

EVALUERING AF DEN SKRIFTLIGE PRØVE I FYSIK (STX), MAJ-JUNI 2009

1. Indledende bemærkninger

Ved den skriftlige prøve i fysik (stx) sommeren 2009 er der stillet et opgavesæt, som er tilgængelig på ministeriets netsted.

Sættet er mærket STX091-FYA, og findes på adressen http://www.uvm.dk/~media/Files/Udd/Gym/PDF09/Eksamen/Eksamensopgaver/Stx/090520_opgave_fysikA_stx.ashx, og er det andet opgavesæt efter reformen og emnet for denne evaluering.

Opgavekommissionen bag opgavesættet til årets skriftlige prøve i fysik (stx) bestod af Kurt Jakobsen (formand), Kim Bertelsen, Jette Rygaard Poulsen og Nils Kruse. Fagkonsulent Martin Schmidt har været tilknyttet opgavekommissionen.

Årets opgavesæt indeholdt 15 spørgsmål. Sammenlignet med opgavesæt før gymnasiereformen repræsenterer dette en lille øgning i antallet af spørgsmål, men tiden til besvarelsen af den skriftlige prøve er samtidigt udvidet fra fire til fem timer. Det skal i den forbindelse understreges, at den tidsmæssige udvidelse ikke skyldes, at man nu som elev skal nå 1-2 spørgsmål mere, men først og fremmest er begrundet i et øget krav til forklarende tekst og uddybende bemærkninger/argumentation i besvarelserne.

Som sidste år indeholdt årets sæt en opgave indenfor emnet *Fysik i det 21. århundrede*, opgave 4 *Planteplankton* om laserstråling. Næste år vil emnet være ændret til ”De dynamiske stjerner”.

2. Censorernes bedømmelse af kvaliteten af årets opgaver

På censormødet diskuterer fysikcensorerne årets 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 en større stikprøve og en samling skriftlige kommentarer til såvel de enkelte spørgsmål som til sættet som helhed.

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).

I alt 13 spørgsmål blev på denne skala bedømt til 1,0 eller derover, 2 spørgsmål til mellem 0 og 1. Gennemsnittet er 1,3. Som tallene viser, var censorerne generelt tilfredse med de stillede opgaver. De spørgsmål, som censorerne vurderede som særligt gode spørgsmål var

3b, 4a, 4b, 5a og 5b.

3. Censorerne bemærkninger til besvarelsene

Under rettetarbejdet indberetter censorerne deres umiddelbare bedømmelse af et vist 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.

1. Operahuset

Spørgsmål 1a (Elevscore: 7,9 point) handlede om opvarmning af Operahuset. Ud fra den gennemsnitlige effekt i vinterperioden skal varmemeforbruget pr. døgn beregnes. Det burde være en simpel opgave, men henvisningen til en vinterperiode har fået overraskende mange elever til at tro, at dette tidsrum på en eller anden måde skulle indgå i besvarelsen. At ”en vinterperiode” ikke er veldefineret, får ikke de pågældende elever til at ane uråd. Disse elever anslår blot et tidsrum på typisk 3-6 måneder. Her er der måske tale om afsmitning fra den nye opgavetype, hvor eleven selv skal anslå værdier for fysiske størrelser, men hvor det imidlertid altid fremgår af opgaveformuleringen.

Nogle udregner så korrekt energiforbruget i vinterperioden og angiver det som facit. Andre dividerer igen med antal dage i vinterperioden og får korrekt facit, uden at bemærke at vinterperiodens længde udgår af regnestykket. Desværre er der ikke så få som dividerer den opgivne effekt med antal dage i perioden og får en facit med enheden W pr. døgn.

Den gode besvarelse vil typisk indeholde en formel for sammenhængen mellem energi og effekt, tal indsat med enheder og et facit med enhed og passende antal betydende cifre.

Ikke sjældent argumenteres alene ud fra enheder som $J = W \cdot s$, hvilket ikke er tilfredsstillende.

Spørgsmål 1b (Elevscore: 8,1) handlede om afkøling af Operahusets forhal ved hjælp af havvand. Her kommer formlen $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$ i spil, og for langt de fleste sker det på korrekt måde. Her er ikke så mange problemer med sammenhængen mellem E og P , som i 1a. Mange indsætter effekten på Q 's plads, hvilket er i orden, når m tilsvarende tolkes som massen pr. tid.

Rigtig mange elever benytter Databogens værdi for havvands specifikke varmekapacitet. Det anses også for tilfredsstillende at bruge værdien for rent vand, hvis det bemærkes som et forbehold. I øvrigt gælder Databogens specifikke varmekapacitet for havvand ved en højere saltkoncentration end den ved Operahuset.

2. Kørsel på glatbane

Spørgsmål 2a (Elevscore: 8,5) handlede om opbremsning med konstant acceleration. Den gode besvarelse indeholder formlen $v = a \cdot t + v_0$, hvori der indsættes den negative værdi for a og hastigheden v_0 omregnes til m/s. For at finde bremsetiden sættes $v = 0$ m/s og ligningen løses – ofte med et avanceret regneværktøj.

En løsning med $t = \frac{v}{a}$ og ukommenteret indsættelse af $v = 13,89$ m/s og $a = 2,9$ m/s² er ikke tilfredsstillende.

Nogle elever får ikke læst opgaven ordentligt og bestemmer i stedet bremselængden. Alt for ofte er der fejl i omregning fra km/h til m/s.

Spørgsmål 2b (Elevscore 5,2) drejer sig om bilkørsel ned ad et skråplan.

Her er det nødvendigt at bestemme accelerationen. Det anses for tilfredsstillende at benytte formlen $a = g(\sin v - \mu \cdot \cos v)$ uden udledning, forudsat at formlens forudsætninger kommenteres. Normalt regnes i danske fysikopgaver med tyngdeaccelerationen 9,82 m/s², og man kan derfor ikke ukritisk overtage en anden værdi for g , som et IT-værktøj måtte have indbygget.

Det virker naturligvis ekstra positivt, hvis der tegnes en skitse af situationen med korrekt angivelse af kræfterne, og hvis kraftanalysen gennemføres med opstilling af formlerne. Mange elever forsøger at udføre kraftanalysen, men i processen optræder en del fejl. F.eks. bestemmes gnidningskraften korrekt, hvorefter accelerationen fejlagtigt bestemmes ud fra $F_{\text{gnid}} = m \cdot a$. Der kan også forekomme forskellige fortegnsfejl ved sammensætning af kræfterne og udregning af a , mens nogle regner med kræfterne som om de alle lå på samme rette linje. Yderst få noterer, at massen udgår af regnestykkerne, og kun ganske få gør bemærkninger om luftmodstanden.

På grund af sådanne fejl bliver a undertiden større end g , hvilket normalt ikke vækker undren. I det videre regnearbejde benyttes som regel formlen $v^2 - v_0^2 = 2a \cdot \Delta s$. Enkelte benytter i stedet formler, der involverer tiden. Det er mere besværligt, men besværet formindskes dog stærkt ved den udstrakte brug af SOLVE-værktøj.

En del elever bruger slet ikke ligningerne fra kinematikken, men i stedet arbejdssætningen eller en anden energibetragtning, hvilket sagtens kan føre til et korrekt resultat. Desværre ses ofte forkerte anvendelser som f.eks. $\Delta E_{\text{kin}} = A_{\text{gnid}}$.

3. Fusionsenergi

Spørgsmål 3a (Elevscore: 8,9 point) handlede om beregning af volumen for en pille af deuterium og tritium med kendt volumen og densitet. Denne opgave er tænkt som én af de nemme og går da også godt for mange elever. Som forventet er en typisk fejl omregning mellem enheder. Derimod er der overraskende mange, tilsyneladende middelgode elever, der anvender formlen $V = m \cdot \rho$.

Spørgsmål 3b (Elevscore 5,6) består af et dobbeltspørgsmål, idet der først skal beregnes en Q -værdi for en kernereaktion ud fra partiklernes masse, hvorefter den samlede energigevinst skal sammenlignes med den tilførte energi. En fuld besvarelse af spørgsmålet kræver således en del tidskrævende beregninger.

Første del må regnes for at være en standardproblemstilling i skriftlig fysik. Alligevel har alt for mange elever vanskeligheder med beregning af Q -værdien. En del finder ikke de rigtige masser i Databogen for ${}^2_1\text{H}$ og ${}^3_1\text{H}$, der ofte forveksles med ${}^3_2\text{He}$ og ${}^4_2\text{He}$. Andre bruger den samlede masse af de indgående kernepartikler som hele kernens masse. Det skal bemærkes at der i denne opgavetype forventes en passende nøjagtighed, hvilket vil sige, at det ikke er tilfredsstillende at benytte masser med kun 4 betydende cifre. Endelig er omregning fra masse til energi i formlen $Q = \Delta m \cdot c^2$ tydeligvis ikke rutine for alle elever. Det tæller klart positivt, at der gøres rede for elektronernes masser i beregningen af Δm ud fra atommasserne.

Nogle fysikhold har tilsyneladende lært at bestemme Q -værdien ud fra kernernes bindingsenergi. Det giver nogle elever problemer med at finde atommasserne i Databogen.

I en opgave af denne type kan det være en fordel for censor at kende den udgave af Databogen, der er benyttet ved besvarelsen af opgaven.

I anden del af spørgsmålet overser en del elever, at det ud fra opgavens oplysninger er muligt at beregne antallet af fusionerende par af ${}^2_1\text{H}$ og ${}^3_1\text{H}$ i pillen og dermed bestemme den frigjorte energi. Den gode besvarelse indeholder en korrekt beregning af den frigjorte energi ud fra pillens masse samt masserne af deuterium og tritium med henvisning til den lige fordeling. Dette afsluttes med en redegørende tekst, der sammenligner den beregnede energi med den tilførte energi.

Beregningen af antal fusionerende kerner i pillen voldte dog problemer for mange af de elever, der forsøgte sig, og ikke så få valgte slet ikke at besvare dette delspørgsmål.

4. Planteplankton

Spørgsmål 4a (Elevscore 8,9) er en simpel beregning af bølgelængde ud fra fotonenergien og klares da også tilfredsstillende af næsten alle.

Spørgsmål 4b (Elevscore 7,0) er i princippet en simpel anvendelse af formlen $\Delta s = v \cdot \Delta t$, men næsten som forventet laves der en del "småfejl". Mange elever gør sig ikke den fysiske situation klart og glemmer at lægge skibets dybgang til længden, overser at lyspulsens bevæger sig både frem til planktonen og retur eller undlader at bruge brydningsindekset til at beregne lysets fart i havvand.

I opgaven optræder nogle 10-tals potenser, der for enkelte elever fører til fejlregninger med et åbenlyst forkert facit, der desværre i de fleste tilfælde forbliver ukommenteret.

Spørgsmål 4c (Elevscore 3,9) handler om dæmpning af lys i planteplankton med anvendelse af formlen:
$$dB_{\text{tab}} = 10 \cdot \log\left(\frac{P_{\text{ind}}}{P_{\text{ud}}}\right)$$
. Mange elever får slet ikke ideen til at anvende denne formel

og forsøger ikke at besvare opgaven. Den typiske fejl i forbindelse med anvendelse af formlen er, at man regner på det antal fotoner, der slipper igennem, frem for de som er absorberet. Enkelte kender den tilsvarende formel for lyd og har held til at komme frem til et brugbart resultat.

Mange elever havde tydeligvis kun lidt eller ingen erfaring med formlen for dæmpning og spørgsmål 4c viste sig da også at være ét af opgavesættets vanskeligste.

5. Månehop

Spørgsmål 5a (Elevscore 7,2) giver et datasæt med den lodrette fart som funktion af tiden for en astronauts hop på Månen. Ud fra datasættet skal man bestemme en værdi for tyngdeaccelerationen på Månen.

I den gode besvarelse tegner eleven en graf med datapunkter og ret linje og bestemmer tyngdeaccelerationen ud fra grafen, gerne ved lineær regression på CAS-regner, Excel eller andet IT-værktøj. Til dette hører også en argumentation for anvendelsen af den lineære model, f.eks. ud fra $v = g_{\text{Måne}} \cdot t + v_0$ og at resultatet af regressionen skrives op inkl. korrekte enheder.

Det tæller klart positivt, at grafen kommenteres og er forsynet med korrekte betegnelser, enheder mv. Mange elever sammenligner meget relevant det fundne resultat for $g_{\text{Måne}}$ med Databogens værdi eller bemærker, at de også har fundet den lodrette starthastighed.

Det er ikke en fyldestgørende besvarelse, når $g_{\text{Måne}}$ alene beregnes ud fra to datasæt eller en anden delmængde af tabellen. En del elever anvender regression, som ikke er lineær, hvilket er klart utilfredsstillende.

Spørgsmål 5 b (Elevscore 6,3) stiller krav om fortsat modellering og matematisk analyse ud fra datasættet. Først skal man bestemme tidspunktet, hvor astronauten befinder sig øverst i hoppet og derefter bestemme hoppets højde.

De fleste elever bestemmer tidspunktet ud fra den lineære sammenhæng ved at sætte $v_y = 0$. Enkelte forsøger at finde en omtrentlig værdi ved aflæsning i tabellen, en metode der oplagt ikke er tilstrækkeligt nøjagtig.

Mange elever fortsætter brugen af deres IT-værktøj og bestemmer hoppets højde ved numerisk integration fra 0 s til t_{top} . Andre gode besvarelser indeholder et matematisk udtryk for hoppets højde som funktion af tiden, udledt ud fra beregningerne i spørgsmål a). Enkelte bruger den fundne værdi for v_0 i a) og argumenterer fuldt korrekt ud fra bevarelsen af mekanisk energi.

I den gode besvarelse er der et argument for $v_y = 0$ øverst i hoppet, en kommentar til modellen ud fra bevægelse med konstant acceleration og en bemærkning om fraværet af luftmodstand.

Blandt de typiske fejl hører fortegnstegn i accelerationen, eller at man anvender 0,26 s fra det første datasæt som integrationsstart.

6. Den Internationale Rumstation ISS

Spørgsmål 6a (Elevscore 8.7) indeholder en graf, der viser rumstationens højde over Jorden. Grafen skal anvendes til at bestemme den fart hvormed ISS taber højde. Opgaven er i sig selv ikke vanskelig og klares da også fint af de fleste elever. Den gode besvarelse indeholder omhyggelige aflæsninger fra grafen af to punkter, som ligger langt fra hinanden, og en beregning af v med korrekt håndtering af enheder.

Det er en lille ekstra komplikation i denne opgave, at der skal aflæses på en graf. Det giver problemer for enkelte elever, der lader sig forvirre af den del af grafen, hvor ISS løftes fra 338 km til 345 km.

Spørgsmål 6b (Elevscore 4.1) drejer sig om rumstationens bevægelse i en jævn cirkelbevægelse i højden 338 km. De elever, der slipper lettest igennem beregning af

omløbstiden, kender formlen $a = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$ for en jævn cirkelbevægelse og forbinder denne med

gravitationsloven: $\frac{4\pi^2 r}{T^2} = G \frac{M_J}{r^2}$. Til den gode besvarelse hører en figur og en

argumentation for den samlede kraft på rumstationen med en bemærkning om luftmodstanden. Den korrekte værdi for omløbstiden finder mange nu let med en SOLVE-funktion og den rigtige værdi for afstanden r .

Pointscoren for denne opgave er ret lav, blandt andet fordi en del elever lader sig forvirre af hastigheden i spørgsmål a) og bruger denne i b). Andre overser Jordens radius som en del af afstanden r , en fejl der måske kunne undgås ved at tegne en simpel figur med rumstationen i omløb om Jorden. Alt for mange bruger ureflekteret $9,82 \text{ m/s}^2$ som rumstationens acceleration. Nogle elever får det rigtige facit ud fra en færdig formel, som de indsætter korrekt i, men helt uden forklaring, hvilket ikke er tilfredsstillende.

Spørgsmål 6c (Elevscore 2,7) er, som det fremgår af elevscoren og som forventet, sættets sværeste spørgsmål. De få elever, der her får en fuld pointscore, har korrekt beregnet den tilførte mekaniske energi til ISS og givet god forklaring, måske med en figur. I de fleste korrekte besvarelser finder eleverne ud fra rumstationens højde over Jorden farten i hver af de to cirkelbevægelser og bestemmer på denne måde de tilhørende kinetiske energier. Ved at inddrage de potentielle energier udregnes ændringen i mekanisk energi. Nogle enkelte elever kender en version af virialsætningen, og finder ændringen i mekanisk energi som det halve af ændringen i potentiel energi, der relativt let beregnes.

Mange elever kommer et pænt stykke vej i beregningen af ΔE_{mek} , men overser at E_{kin} ændres, når ISS skifter bane. Også i dette spørgsmål overser en del elever Jordens radius som en del af afstanden i formlen for E_{pot} , eller anvender $a = 9,82 \text{ m/s}^2$.

Mindre tilfredsstillende besvarelser ender blot med en beregning af E_{pot} eller E_{mek} for ISS' bevægelse i den ene bane, tilsyneladende uden at eleven overvejer beregning af en energitilvækst.

Samlet set er der alt for mange elever, der går til opgaven med ISS helt uden at inddrage det generelle udtryk for gravitationsloven, og som holder sig til den nære mekanik med $F_T = m \cdot g$. Satellitter og generelt bevægelse i et gravitationsfelt må ellers forventes at være et centralt emne i fysik på A-niveau.

7. Skøjteløber

Spørgsmål 7a (Elevscore 6,0) er en åben opgave, hvor eleverne selv skal tildele passende værdier til relevante fysiske størrelser. Besvarelsen skal ledsages af en redegørelse "for de relevante antagelser", hvilket tilsyneladende helt overses af mange, eller håndteres noget stedmoderligt.

Første del af spørgsmålet behandles udmærket i rigtig mange besvarelser. Der gives fornuftige bud på værdier for skøjteløberens masse og dimensioner af en skøjte, og trykket beregnes korrekt. Det høje tryk kommenteres af en del elever, men langt fra alle finder dette relevant.

De mindre gode besvarelser indeholder helt irrelevante beregninger, der inddrager for eksempel smeltevarmen af is eller gnidningskraften mellem skøjte og is.

Også i dette spørgsmål ses alt for mange besvarelser, hvor simple omregninger mellem enheder volder problemer.

Desværre er nogle elever blevet forvirret af fotoet, der viser en skøjteløber i færd med at foretage et sving. Det har helt unødvendigt ført til alt for komplicerede beregninger på cirkelbevægelse med konstant fart og overvejelser om de kræfter der påvirker skøjteløberen. Det tyder på at denne nye opgaveform, den ”åbne” opgave, ikke helt har fundet sin form. Et ”uskyldigt” foto sætter mange uforudsete tanker i gang hos nogle eksaminander, mens andre leverer en meget kortfattet besvarelse, der slet ikke honorerer kravene i denne opgavetype.

4. Generelle bemærkninger til besvarelserne

Elevernes forklaring – autentiske eksempler på elevbesvarelser

Alt for mange elever bruger unødigt tid på helt eller delvist at skrive opgavens formulering ind i besvarelsen. Dette kan ikke anbefales. Specielt af hensyn til de svagere elever må man opfordre til, at eleverne i stedet uddrager den relevante information af opgaven, f.eks. i form af relevante fysiske størrelser og deres værdi, hvis den er kendt. Samtidig må man, hvor dette giver mening, kraftigt opfordre til at der laves en figur af den beskrevne situation som et element til den gode forklaring eller et skridt på vejen til løsningen af opgaven. Endelig kan man i indledningen diskutere forudsætninger og begrænsninger i den model, der tænkes anvendt. Stort set enhver beregning skal ske, ved at den relevante formel skrives op, og værdier for de fysiske størrelser indsættes, hvorefter der foretages en beregning. Resultatet skal altid angives med et passende antal cifre og en enhed.

Til beregningen hører oftest forklaring i form af tekst og figurer med det formål at tydeliggøre eksaminandens tankegang. Den anvendte model skal typisk begrundes, og eventuelle forbehold nævnes, hvor det er relevant. Et godt eksempel herpå er *Kørsel på glatbane*, hvor der ses bort fra luftmodstanden eller *Operahuset*, hvor der ses bort fra varmeudveksling med omgivelserne. I opgaven *Månehop* skal der gøres rede for valget af model $v(t) = g_{\text{Måne}} \cdot t + s_0$, der begrunder, at der laves en lineær regression og leder til en fortolkning af konstanterne i modellen.

For at illustrere de typiske fejl og mangler, man finder i elevernes besvarelser, er i det følgende vist nogle udvalgte eksempler på besvarelser med kommentarer fra censorerne.

Eksempel 1

Operahuset, spørgsmål a)

$$3,4 \text{ MW} = 3,4 \cdot 10^6 \text{ W} = 3,4 \cdot 10^6 \text{ J/s}$$
$$\text{a) } E = 3,4 \cdot 10^6 \text{ J/s} \cdot 60 \text{ s} \cdot 60 \text{ min} \cdot 24 \text{ t} = 2,94 \cdot 10^{11} \text{ J}$$

Besvarelsen viser, at eleven har forstået opgaven og når frem til det rigtige resultat, men der er ingen ledsagende forklaring. Desuden er der to fejl i omregning mellem enheder (min/h og h/døgn), og der er ikke foretaget afrunding til to betydende cifre til sidst. Der er derfor tale om en besvarelse, der ikke er helt tilfredsstillende.

Specielt i opgave 1 *Operahuset* er der mange elever, der ”tænker i enheder” i stedet for i fysiske størrelser (symboler). En mulig forklaring kan være, at eleverne kun har arbejdet med stoffet i 1g. Den næste besvarelse af samme opgave er væsentligt bedre

Eksempel 2
Operahuset, spørgsmål a)

Vi ved, at der i vinterperioden er en gennemsnitlig effekt på 3,4 MW.
Derfor:

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta E = P \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta E = 3,4 \cdot 10^6 \frac{\text{J}}{\text{s}} \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \text{s} = 2,9 \cdot 10^{11} \text{J}$$

Her er der anvendt korrekte symboler, og beregningen er foretaget korrekt. Man kan savne en forklaring til symbolerne og en tildeling af værdier.

Eksempel 3
Månehop, spørgsmål a) og b)

a) ud fra tabellens data er tyngdeaccelerationen bestemt ud fra lommeregneren til $-1,68 \text{ m/s}^2$

b) $s(t) = \frac{1}{2} \cdot -1,68 \cdot t^2$
 $= -0,84 \cdot t^2 + 1,11 t$ indtegnes på lommeregner.

Dvs. at astronauten er højest ved tidspunktet 0,66 s og at han hopper 0,37 m.

Eksemplet viser en elev, der er kommet et pænt stykke i løsningen af opgaven, men især i a) er der alvorlige mangler. I spørgsmål a) er der angivet et meget upræcist, men negativt, svar uden anden forklaring, end at der er anvendt en lommeregner. Dette giver kun meget få point hos censorerne.

I spørgsmål b) er der foretaget en korrekt toppunktsbestemmelse for det ene af de to udtryk for $s(t)$, og resultatet fortolkes korrekt som tid og højde for det øverste punkt i hoppet. Det er en væsentlig mangel, at formlen $s(t) = \frac{1}{2} \cdot -1,68 \cdot t^2$ ikke ledsages af en udledning og en forklaring i relation til den fysiske situation. Endvidere mangler der enheder i regressionsligningen.

Eksempel 4
Månehop, spørgsmål a) og b)

a) Vha. grafregnerens stat-funktion har jeg fået en ligning til t/v-grafen:

$$v(t) = -1,61 x + 1,107$$

for at finde tyngdeaccelerationen tager jeg $v'(t)$

$$v'(t) = -1,61$$

(den er her negativ, da astronautens hastighed var aftagende). Dvs. månens tyngdeacceleration = $1,61 \text{ m/s}^2$.

b) SOLVE($-1,61 \cdot x + 1,107 = 0$, x) = 0,68

Han hopper $\frac{1}{2} \cdot -1,61 \cdot 0,68^2 + 1,107 \cdot 0,68 = 0,3805$ meter

Den noget kortfattede besvarelse viser, at eleven tydeligvis har forstået problemstillingen og fundet de ønskede resultater med fornuftige metoder. En god besvarelse med enkelte mangler. Man savner i a) en vurdering af den foretagne regression i sammenhæng med det forventede for et lodret kast og en tilhørende forklaring på, at hældningskoefficienten kan fortolkes som tyngdeaccelerationen på Månen.

Det forventes, at der angives en regressionsligning med korrekte symboler og enheder:

$$v(t) = -1,610 \text{ m/s}^2 \cdot t + 1,107 \text{ m/s} \text{ og } v'(t) = -1,610 \text{ m/s}^2$$

I b) har eleven korrekt forudsat at $v = 0 \text{ m/s}$, når astronauten er øverst i hoppet, men forudsætningen fremgår kun implicit, helt uden en forklaring. Det er heller ikke tilfredsstillende, at der undervejs anvendes "maskinsprog" (SOLVE) uden en supplerende formulering i normalt sprog. Også i anden halvdel af b) savnes forklaring til den anvendte formel.

Endelig er der problemer med afrunding af resultaterne og manglende enheder.

Brugen af CAS-værktøjer

Samlet set er der mange udmærkede besvarelser med god forklaring i forbindelse med brug af CAS-værktøjer – både lommeregnerne og generelle PC-baserede værktøjer som TI-Interactive eller MathCad. Og antallet af elever, som anvender CAS-værktøjer, har været støt stigende i de senere år.

De fleste elever kan håndtere de mest nødvendige redskaber som SOLVE-funktionen, numerisk differentiation og integration. De IT-værktøjer, som inkluderer enhederne i beregningerne, er også en god hjælp til de elever, som behersker teknikken.

Der er desværre stor variation i kvaliteten af besvarelser med CAS-værktøjer – ofte markant fra det ene hold til det andet. Når man anvender et IT-værktøj på et hold, må det være et væsentligt led i arbejdet med de skriftlige opgaver, at eleverne undervises i den korrekte brug af IT-værktøjet i besvarelsen af fysikopgaver. 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. Især med de PC-baserede CAS-værktøjer er eleverne fristede til at overlade for meget til maskineriet.

Når man anvender en SOLVE-funktion, må man i den tilhørende forklaring gøre rede for de enheder, der indgår i beregningen og i resultatet, ligesom resultatet af en regression som i opgaven *Månehop* altid skal angives med korrekte enheder. Det er god skik, at afslutte anvendelsen af et CAS-værktøj med en konklusion som i *Månehop*: "Tyngdeaccelerationen på Månen er hermed bestemt til at være $1,61 \text{ m/s}^2$ ".

Alt for ofte forledes de lidt svagere elever til at stole for meget på de resultater, der kommer ud af CAS-værktøjet. Det kan give facit med forkert eller helt manglende enhed, hvilket anses for en alvorlig mangel. Andre gange ser man 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 tegninger. Her kan det være nødvendigt og praktisk at ty til en lavteknologisk håndtegnet figur til støtte for forklaringen til løsningen af opgaven.

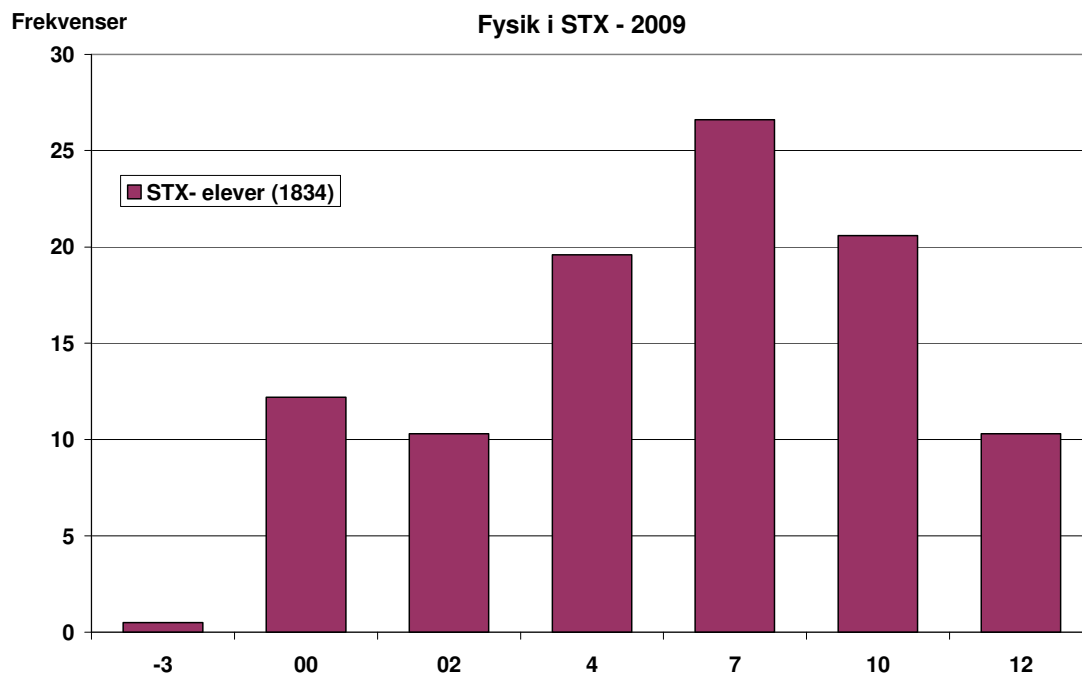
5. Foreløbig statistik

På censormødet foretages en opgørelse af resultaterne, som er sammenfattet i nedenstående statistik på basis af holdene i det almene gymnasium, i alt 1834 eksaminander. Statistikken er foreløbig, idet den officielle statistik, fremstillet af Uni-C, først kommer senere på året.

Karakter	-3	00	02	4	7	10	12	I alt
Antal	10	224	188	359	487	377	189	1834
Pct.	0,5	12,2	10,3	19,6	26,6	20,6	10,3	100

Karaktergennemsnittet for disse eksaminander blev 6,12.

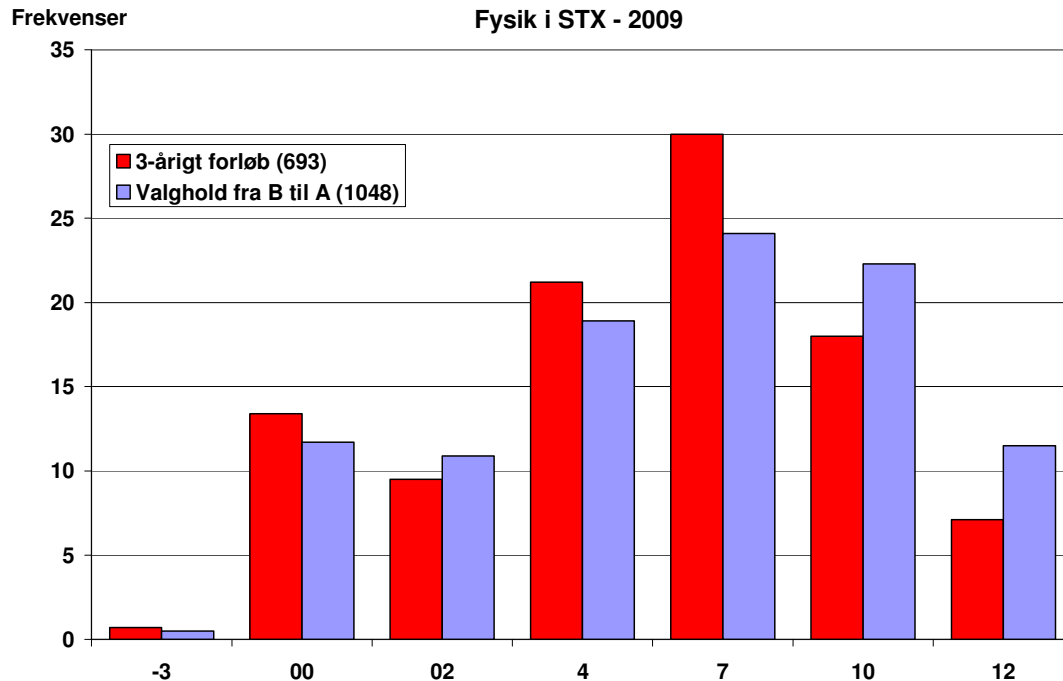
Diagrammet viser en oversigt over karakterfordelingen



Som de tidligere år var karaktergennemsnittet højere for drengene end for pigerne. Karaktererne opdelt på køn er kun kendt fra karakterprognosen, hvor drengene i gennemsnit fik 6,3, mens pigerne i gennemsnit fik 5,4.

I modsætning til sidste år var der i 2009 kun få elever med fysik på A-niveau, som ikke kom til skriftlig prøve.

I år foreligger også en karakteropgørelse opdelt på valghold fra B- til A-niveau (1048 eksaminander) og på treårige studieretningshold med fysik-A (639 eksaminander). Fordelingen ses i diagrammet:



Det fremgår at elever på valghold klarede sig bedre til prøven end elever på 3-årige hold, idet væsentligt flere opnåede karaktererne 10 eller 12.

6. Afsluttende bemærkninger

Der har nu to gange været afholdt ordinær skriftlig prøve i fysik efter reformen. Dermed findes nu i alt fire opgavesæt på ministeriets hjemmeside sammen med de to vejledende opgavesæt. 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 det skal pointeres, at et opgavesæt ikke er blevet forlænget tilsvarende. Dermed er der forbedret mulighed for, at der er tid for eksaminanderne til at give god og fyldestgørende forklaring til deres besvarelse.

I formuleringen af opgaverne er der enkelte steder eksplicit stillet krav om at gøre rede for de 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.

Med skiftet til en ny gymnasieordning kan kontinuiteten sikres ved, at erfaringerne fra de første to års prøve bliver inddraget i fysikfaggruppernes 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. Mange yngre kollegaer kan være overladt til selv at finde ud af tilrettelæggelsen af undervisningen og eksamenskravene, herunder også praktiske forhold som kravene til Databogen. Man skal være opmærksom på at nyere, gængse lærebøger ikke omfatter hele kernestoffet som f.eks. Q -værdi i kernereaktioner og fotonens bevægelsesmængde.

Brugen af CAS-værktøjer herunder den grafiske lommeregner 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 IT-baserede metoder og resultater i opgavebesvarelser. På A-niveau bør brugen af faciliteter som f.eks. regression og numerisk løsning inddrages i det løbende arbejde med opgaver, eksperimenter og rapporter. I relation til den skriftlige prøve er dokumentationen for grafer et særligt problem. Tegning af en graf, på mm-papir eller andet relevant funktionspapir, eller en omhyggelig skitse af grafvinduet fra en grafregner med angivelse af grænserne er næsten altid en god støtte for en argumentation.

Jette Rygaard Poulsen
Formand for opgavekommissionen
jette.rygaard.poulsen@skolekom.dk

Martin Schmidt
Fagkonsulent i fysik (stx) og astronomi
martin.schmidt@uvm.dk