden

Trods misforståelsen omkring den resulterende kraft, får denne elev flere point hos censorerne end den, som slet ingen forklaring giver.

4. Kanonkonge

Spørgsmål 4a (Elevscore: 5,3)
Som elevscoren viser, var denne standardproblemstilling tydeligvis vanskelig for mange. I den gode besvarelse forudsættes eksplicit, at bevægelsen sker med konstant acceleration, hvorefter en kendt formel for sammenhængen mellem v, v_0, Δs og a anvendes.
Det er skuffende, at mange først bestemmer tiden: $\Delta t = \frac{\Delta s}{v}$ uden at tænke over denne formels forudsætninger og dernæst beregner accelerationen: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$.

Spørgsmål 4b (Elevscore: 5,5)
Dette er typisk eksempel på et skråt kast, hvilket langt de fleste elever kan se. Alt for få bemærker dog, at luftmodstanden må forudsættes at være uden betydning, de færreste kommenterer rimeligheden i denne forudsætning. Nogle bruger en færdig formel for sammenhængen mellem x og y i parabelbanen, hvilket er helt i orden, hvis der argumenteres for formlens gyldighed. De fleste gode besvarelser bruger bevægelsesligningerne som funktion af tiden for højden og den vandrette afstand til først at beregne kastets varighed Δt og dernæst kastevidden Δx.
En del elever griber uden argumentation til en kendt formel for kastevidden.

$$x_{max} = \frac{v_0^2}{g} * \sin{(2 * \alpha)}$$

Det fører oftest til en næsten værdiløs besvarelse, selvom nogle, ofte lidt ubehjælpsomt, forsøger at tage højde for, at landingen sker 3,2 meter under kanonens munding.
Alt for få besvarelser af dette spørgsmål ledsages af en figur, hvilket ellers ville give god og naturlig hjælp til forklaringen og måske en vej til løsningen af problemet. Tilsyneladende er det især i besvarelser formuleret med et IT-værktøj, hvor eleven sjældent tegner figurer – måske fordi det er besværligt at tegne via PC'en. En udmærket udvej ville her være at tegne en figur med lineal og blyant.

5. Automatisk parkeringskælder

Spørgsmål 5a (Elevscore: 9,6)
Dette er ikke uventet sættets letteste spørgsmål. Censorerne holder øje med, at der afrundes korrekt – ikke så få leverer facit med 5 cifre.
Man får ikke fuldt pointhøst hos censorerne, hvis man lidt unøjagtigt bruger g = 9,807 m/s^2 indbygget i IT-værktøjet.

Spørgsmål 5b (Elevscore: 6,2)
De fleste elever bestemmer udmærket afstanden ved at tælle tern mellem grafen og førsteaksen, idet hvert tern svarer til 0,2 m, enkelte elever går uden videre ud fra at et tern svarer til 1 m. Oftest gives ingen forklaring til denne fremgangsmåde fx ved henvisning til $\Delta s = \int v \, \mathrm{d}t$.
Nogle benytter de kendte formler fra kinematikken til at beregne strækningen for hver af de tre faser i bevægelsen. Det er en besværlig fremgangsmåde, men helt ok, hvis det lykkes.
Det er vigtigt, at man er omhyggelig med graftolkningen, som er udgangspunktet for løsningen af opgaven. Ikke så få misforstår grafen og tror, at platformen er helt nede ved 3,6 s, holder stille indtil 9,1 s og endelig bevæger sig op igen indtil 11,4 s. Det er omvendt karakteristisk for de gode og overbevisende besvarelser, at de rummer en tekst med en klar fysisk beskrivelse af platformens bevægelse.

Spørgsmål 5c (Elevscore: 3,8)
Dette viste sig at være sættets sværeste spørgsmål. Allerede bestemmelse af a(10 s) volder problemer for nogle, idet man bruger $a = \frac{v(10\ \mathrm{s})}{10\ \mathrm{s}}$ i stedet for $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$. Enkelte opdager slet ikke nødvendigheden af denne beregning, idet de tilsyneladende forudsætter at a = 0.
Samtidig skal man lave en simpel kraftanalyse, hvor det stærkt anbefales at tegne en figur, specielt for at klargøre kræfternes retning, men også som et væsentligt bidrag til den nødvendige forklaring. Mange ser slet ikke behovet for en kraftanalyse, idet de sætter lighedstegn mellem den samlede kraft og kraften fra kæderne.

6. Nære galakser

Spørgsmål 6a (Elevscore: 9,3)
Stort set alle elever kender den relevante formel og beregner korrekt den ønskede fart. De særligt omhyggelige elever anvender lysets fart med et antal cifre der passer til oplysningen z = 0,03005 i opgaven.

Spørgsmål 6b (Elevscore: 6,2)
Dette spørgsmål lægger klart op til at foretage en lineær regression, hvilket mange da også gennemfører. De fleste heraf kommer fint igennem databehandlingen ved at undersøge sammenhængen mellem afstand og rødforskydning, og umiddelbart bestemme Hubble konstanten herfra. Nogle undersøger sammenhængen mellem afstand og bølgelængde, hvilket giver vanskeligheder med fortolkningen af regressionen og udledning af H_0.

Uanset hvilket IT-værktøj, der anvendes, skal databehandlingen herunder graf og bedste rette linje dokumenteres og rimeligheden i den valgte regression skal kommenteres fx ved henvisning til en formel.

Nogle elever gennemfører databehandlingen ved at beregne v for hvert datapunkt og bestemme H_0 ud fra et gennemsnit. Dette anses ikke for en fuldt tilfredsstillende metode.

Here ses et godt forsøg på at give forklaring:

b) Jeg regner farten væk fra os v i excel vha.

$$z = \frac{\lambda_{obs} - \lambda_{lab}}{\lambda_{lab}}$$

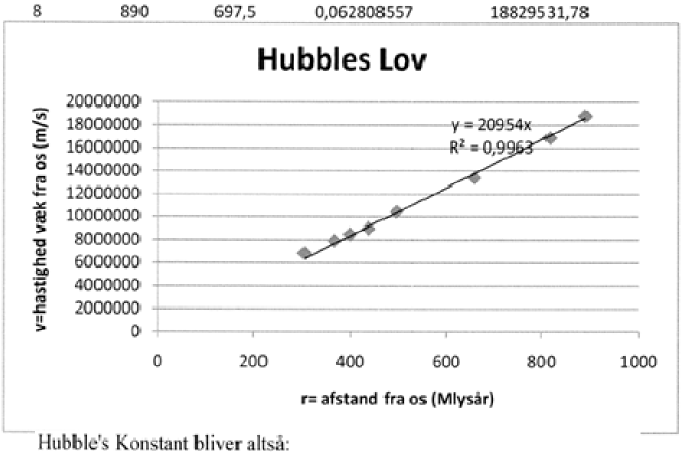
$$\Downarrow\ v = z = \frac{\lambda_{obs} - \lambda_{lab}}{\lambda_{lab}} * c$$

Så laver jeg en graf over hastigheden v som funktion af afstanden til galaksen r. Og hubbles konstant vil da være hældningskoefficienten.

I følge Hubbles lov vil der være ligefremproportionalitet mellem hastigheden og afstanden. med Hubbles konstant som proportionalitetsfaktor.

$$v = H * r$$

Galakse	r/Mly	lambda/nm	rødforskydning	hastighed v (m/s)
1	304	671,2	0,022734199	6815541,344
2	367	673,6	0,026391174	7911875,072
3	399	674,9	0,028372036	8505722,509
4	439	676	0,03004815	9008208,801
5	495	679,2	0,034924118	10469987,11
6	658	685,7	0,044828427	13439224,29
7	817	693,3	0,05640885	16910947,76
8	890	697,5	0,062808557	18829531,78



Side |

Hubble's Konstant bliver altså:

$$20954 \frac{\frac{m}{s}}{Mlysår} = 20{,}95 \frac{km}{s * Mlysår}$$

Man savner en kommentar til regressionen, og facit burde afrundes til færre cifre.

7. Armstrækninger

Spørgsmål 7a (Elevscore: 5,4)

Dette er en åben opgave, hvor eleverne selv skal tildele passende værdier til relevante fysiske størrelser og redegøre for de relevante antagelser. Dette forsøger rigtig mange elever faktisk også at gøre, hvilket peger på, at denne særlige opgavetype er velkendt for eleverne.

Besvarelsen håndteres lettest ved at se på ændringen i potentiel energi og antage en løftehøjde, en masse og et tidsrum. Til et fyldestgørende svar hører nogle overvejelser om størrelsen af den masse, der reelt løftes af armene eller en gennemsnitlig højde, som kroppen hæves fra gulvet. En del elever har ikke overblik over de relevante størrelser og inddrager fejlagtigt den kinetiske energi.

4. Censorernes bemærkninger til besvarelserne af sæt 2

771 elever var til eksamen i dette sæt. Censorerne vurderede jf. skalaen ovenfor i alt 13 spørgsmål i sæt 2 til 1,4 eller derover. Gennemsnittet af censorernes vurdering af sæt 1 er 1,5. Den bedste vurdering fik spørgsmålene 2a, 4a, 4b, 7a og 7b (1,8), mens 5b (1,0) og 6b (0,9) fik den laveste vurdering.

1. Solfanger

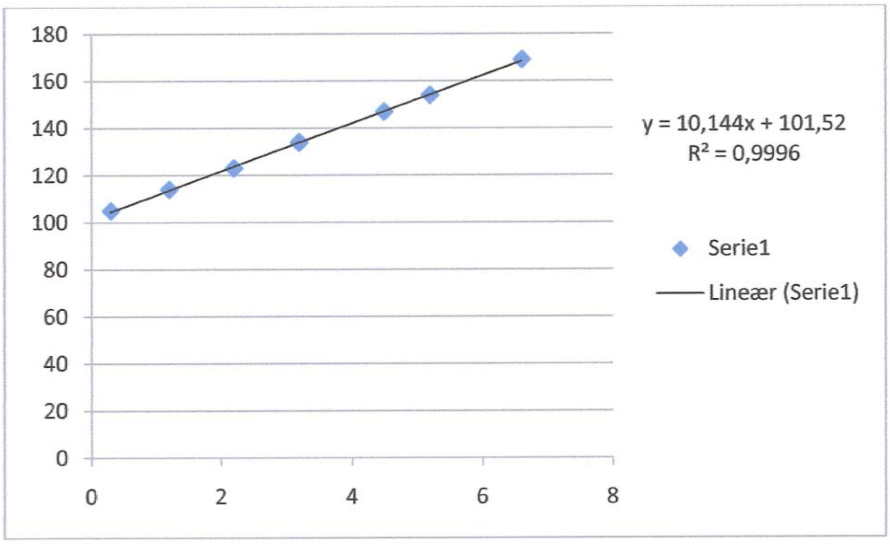
Spørgsmål 1a (Elevscore: 9,6)
En simpel anvendelse af Ohms lov, som klares fint af stort set alle elever.

Spørgsmål 1b (Elevscore: 8,1)
Beregningen af nyttevirkningen klares fint af langt de fleste. De typiske fejl består i manglende opmærksomhed eller regnefejl i forbindelse med enhederne.
Enheder giver ofte anledning til fejl, som ikke anses for uvæsentlige. Det er derfor vigtigt, at eleverne øves i opmærksomhed på enhederne og i sikker omregning til passende enheder. Det hører med til god forklaring, at enhedsomregninger fremgår klart af besvarelsen, enten ved at disse medtages i de opstillede formler eller ved anvendelse af et CAS-værktøj med integreret enhedsberegning.

2. Dykning i Det Røde Hav

Spørgsmål 2a (Elevscore: 7,7)
Mange elever finder at korrekt resultat ved at lave regression og fortolke skæringen med 2.-aksen som atmosfæretrykket. I den gode besvarelse argumenterer eleven eksplicit for relevansen af den valgte lineære model.
Det er bemærkelsesværdigt, at eleverne generelt her viser fin fortrolighed med anvendelse af forskellige IT-værktøjer, selv indenfor det samme hold.
En mindre gruppe elever får ingen eller kun få point. De kan tilsyneladende ikke analysere sig frem til at problemet løses ved anvendelse af en simpel lineær model på det viste datasæt.
Nedenfor ses et eksempel på en god besvarelse, hvor facit dog angives med for mange cifre.

> Her laver vi lineær regression på vores graf da vi arbejder ud fra den teoretiske formel: $p = \rho g h + B$, hvor $B = P_{atm}$, som også hedder barometerstanden. (Atmosfærens tryk på væskeoverfladen).



Ved at sætte x=0 i vores fundne ligning: $y = 10{,}144 \frac{kPa}{m} * x + 101{,}52\ kPa$. Finder vi trykket fra atmosfæren under dykket: $y = 10{,}144 \frac{kPa}{m} * 0 + 101{,}52\ kPa = 101{,}52\ kPa$. Dvs. at trykket fra atmosfæren under dykket bliver 101,52 kPa, som er 101520 Pa.

Spørgsmål 2b (Elevscore: 6,5)
Også dette spørgsmål besvarer mange elever ved en passende fortolkning af modellen fra spørgsmål 2a, idet vandets densitet bestemmes ud fra linjens hældningskoefficient.
Desværre vælger en del elever at bestemme densiteten ud fra kun et datapunkt, hvilket ikke er tilfredsstillende. Bedre, men heller ikke helt tilfredsstillende er det at bruge et gennemsnit for alle syv datapunkter. En grafisk analyse med en relevant, her lineær, model anses normalt for at være den optimale metode i håndteringen af et eksperimentelt datasæt. Enkelte elever reflekterer fornuftigt over tyngdeaccelerationen ved Det Røde Hav.
Overraskende mange elever har problemer med enhederne, og regner en faktor 1000 forkert. Samme elev som ovenfor viser et typisk eksempel på en ellers hæderlig besvarelse:

Vi har vores ligning fra før: $y = 10{,}144 \frac{kPa}{m} * x + 101{,}52\ kPa$. Her er $10{,}144 \frac{kPa}{m} = \rho * g$, hvor g er tyngdeaccelerationen som er $9{,}82 \frac{m}{s^2}$. Derfor får vi: $10{,}144 \frac{kPa}{m} = \rho * 9{,}82 \frac{m}{s^2}$. Vi isolerer ρ: $\rho = \frac{10{,}144 \frac{kPa}{m}}{9{,}82 \frac{m}{s^2}} = 1{,}033 \frac{kg}{m^3}$. Enheden kræver en længere beregning, hvor man udnytter at $1\ Pa = 1 \frac{N}{m^2}$, og at $1\ N = kg * \frac{m}{s^2}$.

Dvs. vi nu har fundet densiteten af vandet i det røde hav til at være ca. $1{,}033 \frac{kg}{m^3}$.

3. Nattehimlens klareste stjerne

Spørgsmål 3a (Elevscore: 8,2)
Langt de fleste elever kender den relevante formel, og heraf anvender mange med succes en SOLVE-kommando til at beregne temperaturen.

En del elever har problemer med beregningerne som en manglende fjerde rod eller kvadrering af *r*, fejl som i sig selv er ubetydelige. Men når det fører til temperaturer for en stjernes overflade i størrelsesordenen 10^{15} K, skal det tænde en advarselslampe hos eksaminanden og afføde en kommentar. Mange elever fristes til at give et facit som 9590 K og tror tilsyneladende, at antallet af cifre her er tre. Et korrekt resultat bør skrives som fx $9{,}59 \cdot 10^3$ K.

4. Skydiving

Spørgsmål 4a (Elevscore: 6,7)
Her skal man ud fra en (*t*,*v*)-graf bestemme accelerationen ved hjælp af det vedlagte bilag, typisk ved at tegne en tangent. Den fuldstændige besvarelse indeholder en omhyggeligt placeret tangent med aflæsning af to punkter langt fra hinanden. Punkterne anvendes til beregning af accelerationen ud fra $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ med korrekte enheder. Som i eksemplet:

> På bilag 1 ses grafen for hastighedsfunktionen, hvor der ved $t = 5s$ er indtegnet en tangent til grafen sammen med to punkter på tangenten $P(v_1, t_1)$ og $Q(v_2, t_2)$, hvis koordinater ved

("…. Hældningen for tangenten bliver")

> $$a_{PQ} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{52m \cdot s^{-1} - 24m \cdot s^{-1}}{8{,}0s - 2{,}0s} = 4{,}6666 \frac{m \cdot s^{-1}}{s} = 4{,}7 \frac{m}{s^2}.$$
>
> Udspringerens acceleration til $t = 5s$ er altså cirka $4{,}7 \frac{m}{s^2}$.

Nogle elever vælger blot to punkter på grafen, fx: $a = \frac{40\,\frac{\text{m}}{\text{s}} - 35\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{5{,}5\text{ s} - 4{,}5\text{ s}}$,
hvilket er for upræcist og derfor ikke helt tilfredsstillende.

En del elever beregner uden videre den gennemsnitlige acceleration $a = \frac{37{,}5\frac{\text{m}}{\text{s}}}{5\text{s}}$,
hvilket er principielt forkert og derfor en væsentlig fejl.

Spørgsmål 4b (Elevscore: 5,9)
Her skal eleven gennemføre et væsentligt modelleringsarbejde, der omfatter fortolkning af arealet under grafen som Δs og en klar forståelse for luftmodstandens betydning for faldet gennem atmosfæren. De fleste finder arealet ved at "tælle tern" som i det fine eksempel nedenfor:

b) Ud fra sammenhænget (*) kan det desuden ses at:

$$s(t) = \int v(t)dt.$$

Dette må betyde, at den faldne strækning kan findes ved det bestemte integral til hastighedsfunktionen i et interval $[0, t_0]$. Da forskriften for hastighedsfunktionen stadig ikke er kendt, må svaret findes ved vurdering af hvornår arealet mellem grafen for funktionen og førsteaksen er lig $2000m$.

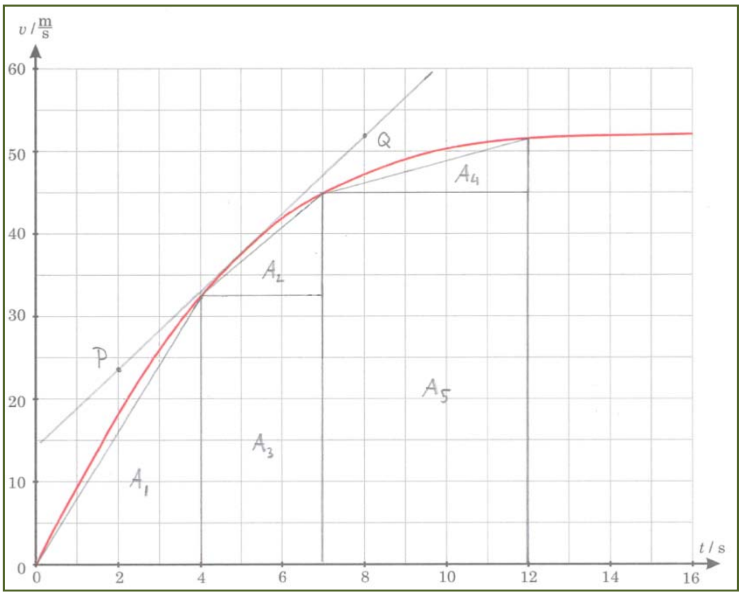
På bilag 1 kan det ses, at arealet under grafen i intervallet $[0,12s]$ er blevet opdelt i en række områder bestående af trekanter og rektangler med tilhørende arealer $A_1, A_2, \ldots, A_5$ samt en rest der vurderes til at udgøre arealet $3m$. Summen af arealerne for disse områder og resten er:

$$A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 = \frac{1}{2} \cdot 32\frac{m}{s} \cdot 4s + \frac{1}{2} \cdot 13\frac{m}{s} \cdot 3s + 32\frac{m}{s} \cdot 3s$$
$$+ \frac{1}{2} \cdot 7\frac{m}{s} \cdot 5s + 45\frac{m}{s} \cdot 5s + 3m = 425m.$$

I intervallet $[0,12s]$ falder udspringeren altså $425m$, og de resterende $1575m$ skal derfor findes i intervallet $[12s, t_0]$. Efter 12 sekunder er vindmodstanden på udspringerne blevet lig tyngdekraften, således at den resulterende kraft og accelerationen på ham er lig nul - efter 12 sekunder bevæger han sig altså med den konstante fart $v = 52\frac{m}{s}$. Heraf fås:

$$1575m = 52\frac{m}{s} \cdot (t_0 - 12s)$$
$$t_0 = \frac{1575m}{52\frac{m}{s}} + 12s = 42s.$$

Det tager altså udspringeren 42 sekunder at tilbagelægge 2000 meter før han skal udløse sin faldskærm.



Enkelte elever vælger at bestemme arealet med et CAS-værktøj ud fra en $v(t)$-funktion, tilpasset den viste graf, fx med et polynomium. Metoden kan være udmærket, men ikke alle er opmærksom på, at modellen nok ikke holder alle 2000 meter ned.

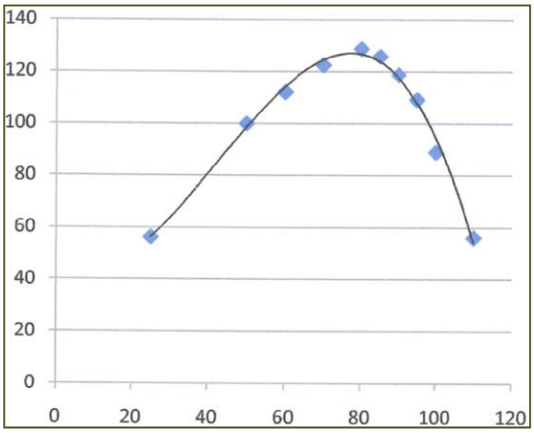
En typisk fejl er, at man anvender $\Delta s = \frac{1}{2} a \cdot t^2$ med accelerationen fra a) eller tyngdeaccelerationen. Dette viser en særdeles ringe forståelse af den fysiske situation, og giver meget få point hos censorerne.

5. Mikrobatteri

Spørgsmål 5a (Elevscore: 8,3)
Rigtig mange elever skriver korrekt reaktionsskemaet for henfaldet af ^{63}Ni og henviser til bevarelseslove for ladning og nukleontal som en del af forklaringen.
Det er vigtigt, at reaktionsskemaet indeholder både ladningstal og nukleontal, ligesom antineutrinoen er en væsentlig partikel i betahenfaldet. En elev skriver udmærket:

> Jeg finder grundstoffet Nikkel i det periodiske system og finder at atomnummeret er 28, derfor gælder $^{63}_{28}$Ni. Så slår jeg op i Databogen 11. udgave 2. oplag 2007 s.201 og finder ud af at $^{63}_{28}$Ni laver β^--henfald. Da der skal være nukleon, ladning, impuls, lepton og energibevarelse så ved jeg at reaktionsskemaet kommer til at se således ud:
> $$^{63}_{28}\mathrm{Ni} \rightarrow {}^{63}_{29}\mathrm{Cu} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e} + \bar{\nu}_e$$

Spørgsmål 5b (Elevscore: 4,9)
De fleste elever håndterer problemet ved at beregne den afsatte effekt for hvert datapunkt og vælge punktet med størst effekt. Kun få dokumenterer dette, som vist her til højre ved at tegne en graf, der viser effektens afhængighed af spændingsfaldet, hvilket ellers var en oplagt del af forklaringen til dette spørgsmål.
I opgaven skal man angive både den maksimale effekt og det dertil hørende spændingsfald, det overser en del elever og giver uheldigvis kun den ene del af facit.
Alt for mange elever er usikre i håndteringen af enhederne og har ikke et beredskab til korrekt omskrivning af enheden mV·nA.



Spørgsmål 5c (Elevscore: 2,2)
Her skal eleverne knytte en usædvanlig forbindelse mellem ladningen som udgør den elektriske strømstyrke og aktiviteten fra ^{63}Ni og derudfra bestemme massen af ^{63}Ni. Undervejs skal man benytte Databogen til bestemmelse af henfaldskonstanten. Det er kun få elever, som ser forbindelsen mellem disse begreber og giver en fuldstændig løsning.
Blandt de elever, som forsøger at løse opgaven, kommer en del fint igennem første skridt og finder en korrekt aktivitet – man skal huske elementarladningen og lave en korrekt procentberegning. Herfra kniber det med at bestemme antallet af kerner ud fra formlen $A = k \cdot N$, mens den endelige beregning af massen lykkes fint for de få, som når så langt i dette vanskelige spørgsmål.

6. Eridani B

Spørgsmål 6a (Elevscore: 9,0)
En simpel opgave, hvor stort set alle finder den rigtige bølgelængde.

Spørgsmål 6b (Elevscore: 5,3)
Beregning af tiden til belysning af teleskopet håndteres af de fleste elever ved skridtvis beregning af en række størrelser, som ender med det ønskede tidsrum, som denne elev:

effekt. Den udstrålede effekt findes først vha. Stefan-Boltzmanns lov:

$$L = A\cdot\sigma\cdot T_{eff}^4 = \left(4\cdot\pi\cdot\left(9.47\cdot10^6[\![m]\!]\right)^2\right)\cdot5.670\cdot10^{-8}\left[\!\!\left[\frac{W}{m^2\cdot K^4}\right]\!\!\right]\cdot\left(16.8\cdot10^3[\![K]\!]\right)^4$$

$$1.620242930\ 10^{24}\ \pi\ [\![W]\!] \qquad \textbf{(6.2.1)}$$

Af dette er der kun er brøkdel der rammer teleskopet, nemlig:
$[\![J]\!]$

$$\frac{0.2[\![m]\!]^2}{\left(4\cdot\pi\cdot\left(16.5[\![ly]\!]\right)^2\right)}$$

$$\frac{2.051883862\ 10^{-36}}{\pi} \qquad \textbf{(6.2.2)}$$

(6.2.1)·(6.2.2)

$$3.324550321\ 10^{-12}\ [\![W]\!] \qquad \textbf{(6.2.3)}$$

Denne effekt er så den energi der rammer teleskopet pr sekund, hvilket betyder at det er muligt at finde ud af hvornår lang tid dette skal foregå, før teleskopet modtaget energien $5.0\cdot10^{-8}$J:

$$solve\left(5.0\cdot10^{-8}[\![J]\!] = \textbf{(6.2.3)}\cdot x, x\right)$$

$$\frac{15039.62797\ [\![J]\!]}{[\![W]\!]} \qquad \textbf{(6.2.4)}$$

$$\xrightarrow{\text{replace units}}$$

$$250.6604662\ [\![\min]\!] \qquad \textbf{(6.2.5)}$$

Teleskopet skal altså pege mod Eridani B i ca. 250.7 minuter (ca. 4 timer), før at teleskopet kan registrerer stjernen.
Der antages at stjernen lyser lige meget i alle retninger, samt at intet af strålingen går tabt i hverken atmosfæren, eller undervejs.

Her gennemføres beregningerne med god forklaring undervejs og anvendelse af enhedshåndteringen i CAS-værktøjet, afsluttende med gode antagelser. Der sjuskes desværre med antallet af cifre til slut.
De enkelte skridt i beregningerne er ikke i sig selv vanskelige, men mængden af beregninger og de tilhørende enhedsomregninger gør, at en del elever ikke finder det rigtige resultat. Desværre er det kun få, der i den situation undrer sig over absurd korte eller lange tidsrum.

7. Båd for anker

Spørgsmål 7a (Elevscore: 8,1)
De fleste elever bruger formlen $P = F \cdot v$, idet enkelte kommenterer, at kraft og hastighed har samme retning. Nogle elever bruger $P = F \cdot v \cdot \cos(\theta)$, og finder desværre vinklen $\theta = 17°$ i bilaget til opgaven. Det er ellers en stærk opgavetradition at oplysningerne til at besvare et spørgsmål i en opgave findes i teksten før spørgsmålet.

Spørgsmål 7b (Elevscore: 6,6)
Mange elever kommer fint igennem dette spørgsmål, som vist her:

Størrelsen af opdriften på ankeret når det er helt under vand, kan så udregnes ud fra Archimedes' lov:

$F_{op} = \rho \cdot V \cdot g$

Hvor F_{op} er opdriften, ρ er vandets densitet og g er tyngdeaccelerationen. Det V (som er volumet af den fortrængte væske) ikke kendes, gør dette ikke noget, da V også kun udtrykkes ud fra massen (med kendskab til densisteten). Volumet af den fortrængte væske er jo lig volumet af ankeret:

$m = \rho_{anker} \cdot V \Leftrightarrow \frac{m}{\rho_{anker}}$

Størrelsen af opdriften er derfor:

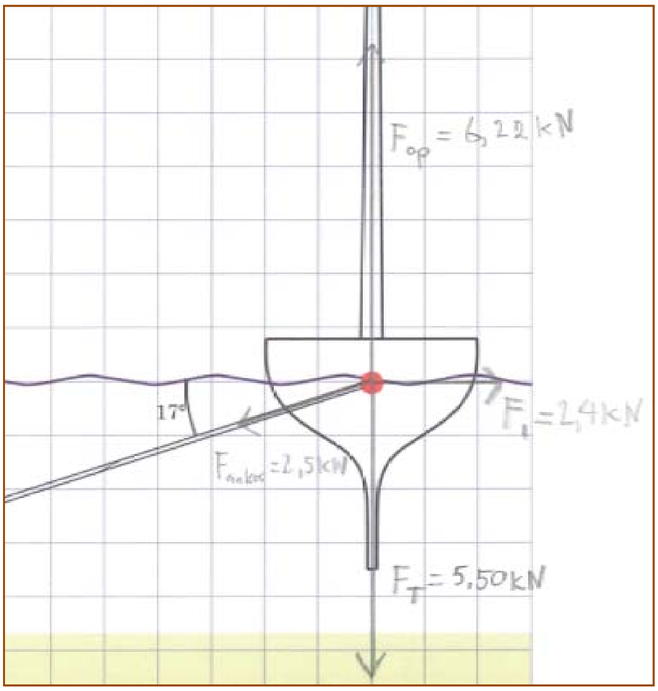
$$F_{op} = 998\left[\left[\frac{kg}{m^3}\right]\right] \cdot 9.82\left[\left[\frac{m}{s^2}\right]\right] \cdot \left(\frac{14.4[[kg]]}{2.698\left[\left[\frac{g}{cm^3}\right]\right]}\right) = 52.30733285\ [[N]]$$

Altså ca. 52.31N

Men en del elever er tilsyneladende ikke helt fortrolige med disse formler og har problemer med at vælge de rigtige densiteter. Det kan føre til at man bestemmer opdriften på ankeret i aluminium i stedet for i vand.
Det tæller positivt hos censorerne, når eleverne overvejer, om det er densiteten for ferskvand eller havvand, der skal bruges i opgaven.

Spørgsmål 7c (Elevscore: 5,1)
En kraftanalyse hører traditionelt til de vanskelige problemer i fysik. Det gælder også denne, hvor hele fire kræfter skal placeres korrekt i figuren. Mange elever er klar over, at den samlede kraft på båden skal være nul, men kan ikke tegne sig frem til kraftpile, som udligner hinanden.

Nogle elever griber til formler og begreber fra bevægelse på skråplan, hvilket fører til et meget dårligt resultat.
Figuren til højre viser en elev, som har forstået den fysiske situation og som med det fornødne overblik har tegnet fire pile med de rigtige retninger og længder, der er fundet ved trekantsberegninger.
Den tilhørende forklaring ses nedenfor.



c) I det følgende henvises til bilag 2. Kræfterne vil ikke blive behandlet vektorielt, men der ses blot på kræfternes bidrag i komposanter da det letter behandlingen. Opdriften på båden er givet på forhånd, og tyngdekraften på båden må være givet ved:

$$F_T = mg = 560kg \cdot 9{,}82\frac{m}{s^2} = 5499{,}2N = 5{,}50kN.$$

Siden båden ikke accelereres, skal den resulterende kraft på båden være lig nul i både lodret og vandret retning. Først ses på kræfternes komposanter i lodret retning. Siden kraften fra havstrømme og blæst kun virker i vandret retning fås:

$$F_{op} + F_T + F_{anker,y} = 0$$
$$F_{anker,y} = -F_{op} - F_T = -(-6{,}22kN) - 5{,}50kN = 0{,}72\ kN.$$

Dermed må den vandrette komposant fra kraften fra ankeret være givet ved:

$$\tan(17°) = \frac{F_{anker,y}}{F_{anker,x}}$$
$$F_{anker,x} = \frac{F_{anker,y}}{\tan(17°)} = \frac{0{,}72kN}{\tan(17°)} = 2{,}4kN.$$

Kraftens størrelse bliver:

$$F_{anker} = \sqrt{\left(F_{anker,x}\right)^2 + \left(F_{anker,y}\right)^2} = \sqrt{(0{,}72\ kN)^2 + (2{,}4kN)^2} = 2{,}5kN.$$

Denne kan ses indtegnet på bilaget. Da den resulterende kraft i vandret retning ligeledes skal være lig nul kan det let ræsonneres at $F_1 = F_{anker,x}$. Denne kan også ses indtegnet på bilaget.

Bemærk, at eleven følger den gode strategi at se på kræfterne i lodret og vandret retning hver for sig.

5. Generelle bemærkninger til besvarelserne

Elevernes forklaring

En fyldestgørende besvarelse skal indeholde en forklarende tekst, som angiver tankegangen bag den valgte løsning samt relevante antagelser, som eleven med den valgte model gør undervejs. Som minimum skal man angive en formel, hvor de indgående størrelser er identificeret, fx $\Delta E = P \cdot \Delta t$ og ikke enheder som: J = W·s. I formlen indsættes tallene med enheder, hvorefter et facit beregnes med et passende antal cifre.

Nogle elever bruger tid på helt eller delvist at skrive opgavens formulering ind i besvarelsen. Det må man bestemt råde eleverne fra. I stedet vil det være en god ide i kort form at uddrage den vigtigste information i opgaveteksten som fx fysiske størrelser, en formel og dennes forudsætninger mv. I sæt 2 opgave 7c kan man opsummere således:

> Vi har en kraft i samme retning som ankertovet F_{anker}, en vandret kraft fra vind og strøm F_{hav}, en tyngdekraft $F_{tyngde} = m \cdot g$ lodret nedad og opdrift $F_{opdrift}$ lodret opad.

Løsningen af et problem kan også udmærket indledes med en henvisning til den relevante lovmæssighed, fx ”Bølgelængden for intensitetsfordelingens maksimum findes vha. Wiens forskydningslov”. Her følger eksempler på relevante antagelser fra elevernes besvarelser.

Sæt 1, *Gravity Probe-B*, b):

> Det antages, at hele den tilførte energi går til opvarmning af heliumbeholdningen, og der ses bort fra varmetab til omgivelserne.

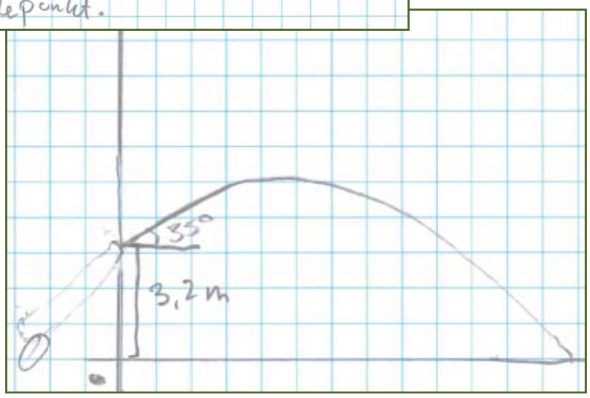
eller noget upræcist:

> Det antages, at det er et isoleret system

Sæt 1, *Kanonkonge*, b)[1]:

> Vi antager luftmodstanden er ikke er til Stede og at kanonkongen blot er en et punkt med centrum i hans tyngdepunkt.

Samme elev har lavet en figur til *Kanonkonge*, ikke så prangende, men de vigtigste forhold i problemet er illustreret:

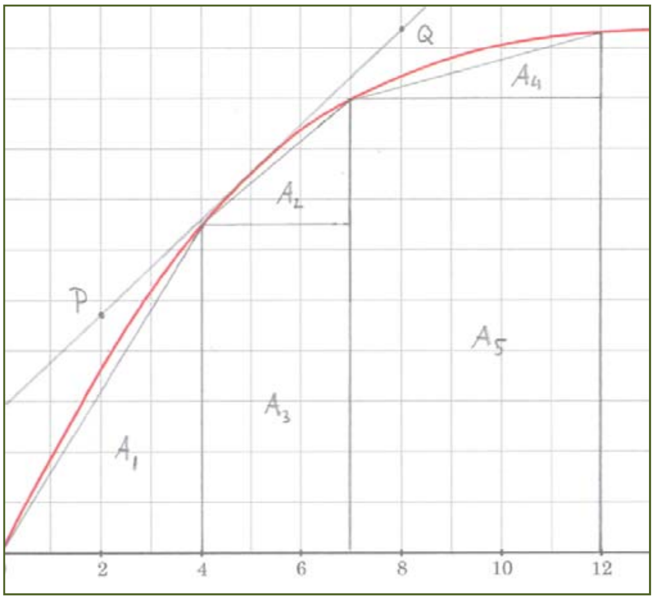


[1] Der vises kun få eksempler fra håndskrevne elevbesvarelser. Ikke fordi kvaliteten af disse besvarelser er dårlig, men fordi de PC-baserede er mere læsevenlige i kopi.

Sæt 2, *Eridani B*, b):

Der antages at stjernen lyser lige meget i alle retninger, samt at intet af strålingen går tabt i hverken atmosfæren, eller undervejs.

Det anbefales varmt at bruge bilaget som her, hvor en elev viser tangenten til t = 5,0 s samt illustrerer bestemmelsen af den tilbagelagte strækning i *Skydiving* fra sæt 2:



Brugen af CAS-værktøjer

Der er mange udmærkede besvarelser med gode forklaringer i forbindelse med brug af CAS-værktøjer, hvoraf nogle bruger lommeregnere, mens de fleste anvender PC-baserede værktøjer som TI-Nspire, TI-Interactive, Maple eller MathCad. Næsten alle elever anvender CAS i en eller anden udstrækning, og der er klar vækst i rene PC-baserede besvarelser.
Eleverne behersker generelt de vigtigste værktøjer som SOLVE, regression mv. Nogle CAS-værktøjer kan også hjælpe med håndtering af enheder, men nogle elever behersker ikke teknikken, hvilket desværre kan resultere i meget mangelfulde og næsten uforståelige beregninger.
Samlet set giver en konsekvent brug af et CAS-værktøj i en klasse færre fejl, også hos de svage elever. Det anbefales varmt at træne eleverne i at udnytte CAS-værktøjernes muligheder. Dermed undgår eleverne nogle af de trivielle regnefejl med enheder og præfikser samt banale regnefejl.

Som en del af arbejdet med *Ny skriftlighed* bør eleverne opnå en genrebevidsthed og lære korrekt fagsprog, herunder krav til dokumentation af besvarelsen. Der er stadig stor variation i kvaliteten af besvarelser med CAS-værktøjer – ofte markant fra det ene hold til det andet. Det må være et væsentligt led i arbejdet med de skriftlige opgaver, at eleverne undervises i den korrekte brug af CAS-værktøjet i besvarelsen af fysikopgaver, ikke mindst for PC-baserede værktøjer. Eleverne skal i det daglige trænes i, at det indbyggede maskinsprog ikke kan stå alene, men skal suppleres med indledning, forklaring med formler og konklusion – alt sammen formuleret i normal faglig terminologi. For eksempel er det en uskik, at skrive 10'er potenser som 7E-5 eller 7*10^-5 i stedet for $7 \cdot 10^{-5}$.
Især med de PC-baserede CAS-værktøjer er eleverne fristede til at overlade for meget til maskineriet.
Fx kan beregningen til højre ikke stå alene $\boxed{solve(5{,}40 = 2{,}1 \cdot m \cdot (1{,}838 - 1{,}826), m)}$

Nedenfor ses et eksempel, hvor en elev undlader at formidle den anvendte model, men blot indsætter en formel i SOLVE samt ikke bruger korrekt notation. Selv om opgaven er korrekt løst, kan den derfor ikke give fuldt pointtal.

> Denne stjernen udfører en jævn cirkelbevægelse omkring en dobbeltstjerne med følgende masse
>
> $m := 4.01e30 \cdot \_kg$
>
> Afstanden fra dobbelt stjernen til Proxima Centauri er 0.18 ltyr.
>
> $r := 0.18 \cdot \_ltyr \quad 1.7029e15 \cdot \_m$
>
> Jeg skal nu bestemme, hvor mange år Proxima Centauri er om at foretage et omløb.
> Jeg bruger nu Newtons gravitationslov til at udregne omløbstiden, med følgende ligning.
>
> $\mathrm{solve}\left(\frac{r^3}{T^2} = \frac{\_Gc \cdot m}{4 \cdot \pi^2}, T\right) \mid t > 0 \qquad t = 2.69925e13 \cdot \_s$
>
> $t := 2.69925e13 \cdot \_s \; t \blacktriangleright \_yr \qquad 8.55e5 \cdot \_yr$
>
> Altså tager et omløb 8.55e5 år.

En regression skal altid ledsages af en begrundelse for valget af metode samt af en kommentar til resultatet i relation til de givne data. I en PC-baseret besvarelse er det ligetil at dokumentere resultaterne med en graf med datapunkter og regression. Mange af de elever, som skriver i hånden, bruger også PC til databehandlingen og dokumentationen – plotning på mm-papir ses næsten ikke mere. I teksten ovenfor ses under *Nære galakser* og *Dykning i det røde hav* eksempler på god forklaring til regressionen.

Alt for ofte stoler de lidt svagere elever for meget på de resultater, der kommer ud af CAS-værktøjet. Hvis eleverne lærer at inkludere enhederne i CAS-værktøjets beregninger, kan de samtidigt lære at finde mange regnefejl, når de ser om resultatet har den rigtige enhed. Omvendt ser man andre gange forkerte beregninger helt uden dokumentation, hvor det er umuligt at følge tankegangen i besvarelsen, der derfor vurderes som meget utilfredsstillende.

Især når en besvarelse fremstilles i et PC-værktøj, undlader eksaminanden ofte at tegne de nødvendige ledsagende figurer. Her kan det være nødvendigt og praktisk at ty til en lavteknologisk håndtegnet figur til støtte for forklaringen til løsningen af opgaven.

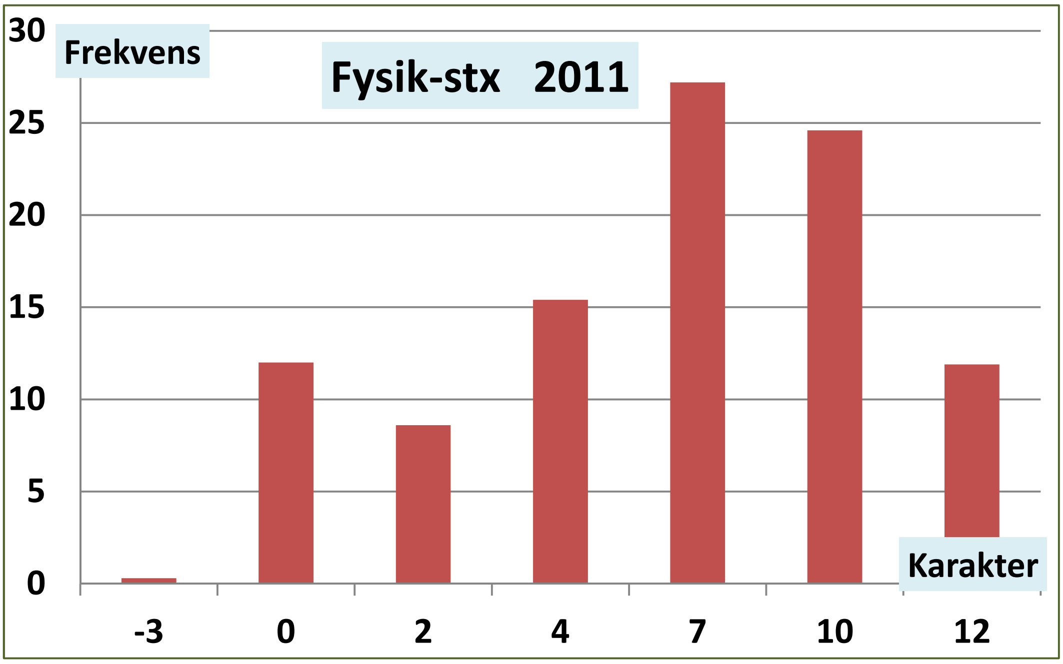
6. Foreløbig statistik

På censormødet foretages en opgørelse af resultaterne, som er sammenfattet i nedenstående statistik på basis af holdene i det almene gymnasium. I alt var 1018 eksaminander til prøve i sæt 1 mens 771 eksaminander var til prøve i sæt 2. Statistikken er foreløbig, idet den officielle statistik, som fremstilles af UNI•C, først kommer senere på året.

Alle

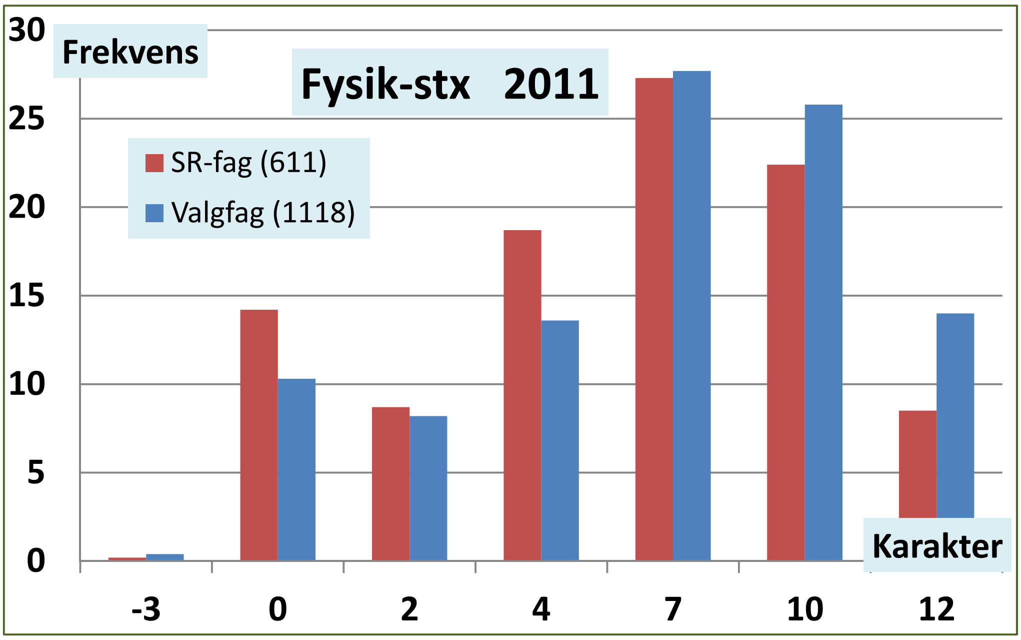
Karakterer	**-3**	**0**	**2**	**4**	**7**	**10**	**12**	**I alt**
Antal	5	201	143	261	469	416	210	1705
Frekvenser	0,3	11,8	8,4	15,3	27,5	24,4	12,3	100

Karaktergennemsnittet for disse eksaminander blev 6,61.



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 7,2, mens pigerne i gennemsnit fik 5,8.

Nedenfor er vist en karakteropgørelse opdelt på valghold fra B- til A-niveau (1054 eksaminander) og på treårige studieretningshold med fysik-A (606 eksaminander). Fordelingen ses i diagrammet:



I år klarede valgholdene sig bedst med karaktergennemsnittet 6,9, mens det for studieretningsholdene var 6,1. Statistikken for 2010 viste omvendt, at studieretningsholdene klarede sig lige så godt som valgholdene til den skriftlige prøve.

Som de følgende tabeller viser, var resultaterne i år fra de to sæt gennemsnitligt meget ens.

Sæt 1

Karakterer	-3	0	2	4	7	10	12	I alt
Antal	2	121	87	166	258	260	116	1010
Frekvenser	0,2	12	8,6	16,4	25,5	25,7	11,5	100

Karaktergennemsnittet for disse eksaminander blev 6,56.

Sæt 2

Karakterer	-3	0	2	4	7	10	12	I alt
Antal	3	80	56	95	211	156	94	695
Frekvenser	0,4	11,5	8,1	13,7	30,4	22,4	13,5	100

Karaktergennemsnittet for disse eksaminander blev 6,69.

7. Afsluttende bemærkninger

Der har nu fire år været afholdt ordinær skriftlig prøve i fysik efter reformen, og dermed findes nu i alt ti opgavesæt på ministeriets hjemmeside. Opgaverne stilles på baggrund af kernestoffet for fysik-A, der sammen med opgavesættene giver indtryk af indhold og omfang af prøven. Med reformen er prøvetiden øget med en time til 5 timer, og dermed er der forbedret mulighed for, at eksaminanderne har tid til at give gode og fyldestgørende forklaringer til deres besvarelse.

I formuleringen af opgaverne er der enkelte steder eksplicit stillet krav om forklaring fx i form af en redegørelse for gjorte antagelser eller tegning af en figur. Det fritager ikke eksaminanderne fra det generelle krav om, at besvarelsen af en opgave skal ledsages af forklaring og argumenter, der tydeliggør tankegangen i løsningen af opgaven.

Brugen af CAS-værktøjer i undervisningen er fortsat et oplagt emne for det kollegiale samarbejde. Det er vigtigt, at man i undervisningen med eleverne diskuterer, hvordan man kan dokumentere PC-baserede metoder og resultater i opgavebesvarelser. På A-niveau bør brugen af faciliteter som fx regression og numerisk løsning inddrages i det løbende arbejde med opgaver, eksperimenter og rapporter.

Erfaringerne fra prøverne i fysik-A kan med fordel blive inddraget i faggruppens løbende diskussion af undervisningen. Grundlaget for elevernes besvarelser af opgaverne i den afsluttende prøve lægges for en del elever i fysik B-undervisningen, og derfor bør alle skolens fysiklærere og ikke kun årets fysik A-lærere inddrages i arbejdet. 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.

Gert Hansen
Formand for opgavekommissionen
Gert.hansen@skolekom.dk

Martin Schmidt
Fagkonsulent i fysik (stx) og astronomi
Martin.Schmidt@udst.dk