

Et katapultprosjekt

hva kan det bidra med i fysikkfaget?

Sigrid Hansson

Master i lærerutdanning med realfag
Oppgaven levert: Mai 2008
Hovedveileder: Berit Bungum, PHYS

Forord

Da jeg skulle velge masteroppgave ville jeg velge noe som ville hjelpe meg til å bli en bedre lærer. Ettersom jeg selv har vært frustrert over manglende forståelse av diverse praktiske arbeid jeg har gjennomført i egen utdanning, fant jeg ut at jeg ville forske på praktisk arbeid. Det var et større prosjekt enn jeg hadde gjennomført før, og jeg kunne ikke klart det alene.

Jeg vil først og fremst takke min veileder Berit Bungum som har hjulpet meg med alt fra å velge et passende prosjekt, få en god struktur på oppgaven, og med å få bukt med mine noen ganger ikke fullt så vitenskaplige formuleringer. Jeg har lært masse.

Jeg må også takke Nils Kristian Rossing som lot meg få viderutvikle et av hans prosjekter, samt bidro med tid og råd underveis. Dessuten skylder jeg Elin Grønvik ved Byåsen videregående skole en stor takk for å ha latt en uerfaren student få bruke to uker av verdifull undervisningstid i hennes fysikk1 klasse, og selvsagt også den fantastiske klassen hennes.

På det personlige plan vil jeg takke mine foreldre som alltid har stilt opp for meg, og støttet meg i alle mine valg, selv om de i utgangspunktet hadde planer om at jeg skulle bli lege eller sivilingeniør. De har entusiastisk fulgt med på utdanningen min, og ettersom de selv er lærere har de kunnet gitt meg mange gode råd på veien.

Til slutt vil jeg gjerne dedikere denne masteroppgaven til mine besteforeldre, som synes jeg er fantastisk dyktig og flink til alt jeg gjør, spesielt ettersom dette slettes ikke er tilfelle...

If I have seen further, it is by standing on the shoulders of giants skrev sir Isaac Newton, og forhåpentligvis uten videre sammenligning av hans, og mine egne bedrifter synes jeg det kunne være en passende sitat å avslutte dette forordet med.

Trondheim 26.05.08

Sigrid Hansson

Sammendrag

Denne oppgaven tar for seg et undervisningsopplegg laget for å teste ut hvordan et katapultprosjekt kan bidra til elevers kunnskaper, ferdigheter og motivasjon i fysikkfaget. Norske elever har gjort det jevnt over dårligere enn land det er naturlig å sammenligne oss med på de internasjonale TIMMS-undersøkelsene, og spesielt dårlig gjorde de det på den praktiske delen. Oppgaven er også i tråd med det nye satsingsområdet *forskerspiren*, og *den unge forskeren* i Kunnskapsløftet fra 2006.

For å undersøke hvordan praktiske arbeid kan virke i undervisningssammenheng, og svare på problemstillingen videreutviklet jeg et katapultprosjekt tidligere brukt i ungdomsskolen med tanke på bruk i den videregående skolen. Elevene i en fysikk 1 klasse ble delt inn i grupper, bygde hver sin katapult, og svarte på diverse spørsmål knyttet til prosjektet.

For å best mulig kunne svare på problemstillingen ble det gjennomført en teoretisk førtest før katapultprosjektet, en teoretisk ettertest etter katapultprosjektet, og elevene ble også bedt om å svare på et evalueringsskjema som ble delt ut etter ettertesten. Ettersom det er vanskelig å bedømme verdien av praktisk arbeid kun ved hjelp av teoretiske tester, ble også observasjoner av både faglærer og meg selv lagt til grunn for resultatene.

Resultatene viste at elevene trivdes svært godt med prosjektet, og de mente også selv at de hadde lært nyttig fysikk. Spesielt trakk de fram det at de hadde lært å bruke teorien i en praktisk sammenheng. Den oppnådde forståelsen varierte litt etter hvilke elever som hadde gjort hva under prosjektet, hvilke deler det hadde blitt foretatt gjennomgang på tavlen på, og hvor mye elevene hadde jobbet med emnene før. Det synes viktig at prosjektet er nøye gjennomtenkt på forhånd, og at læreren har klare planer for hva han/hun ønsker at elevene skal lære av undervisningen, og legger opp opplegget etter dette. Dessuten kan det være svært avgjørende hva læreren velger å forklare, og eventuelt ikke forklare for hva slags læringsutbytte elevene får.

1 Innledning	- 3 -
1.1 Problemstilling	- 3 -
1.2 Presentasjon av elevoppgavene	- 3 -
1.3 Tilknytning til læreplanen	- 10 -
1.4 Pedagogiske mål med katapultprosjektet	- 14 -
2 Fysikken bak katapultkast, og fagdidaktisk teori	- 16 -
2.1 Den undersøkende delen av praktisk arbeid	- 16 -
2.2 Elevenes hverdagsforestillinger	- 20 -
2.3 Modellering, og anvendelse av praktisk kompetanse	- 23 -
2.4 Fysikken bak katapultkast	- 26 -
3 Utarbeiding av opplegget, metode, og gjennomføring	- 32 -
3.1 Utarbeiding av opplegget	- 32 -
3.2 Metode for undersøkelsen	- 33 -
3.3 Rammefaktorer	- 33 -
3.4 Gjennomføring	- 34 -
4 Resultater	- 37 -
4.1 Førtest	- 37 -
4.2 Ettertest	41
4.3 Elevenes vurdering av prosjektet	46
4.4 Observasjoner og innleveringer	48
5 Diskusjon	52
5.1 Hvilke dimensjoner kan et katapultprosjekt ivareta?	52
5.2. Hva lærte elevene?	54
5.3 Hva slags kunnskaper, og ferdigheter kan et slikt katapultprosjekt gi?	56
5.4 Validitet av resultatene	58
5.5 Konklusjon	59
6 Referanser	62
Vedlegg 1: Oppgavehefte	63
Vedlegg 2: Førtest	67
Vedlegg 3: Ettertest	69
Vedlegg 4: Spørreskjema	72

1 Innledning

Denne oppgaven tar for seg et katapultprosjekt gjennomført i en fysikk 1 klasse i den videregående skole, og hva slags utbytte elever kan ha av et slikt prosjekt. Her i innledningen vil jeg presentere problemstillingen, elevoppgavene, og hvilke utfordringer de enkelte elevoppgavene kan ha, hvilke læremål som dekkes av disse oppgavene, og til slutt ytterligere grunner til å gjennomføre et slikt katapultprosjekt

1.1 Problemstilling

Det praktiske prosjektet oppgaven presenterer er en videreutvikling av et modelleringsprosjekt Nils Kr. Rossing ved skolelaboratoriet ved NTNU hadde utarbeidet. Dette gikk ut på å bygge en katapult, og modellere en måte å forutsi kastelengde til en ball kastet fra denne katapulten. Dette hadde han prøvd ut på ungdomstrinnet med varierende hell. Dette kom jeg fram til at kunne være et prosjekt som kunne utvides og brukes i fysikkundervisning i den videregående skolen. Dersom det skulle gjennomføres i en fysikklasserom kunne man i større grad gå inn i fysikken bak katapulten i tillegg til å modellere kastelengden, noe som i tillegg til å være en interessant oppgave også ville kunne gi elevene øvelse i å anvende teoretiske kunnskaper i praktiske sammenhenger. Problemstillingen er:

Hvordan kan bygging og eksperimentering med en katapult bidra til elevers kunnskaper, ferdigheter, og motivasjon i fysikkfaget?

1.2 Presentasjon av elevoppgavene

Katapultoppgavene elevene får i dette undervisningsopplegget er litt annerledes enn tradisjonelle forsøk. Oppgavene har som hensikt både å repetere stoff elevene tidligere har vært gjennom, se hvordan teorien fungerer i praksis, og også introdusere nytt stoff for

elevene. Før dette undervisningsopplegget kan gjennomføres bør elevene ha hatt om bevegelse, krefter og helst også litt om energi. Elevene får et praktisk tilfelle hvor de skal anvende kunnskapen de allerede har opparbeidet seg. I tillegg kommer det til å være gjennomgang av stoff som elevene aldri har vært borte i før. Da spesielt det med skråkast, dekomponering av vektorer, og hvordan man kan regne med bevaring av energi. Det å allerede ha sett et tilfelle av hva de senere kommer til å lære mer om er nyttig fordi elevene da vil få en forsmak på hva de kan bruke kunnskapen de nå har begynt å lære senere. Forhåpentligvis er dette opplegget både lærerikt, og også motiverende for elevene.

Jeg vil nå se nærmere på de ulike oppgavene elevene, hva slags utfordringer hver av dem byr på, og senere også hva slags læremålpunkter som blir dekket av oppgavene. Oppgaveheftet finnes i vedlegg 1

Oppgave 1: Bygg katapulten

Det å bygge katapulten bør ikke være alt for vanskelig, elevene får alle delene ferdige med hull, og skal kun snekre dem sammen. Det bør ikke ta lenger tid enn et kvarter – tyve minutter. Oppgaven kan likevel føles utfordrende for enkelte som er praktisk svake. Enkelte er meget handlekraftige, mens andre kan like bedre å diskutere hvert skritt omhyggelig før de begynner å spikre. For å minimalisere bortkastet tid får de tegninger, samt min egen -langt fra perfekte modell å se på. Det kan være interessant å se forskjellene på hvor lang tid det tar elevene å bygge katapultene. Dersom man har tid til rådighet, og ønsker å gjøre oppgaven friere for elevene kan man eventuelt bare gi dem beskjed om å bygge en katapult av de tilgjengelige materialene og stille seg til rådighet for spørsmål.

Det finnes nok av katapulttegninger på internett, noen er basert på strikk, og noen har slynger. Grunnen til at jeg har valgt en trebucket variant, er at denne typen er lett å regne på. Dersom elevene får et begrenset tidsrom de skal ha bygd katapulten på vil de virkelig bli testet i planleggingsevner. Noen vil kanskje ture fram med den første og beste arbeidstegningen, og slite med å gjøre utregningene, mens andre ville diskutere så mye fram og tilbake at de ikke får bygget noe som helst?

Slike oppgaver er nyttige for elevene fordi de må lære seg å både planlegge et prosjekt, og også fullføre det innenfor en gitt tidsramme.

Oppgave 2: Tegn grafer for posisjon, fart og akselerasjon for ballen som funksjon av tid etter at den forlater kurven. Dere trenger ikke nøyaktige verdier, dere kan bruke for eksempel S_{max} for strekningen i topp-punktet. Til fordel kan dere tegne grafene under hverandre så det blir lettere å se sammenhengene.

Elevene har hatt om bevegelse og skal vite sammenhengen mellom strekning, fart og akselerasjon. Det å tegne grafer er vanskelig i begynnelsen, bare det å vite hva det betyr å tegne posisjon som funksjon av tid kan være utfordrende. Det trengs øvelse før elever blir veldig gode til å tegne grafer og også kunne lese noe ut av dem. Ofte gis konkrete eksempler hvor man vet toppfart og strekninger. Det er bra med litt trening i å faktisk måtte finne på passende størrelser. En annen utfordring er det å få den forståelsen av grafer som forventes av fysikkelever, det å kunne lese en graf og vite hva den betyr. Elevene har litt øvelse i å tegne grafer av forskjellig slag, men her skal de tegne for et konkret objekt, og ingen verdier er oppgitt. Forhåpentligvis vil dette øke deres forståelser for grafer, hvordan man tegner dem, og hva man kan lese ut av dem.

Oppgave 3: Tegn krefter på ballen og loddet:

- a) før loddet blir sluppet*
 - b) når loddet er på vei ned mot bunnpunktet*
 - c) når ballen er på vei opp mot topp-punktet*
 - d) når ballen er forbi topp-punktet på vei mot bakken*
- Kreftene skal ha passende lengder i forhold til hverandre.*

Dette med krefter er forholdsvis nytt for elevene. Det ligger mye forståelse i å kunne tegne krefter på figurer. A-oppgaven er kanskje den letteste, da er objektene i ro, og skal derfor ha hver sin normalkraft som er motsatt like stor som tyngdekraften.

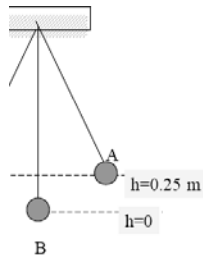
I b-oppgaven har ballen en kraft som virker på seg som er større enn tyngdekraften ettersom den beveger seg med økende hastighet oppover. Dersom man ser bort fra luftmotstand og ”snordrag” er det kun tyngdekrafta som virker på loddet. Dersom man ønsker kan man også ta en diskusjon om at det også må virke andre krefter på objektene ettersom de ikke beveger seg kun i vertikalplanet, og hvilke krefter det er, eventuelt kan man nevne det, og si at man ser bort i fra disse.

C-oppgaven er kanskje den som utfordrer hverdagsoppfatninger mest. Mange ser ut til å ha en oppfatning av at det alltid virker en kraft i bevegelsesretningen, også når ballen er i

fritt fall. Dersom elevene diskuterer selv imellom kommer de forhåpentligvis fram til at det kun er tyngdekraften som virker på ballen.

Det å forstå det med krefter på legemer, og kunne tegne krefter på legemer er helt essensielt i fysikk, og det er viktig å terpe på det til det sitter.

Oppgave 4:



Figur 1.1, oppgave 4

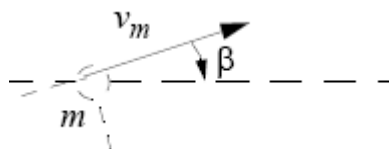
a) Dersom man slipper kula i punkt A med fart 0, hvilken fart har kula i punkt B?

(Se bortifra luftmotstand)

b) Hvor høyt vil ballen komme etter punkt B før den vil snu igjen?

Denne oppgaven omfatter bevaring av energi i et lukket system. En utfordring kan være å kjenne igjen at dette er en type oppgave hvor man kan bruke bevaring av energi for å finne farten til kula i forskjellige posisjoner. Dessuten må elevene kunne bruke ligningene for potensiell, og kinetisk energi for å finne farten. Oppgaven er ment som en slags introduksjon til de senere oppgavene hvor de skal benytte seg av bevaring av energi for å finne kastelengden til ballen når den slynges ut av katapulten.

Oppgave 5



Figur 1.2, oppgave 5

Ei lita kule med masse m har farten $v_m = 16 \text{ m/s}$ i pilens retning. Vinkelen β er 35°

- a) *hvor stor er farten, V_x i x-retning, dvs den fartskomponenten som har samme retning som den stiplede linjen?*
- b) *Hvor stor er farten, V_y i y-retning, den fartskomponenten som står vinkelrett på x-retningen?*

Bevegelsesligningene kan brukes på komponentform. Man kan altså skrive

$$S_x = V_x * t + \frac{1}{2} a_x t^2$$

og

$$S_y = V_y * t + \frac{1}{2} a_y t^2$$

Ved å først bruke ligningen for S_y for å finne tiden, t , og deretter sette inn denne tiden i ligningen for S_x , kan man finne ut hvor langt kulen vil gå i x-retning. Kulens kastebane begynner, og slutter ved bakkenivå, altså ved høyde 0.

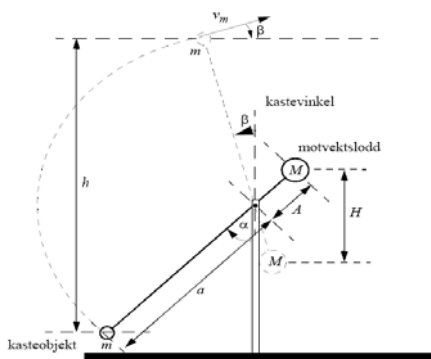
Vi ser bort ifra luftmotstand.

c) hvor stor er akselerasjonen i x-retning?

d) Hvor langt vil kula gå?

Oppgave 5 er et forsøk på å forberede elevene på oppgave 6, hvor de skal finne kastelengden for sin egen katapult. Skråkast er ikke pensum i fysikk 1, så derfor er oppgaven laget slik at de kan løse den ved å følge hintene gitt i oppgaveteksten, og anvende kunnskap de har fra før. Oppgaven passer også som nok et eksempel på bevaring av energi, og hvordan de kan bruke bevaring av energi i et konkret regneeksempel. Dersom de får til denne oppgaven har de et godt utgangspunkt til å få til også oppgave 6. Den største utfordringen er nok å se hvordan de kan bruke kunnskap de har fra før om bevegelsesligningene i denne nye formen som er bevegelsesligningene på komponentform.

Oppgave 6:



m - massen av legemet som skal kastes [gram]

a - kastearmens lengde [meter]

M - massen til motvektssloddet [gram]

A - motvektsarmens lengde [meter]

α - utgangsvinkel

β - kastevinkel

Figur 1.3, oppgave 6

Hvor langt kan ballen gå, gitt målene på deres egenlagde katapult? Vi antar at loddet er festet som på figuren istedenfor hengendes under kastearmen.

Det som det spørres om her er hvor langt ballen teoretisk sett kan gå dersom man ser bort fra luftmotstand. Det vanskeligste er nok å finne utgangshastigheten ettersom det er en ganske komplisert utregning, og den må kanskje tas på tavla. Det å introdusere nytt stoff i et praktisk eksempel tror jeg kan være hensiktsmessig fordi elevene føler de har nytte av å lære det for å fullføre oppgaven de skal gjøre. En av grunnene til at jeg tror at elevene vil ha lettere for å forstå utregningen dersom man tar den skrittvis på denne måten er at elever erfaringsmessig ikke er veldig glade i å jobbe med bokstaver istedenfor tall. Ved å la dem regne ut utgangshastigheten, tiden og kastelengden skrittvis tror jeg de vil ha lettere for å forstå prosessen.

Selv om elevene kanskje bytter ut bokstavene sine etter hvert, synes jeg det kan være viktig at læreren beholder bokstavene. Det å jobbe med en mengde bokstaver som har en eller annen betydning er svært viktig å kunne for realister. Jeg mener det er en viktig del av undervisningen at elevene lærer å bruke fysikkspåket som det er å bruke symboler og bokstaver i utledninger. I denne sammenhengen vil elevene også kunne se en konkret nytteverdi av å beholde bokstavene ettersom man når man har kommet fram til det endelige uttrykket bare kan bytte ut bokstavene med egne tall, og regne seg fram til kastelengden. Denne formelen vil være generell og gjelde for alle katapulter som er bygd på samme måte, men dersom man har byttet ut med tall underveis, har man en formel som gjelder for kun for egen katapult.

Kunnskaper elevene vil komme innpå i denne oppgaven er:

- Bevaring av energi.
- Å kunne regne på potensiell- og kinetisk energi og overganger mellom disse.
- Dekomponering av vektorer.
- Bevegelsesligningene på komponentform.
- Manipulasjon av ligninger.
- Klare å foreta riktige mål.
- Klare å følge med på utledninger med bokstaver, og forstå betydningen av disse bokstavene.

Oppgave 7: Fra hvilken høyde må loddet slippes fra for å få ballen til å gå en viss lengde? På siste prosjektdag blir det konkurranse om hvilken gruppe som er flinkest til å treffe oppsatte blinker.

På denne oppgaven er det vanskelig å bruke teori ettersom det er for mye friksjon og luftmotstand til at vi kan oppnå et ideelt kast. Den beste løsningen på denne oppgaven er nok å foreta eksperimenter fra forskjellige høyder, plote resultatene i en graf, og lage en beste kurvetilpasning. Da vil de forhåpentligvis få en ganske fin lineær graf. Ut fra denne kan de lese hvor langt ballen vil gå for en gitt høyde.

Den første utfordringen er å finne ut hvordan de på best mulig måte kan løse oppgaven. De vil forhåpentligvis ønske å bruke matematisk modellering. I andre klasse på videregående er elevene mest sannsynlig enda ikke veldig komfortable med bruk av grafer, og hvordan man leser dem. Her blir de også nødt til å lage disse grafene selv. I tillegg er det interessant å se hvordan elevene foretar målingene. Tar de kun ett kast fra hver høyde? Det kan i så fall føre til at resultatene blir dårligere enn dersom de tar flere målinger for hver høyde. Dette er en viktig erfaring å ta med seg videre, og viktig kunnskap å vite.

Den største lærdommen elevene tar med seg er forhåpentligvis det å legge opp en strategi for, og gjennomføre eksperimenter for å oppnå et mål. Dersom alt klaffer vil de treffe målene oftere enn de bommer. Det gir også et innblikk i hvordan fysikere jobber, og i all tid har jobbet med naturen. Nå er det vel heller unntaksvis at man finner en lineær sammenheng mellom de størrelsene man sammenligner, men det er absolutt verdt å undersøke dersom man ikke har andre forslag, og i dette tilfellet stemmer det tålig bra.

Oppgave 8 Hvor stort arbeid utfører tyngdekraften på ballen fra den forlater kurven til den treffer bakken?

Den største utfordringen med denne oppgaven blir nok å finne ”veien”. Det at strekningen kun er den loddrette forflytningen ettersom tyngdekraften kun virker i vertikalplanet. Dette er også en forståelsesoppgave, den krever at elevene har forstått konseptet arbeid.

Oppgave 9: Hvilken utgangsvinkel bør man benytte dersom man ønsker å få ballen til å gå så langt som mulig? (Det holder å prøve seg fram)

Denne oppgaven er ment å være en eksperimenteringsoppgave, altså at elevene prøver seg fram med forskjellige utgangsvinkler for å finne ut hvilken utgangsvinkel som gir lengst kastelengde. Elevene må finne ut hvordan de kan variere vinkelen, mest naturlig er kanskje å stable bøker under den ene enden av katapulten.

1.3 Tilknytning til læreplanen

Under formål i KL-06 finner man følgende læreplanmål:

Programfaget fysikk skal bidra til forståelse av natur, teknologi og fenomener i dagliglivet. Det gir grunnlag for å bruke fagkunnskap i ulike sammenhenger, fra praktiske situasjoner i hverdagen til avgjørelser som påvirker samfunnsliv, natur og miljø. Programfaget fysikk gir innføring i fysikkens begreper, symboler og språk, og knytter teori og beregninger til observasjoner og praktisk laboratoriearbeid.

Programfaget skal bidra til å vise fysikkfagets bruk av matematikk og hvordan matematikken brukes til å modellere virkeligheten. I tillegg skal programfaget gi innsikt i at fysikk er en del av kulturarven, og at faget må ses i et historisk perspektiv.

Dette formålet mener jeg delvis blir dekket ved bruk av katapultkast. Overføringen av energi fra loddet til ballen er en grunnleggende overføring av energi som blir brukt i mange sammenhenger. Det er også et forsøk på å knytte teori og beregninger til et praktisk eksempel. Her må man finne ut hvilke mål man trenger på egenhånd, og hvordan man skal finne dem. Det er for eksempel ikke opplagt hvordan man skal finne utgangsvinkelen på best mulig måte. Det blir også brukt mye matematikk i utregningene, og nytten av en god graf bør komme

tydelig fram. Sist men ikke minst er dette et eksempel på hvordan våre forfedre har brukt fysikk-kunnskaper i ”hverdagen”. Kanskje var ikke kunnskapene like grundige som i dag, men de grunnleggende prinsippene kunne de ofte, og hvordan de skulle utnytte seg av dem. Ofte har det vært slik at fysikk-kunnskaper har blitt utviklet ut fra behov.

Fra KL-06 kan vi trekke fram følgende under *hovedområder* oppgavene dekker:

Klassisk fysikk

Hovedområdet handler om de eldste og mest brukte fysikklovene, og hvordan de kommer til uttrykk innen mekanikk, elektrisitetslære og termofysikk. Et sentralt prinsipp er bevaring av energi i ulike prosesser.

Å regne på bevaring av energi er det som gjør at man kan finne kastelengde, oppgave 4, 5, og 6 inneholder bevaring av energi.

Å beskrive naturen med matematikk

Hovedområdet handler om hvordan matematikk blir brukt i fysikk, spesielt i hovedområdene klassisk fysikk og den unge forskeren. I dette hovedområdet blir matematikk brukt til å systematisere observasjoner gjennom fysiske lover. Videre dreier det seg om bruk av matematikk til å beskrive fenomener og forutsi hvordan et system vil oppføre seg i framtiden.

Oppgave 7 går ut på å lage en matematisk modell for hvordan kasteobjektet vil oppføre seg når loddet slippes fra en gitt høyde. Denne oppgaven er også i hovedsak om å systematisere observasjoner.

Den unge forskeren

Hovedområdet handler om at fysikk er et eksperimentelt fag, der trening i å planlegge, gjennomføre og vurdere forsøk er viktig. Videre dreier det seg om kunnskap om og trening i å bruke måleinstrumenter, dokumentere forsøksoppsett, innhente data og presentere måleresultater. Hovedområdet dreier seg også om hvordan vitenskapelig kunnskap etableres, og om noen mulige konflikter og dilemmaer som kan oppstå i denne prosessen.

Dette punktet dekkes også av oppgave 7, elevene må plote måledata opp mot hverandre, og presentere måleresultatene i rapporten, og også vise hvor godt de har lyktes under konkurransen.

Fysikk og teknologi

Hovedområdet handler om fysiske prinsipper som ligger til grunn for noen komponenter i moderne teknologi. Videre dreier det seg om viktige forutsetninger og begrensninger i teknologien.

Det er veldig mye i teknologi som har med overganger mellom potensiell- og kinetisk energi, slik som de regner på i oppgavene med bevaring av energi. I tillegg mener jeg at selve det å bygge en katapult faller under teknologi fordi de faktisk bygger et teknologisk hjelpemiddel, som riktignok ikke kan regnes som moderne teknologi, men i sin tid var svært viktig. Selv om man først og fremst tenker på gjenstander som inneholder ledninger, strøm og gjerne er lagd av skinnende metaller når man tenker på teknologi, så var katapultteknologi nymoderne teknologi i sin tid det også. Dessuten er det å bygge gjenstander som skal ha en bestemt funksjon en god øvingsoppgave til senere å skulle bygge gjenstander med andre funksjoner, kanskje noe som er mer nyttig den dag i dag.

under *grunnleggende ferdigheter* i KL-06 står det:

Å kunne regne i fysikk innebærer å bruke tall og beregninger til å registrere og utarbeide resultater fra egne målinger, og lage tabeller og diagrammer med fysikkfaglig innhold. Det betyr å bruke og tolke formler og modeller av virkeligheten, og bearbeide og tolke ulike typer data. Å kunne regne vil si å bruke metoder fra matematikkfaget. I tillegg innebærer det bruk av vektorer, parameterframstilling av kurver og differensial- og integralregning.

Det å regne med vektorer kan være litt utfordrende i begynnelsen, samtidig som det er noe de kommer til å få svært god bruk for dersom de velger å fortsette med realfag senere. I oppgave 3 tegner de også grafer ut fra en observert bevegelse. I det hele tatt er det mye her som blir dekket av oppgave 2, 6, og 7.

De tidligere nevnte punktene i læreplanen er slike som man til en viss grad kan tolke på flere forskjellige måter, men under kompetansemål kommer det helt klart fram hvilke kunnskaper elevene skal lære. Jeg har også klart å finne noen av dem som jeg mener dekkes av katapultoppgavene.

Kompetansemål:

- *gjøre rede for situasjoner der friksjon og luftmotstand gjør at den mekaniske energien ikke er bevart, og gjøre beregninger i situasjoner med konstant friksjon*
- *identifisere kontaktkrefter og gravitasjonskrefter som virker på legemer, tegne kraftvektorer og bruke Newtons tre lover*
- *bruke parameterframstilling til å beskrive rettlinjet bevegelse for en partikkel, og bruke derivasjon til å regne ut fart og akselerasjon når posisjonen er kjent, både med og uten digitale verktøy*
- *lage en eller flere matematiske modeller for sammenhenger mellom fysiske størrelser som er funnet eksperimentelt*
- *bruke matematiske modeller som kilde for kvalitativ og kvantitativ informasjon, presentere resultater og vurdere gyldighetsområdet for modellene*
- *planlegge og gjennomføre egne undersøkelser og foreta relevante forsøk innen de forskjellige hovedområdene i faget*
- *samle inn og bearbeide data og presentere og vurdere resultater og konklusjoner av forsøk og undersøkelser, med og uten digitale verktøy*

Alle disse kompetansemålene går direkte på noe elevene må gjøre i sine oppgaver. Den mekaniske energien er ikke bevart i katapultkastet. Kontaktkrefter og gravitasjonskrefter skal de tegne i oppgave 2. Antageligvis kommer de fleste elevene til å få en ligning som er en slags parameterframstilling av kastelengde etter å ha gjort oppgave 7, som også omhandler en matematisk modell.

1.4 Pedagogiske mål med katapultprosjektet

Elevene vil få en innføring i hvordan katapulter virker, og hvordan fysikkunnskaper de har lært allerede kan brukes til å regne ut kastelengde for en katapult av denne typen.

Et viktig aspekt med praktisk arbeid, er at det er en variasjon fra teoretisk undervisning, og kanskje av den grunn alene kan virke motiverende for elevene. I tillegg vil dette prosjektet forhåpentligvis være mer interessant, og derfor mer engasjerende for elevene enn et standard teoretisk eksempel.

Et slikt prosjekt kan også virke differensierende fordi det er forskjellig vanskelighetsgrad på oppgavene, og alle bør få til noen oppgaver. Noen av oppgavene er svært utfordrende, noe som vil gi de faglig sterke elevene noe å bryne seg på. Uansett om elevene er sterke og svake vil konkurransen på slutten forhåpentligvis være med på å binde gruppen sammen som en enhet.

Nelson (2006) fant ut at bruk av lærebok i den svenske skolen er utbredt, noe som sannsynligvis også gjelder i den norske skolen. Han skriver også at det å i stor grad å basere seg på en lærebok kan gi mangelfull undervisning. Det å kun bruke læreboka som læringskilde kan virke trygt og fornuftig, og det er det også til en viss grad. Den er skrevet av fysikere som er erfarne både på den faglige og pedagogiske biten. Likevel mener jeg det har sin nytte å benytte seg av alternative læringsmetoder også. Det å jobbe med et prosjekt er noe elevene kan dra stor nytte av. I arbeidslivet får man ofte i oppgave å jobbe i et team om et prosjekt i en eller annen form. Akkurat denne typen oppgave som det her, hvor det ikke nødvendigvis er fasit på alle oppgavene, og man er nødt til å komme fram til en del framgangsmåter på egenhånd, er noe av det jeg selv har vært dårlig på. Jeg har alltid likt konkrete oppgaver hvor det er ett riktig svar, og man kan bruke fremgangsmåter man kjenner fra tidligere. Det tror jeg er fordi det er denne typen oppgaver jeg kjenner best, og har jobbet mest med. I arbeidslivet er det ikke slike oppgaver en får. Det kan virke tidkrevende og skummelt å slippe elevene fri på en slik måte, men samtidig kan det være en veldig gunstig måte å la elevene selv lære de nødvendige kunnskapene. Dessuten frigir det lærerens tid til å gå rundt og hjelpe og diskutere med elevene. Det kan være en fin måte for læreren til å få oversikt over enkeltelevens styrker og svakheter for å kunne tilpasse undervisningen videre.

Sist men ikke minst tror jeg det er et prosjekt som kan være spennende for elevene, først og fremst oppgave 7 hvor de etter hvert skal treffe mål ved hjelp av sine utledede modeller.

Dersom man klarer å få til en slags ”finale” på prosjektet hvor man har premie/diplomutdeling, og gjør stas på elevene for arbeidet de har utført vil det forhåpentligvis bidra til at elevene får en positiv opplevelse av hele prosjektet.

Som sagt kan det kanskje være tryggere å følge læreboka slavisk, men et godt prosjektarbeid kan bidra til bedre utvikling av elevenes kunnskap, lærerens læremetoder, og samarbeidet i klassen.

2 Fysikken bak katapultkast, og fagdidaktisk teori

I dette kapitlet vil jeg først se litt på hva forskjellige forskere har skrevet om praktisk arbeid, samt diskutere hvilken rolle praktisk arbeid har hatt i den norske skolen. I andre delkapittel vil jeg se på hverdagsforestillinger elever har innenfor mekanikk, og hvordan disse påvirker elevenes evner til å lære. I tredje delkapittel kommer jeg inn på modellering i fysikkfaget, og en ny type kunnskap som kan knyttes til teknologi og praktisk anvendelse av teoretiske kunnskaper. I siste delkapittelen går jeg gjennom den teoretiske fysikken bak katapultkast.

2.1 Den undersøkende delen av praktisk arbeid

Naturfaget regnes som et viktig fag i den norske skole, elevene begynner med det tidlig, og det er også et obligatorisk fag for alle elever i den videregående skole. Sjøberg trekker i sin bok *Naturfag som allmenndannelse* fra 2004 fram tre dimensjoner som er viktige fra et allmenndannende perspektiv:

- 1) *Naturvitenskapen som produkt, som et kunnskapssystem, et byggverk av begreper, lover, modeller og teorier.*
- 2) *Naturvitenskap som prosess, som metode, noe som praktiseres og som stadig pågår. Naturvitenskapens styrke er ikke bare at den faktisk har en rekke svar på spørsmål, men at den også består av effektive måter å løse nye oppgaver på.*
- 3) *Naturvitenskap som sosial institusjon, som del av samfunnet. Naturvitenskap bedrives i dag av millioner av mennesker i en lang rekke yrker og profesjoner.*

(s. 154-155)

Praktisk arbeid bør være med å bidra til alle disse tre dimensjonene. Elevene bør kunne lære begreper, lover, modeller og teorier bedre ved å bruke dem i praksis. De bør kunne lære den naturvitenskapelige metode ved å prøve ut slike metoder. Og praktisk arbeid bør kunne bidra til å forberede elevene på et eventuelt senere arbeid innenfor en naturvitenskapelig retning, samt gi dem en forståelse av hva slags type arbeid folk i naturvitenskapelige jobber bedriver. Først og fremst tenker man gjerne på at elever skal lære om naturvitenskapen som prosess når de utfører praktisk arbeid, at de skal lære de metodene som forskere opp i gjennom tidene har benyttet for å utvikle nye teorier.

Ntombola (1999) har følgende tre grunner til å bruke praktisk arbeid i fysikkundervisningen:

- *Det forsterker læring av naturvitenskaplige konsepter, og praktiske evner*
- *Det øker elevenes glede av naturvitenskapen*
- *Den gjør det mulig for elevene å arbeide som vitenskapsmenn og faktisk oppdage teorier*

(s. 120)

Videre diskuterer han om den siste grunnen kan regnes som gyldig ettersom man i de fleste tilfeller av praktisk arbeid har en lav frihetsgrad, og i stor grad blir ledet fram til riktig konklusjon.

Når forskere finner nye teorier er det gjerne gjennom en rekke undersøkelser, og uten at man vet noe om hva slags utfall disse undersøkelsene kommer til å få. De må lage egne hypoteser, finne egne måter å teste hypotesene, og passe på at disse hypotesene blir undersøkt på tilfredsstillende måte. Blant målsetningene oftest oppgitt for praktisk arbeid i den norske skole er ”motivasjon for å lære naturvitenskap”, og ”lære vitenskaplig kunnskap” (Lie, Kjærnsli og Brekke (1997), s. 213). Det er også blitt vist at lærere ofte bruker eksperimenter med lav frihetsgrad for at elevene skal få se et bestemt fenomen og få visse erfaringer.

I følge Woolnough, sitert av Ntombela, kan de tre målsetningene ved praktisk arbeid oppnås ved tre typer praktisk arbeid:

- 1) *Øvinger: Brukt til å utvikle visse spesifikke praktiske evner som målinger, og bruk av apparater.*
- 2) *Undersøkelser: Brukes for å utvikle vitenskaplige måter å arbeide på, bruke erfaring og forståelse til å løse hele undersøkelser. Undersøkelser burde gi elever en mulighet til å ta et reelt problem, analysere det, vurdere ulike måter å løse det, velge beste framgangsmåte, og deretter analysere og evaluere resultatene.*
- 3) *Erfaringer: Brukt til å gi elevene erfaringer av forskjellige fenomener. Viktig for å gi forståelse av teorien, men brukes ikke kun av den grunn.*

(s. 121)

Millar (1991) foreslår å dele praktisk kompetanse inn i tre underkategorier som vist i tabell 2.1:

Generelle kognitive prosesser	Praktiske teknikker	Undersøkelsesteknikker
Observere, klassifisere, lage hypoteser...	Måle temperaturer med en grads sikkerhet, skille fast stoff fra væske ved filtrering...	Repetere målinger, tegne grafer for å se tendenser i måledata, identifisere variabler, måle, kontrollere...

Tabell 2.1: Praktisk kompetanse; underkategorier, tabell hentet fra Ntombela (1999), s 123.

Norske elever har mye øvinger og erfaringer, og kan ved denne type praktisk arbeid lære generelle kognitive prosesser, og praktiske teknikker. Dette er selvsagt svært viktig del av naturvitenskapen, og kan kanskje være fine introduksjonsøvinger for elever, men for å virkelig lære den vitenskapelige arbeidsmetode må elevene også få prøve seg på egne undersøkelser med større frihetsgrad. I tilfeller hvor elever kjenner til det ”riktige svaret” på en øving vil hele øvingen bli farget av den tanken. De kan finne på å forkaste enkelte resultater fordi de strider mot det de ”vet”, eller gjøre store logikksprang basert på at de vet hva de skal ende opp med. Et eksempel kan være en klasse hvor jeg utførte en elevøving om arbeid på skråplan, og et av spørsmålene var ”hvordan stemmer deres resultater med mekanikkens gylne lov: det som vinnes i kraft, tapes i vei”. Elevene hadde utført forsøk med å trekke en kloss opp skråplan med varierende helningsvinkler. I følge mekanikkens gylne lov burde arbeidet være likt uansett hvilken vinkel skråplanet hadde fordi når kraften ble mindre ble veien tilsvarende lenger. Som vanlig er i virkelighetens verden var ikke resultatene slik, i tillegg til den vanlige friksjonen som man ikke kan se bort i fra når forsøket utføres med treklosser på treplanker var det veldig gamle, og ikkefungerende fjærvæker som gjorde at det ikke var en eneste gruppe som hadde fått resultater som stemte med teorien. Til tross for dette hadde hver eneste gruppe konkludert med at deres resultater stemte med mekanikkens gylne lov. Dette var en typisk øving med forholdsvis lav frihetsgrad, elevene hadde fått tabeller de skulle fylle ut, og trengte egentlig bare å fylle inn tall, regne ut arbeidet, og trekke noen konklusjoner. Det ligner ikke på prosessen vitenskapsmenn går igjennom. Man kan jo også stille spørsmål med at elevene i mange tilfeller er så sikre på hva utfallet ”skal bli” at de ser bort i fra resultater som tyder på det motsatte. Man kan vel faktisk hevde at dette er stikk i strid med den naturvitenskapelige metode hvor det er viktig å se på eventuelle uregelmessigheter og om disse motbeviser hypotesen. Ntombela (1999) skriver følgende:

The criterion that is generally used in classroom experiments is that they should work; and this is sensible if one considers the number of experiments or "discoveries" that pupils have to go through in a term or year. It is this very criterion that weakens the understanding of how "real" science happens. Everyone participating in the exercise becomes preoccupied with the right theoretical knowledge. "Discovery learning" cannot, therefore, offer a multi-purpose pedagogical solution to the need to know scientific theories as well as the need to understand the processes by which science grows

(s.126)

I Norge har det som nevnt tradisjonelt sett blitt brukt øvinger med lav frihetsgrad, og lite av det som Woolnough beskriver som "undersøkelser". I England derimot er "Experimental and Investigative Science" en av fire ferdigheter elevene skal lære, denne ferdigheten vektlegges 50% i begynnelsen av grunnskolen og 25% i det trinnet som tilsvarer ungdomsskolen (Duggan og Gott, (1995), sitert av Kind). Dette er muligens grunnen til at England har skåret veldig høyt på den internasjonale TIMSS-undersøkelsen. I et kapittel av boka *Practical work in science education* skriver Kind (1999) om noen av tendensene som kunne sees i arbeidet blant andre norske, og engelske elever hadde gjort på den praktiske delen av TIMSS undersøkelsen. Norske elever gjorde det stort sett gjennomsnittlig på oppgavene, men gjorde det bedre på de oppgavene hvor framgangsmåten var veldig klargjort i oppgaveteksten, og under gjennomsnittlig på den oppgaven hvor framgangsmåten ikke var like klart spesifisert. Mens de engelske elevene var flinke til å inkludere framgangsmåten og kunne vise at de hadde fulgt en vitenskaplig plan, hadde de norske elevene en tendens til å komme fram til riktig svar, men uten å inkludere aspekter som gjorde deres planer for utførelse vitenskaplige (Kind, 1999). De engelske elevene viste altså bedre forståelse for den vitenskaplige metode ved å inkludere beskrivelse av hvordan de utførte eksperimentet med tilstrekkelig antall målesett, kontrollerte andre variabler, og også ved å kommentere i hvilken grad eksperimentet fungerte. De hadde med andre ord mye bedre forståelse for det som i tabell 2.1 kalles for *undersøkelsesteknikker*. Mange av de norske elevene så ut til å ha brukt "fornuft" framfor "vitenskaplig metode". De samlet sammen vitenskaplig data, men brukte ikke tilstrekkelig mange målesett, og målte ikke alle variablene.

Kind (1999) skriver videre at det at de engelske elevene gjør det så mye bedre på slike tester nok har like mye med måten det praktiske arbeidet blir lært bort som mengden praktisk arbeid som blir gjort. England har lagt mer vekt på den undersøkende delen av praktisk arbeid.

Tilsvarende kan det at de norske elevene gjør det bedre på lukkede forsøk enn på forsøk med høyere frihetsgrad nok ha mye med rollen praktisk arbeid tradisjonelt sett har hatt i den norske skole å gjøre.

Nå kan man ikke se bort ifra at øvinger og erfaringer er viktige for i det hele tatt lære metoder. Man kan ikke forvente at elever instinktivt vet hvor mange målesett man bør ha, hvordan man modellerer, hvordan man bruker forskjellige måleinstrumenter og apparater, hvilket alle er viktige praktiske kunnskaper man bør ha en viss kjennskap til før man begynner med egne vitenskaplige undersøkelser. Man skulle kanskje tro at de norske elevene hadde gjort det bedre enn de engelske elevene på de mer lukkede forsøkene, men de engelske elevene gjør det også mye bedre enn de norske elevene her, selv om forskjellen ikke er like stor som for åpne forsøk. Altså ser det ut til at de engelske elevene har lært seg alle de tre underkategoriene av praktisk kompetanse gjennom sitt praktiske arbeid. Ikke nok med det, men de skårer også bedre enn de norske elevene på den teoretiske biten av TIMMS, noe som kanskje kan tyde på at de engelske elevene også har lært seg teori også ved sitt praktiske arbeid?

Også i Norge er det nå begynt å sette fokus på undersøkende elevøvinger i naturfaget, noe som blant annet har kommet fram i det nye hovedområdet ”forskerspiren” i grunnskolen, og tilsvarende ”den unge forskeren” i programfaget i Kunnskapsløftet fra 2006.

Som nevnt tidligere i kapitlet vil elevers konklusjoner være svært farget av hva de på forhånd tror er riktig konklusjon. Ntombela (1999) skriver blant annet: *Information that is gathered from observation is not simply given by nature but rather actively taken by the observer who is guided by theories, beliefs and concepts that shape these.* Dette vil ikke gjelde kun naturvitenskaplig teori de har blitt lært, men også egne forestillinger de måtte ha på forhånd. For å kunne lære bort noe på en tilfredsstillende måte er det altså viktig å vite hva slags hverdagsforestillinger elever kan ha på forhånd, og jeg vil derfor skrive litt om hverdagsforestillinger, spesielt for bevegelse i neste delkapittel.

2.2 Elevenes hverdagsforestillinger

Alle har en del forestillinger om omverden, dette følger av menneskets naturlige evne til å gjøre seg opp formeninger om det som skjer rundt seg, og trekke tilsynelatende logiske

slutninger av det vi ser. Enkelte av forestillingene blir naturlig nok gale, ettersom det slettes ikke er alt som er slik det ser ut som. Ofte kan man ha slike fullstendig gale hverdagsforestillinger som man ikke er klar over selv. Når det gjelder fysiske størrelser som kraft og bevegelse er det for eksempel mange som er forvirret. I deres artikkel: *The initial knowledge state of college physics students (1985)* kom Halloun og Hestenes fram til følgende slutninger som har med hverdagsforestillinger om kraft og bevegelse, på grunnlag av forskning på området:

- *Hverdagsforestillinger om bevegelse er generelt sett uforenlige med Newtons teorier. Altså er det en tendens til at studenter systematisk misoppfatter undervisning i introduserende fysikk-kurs*
- *Hverdagsforestillinger er veldig stabile, og konvensjonell fysikkundervisning gjør lite for å forandre på dem.*

Som diskutert i forrige delkapittel vil altså mye av det elevene hører bli tolket ut i fra deres tidligere erfaringer og forestillinger om emnet. Halloun og Hestenes skriver også om hvordan elevene reagerte dersom de fikk demonstrert for eksempel ved et forsøk at disse hverdagsforestillingene var feil. De fleste fant da på alternative teorier for hvorfor ikke dette stemte i nettopp det viste tilfellet, og sto på sin opprinnelige svar. Disse forsøkene viste altså at det er svært vanskelig å rokke ved slike hverdagsforestillinger, og det krever en del å få elevene til å forandre på dem. En veldig vanlig hverdagsforestilling er at et legeme i bevegelse har en viss "impetus", altså at den har en viss kraft som gradvis brukes opp inntil legemet stopper. Impetus-teorien var en vitenskapelig teori som ble formulert av Jean Buridan på 1300-tallet på bakgrunn av tanker som var vanlige blant fysikere på den tiden:

"A mover, while moving a body, *impresses* on it a certain *impetus*, a certain power capable of moving this body in the direction in which the mover set it going, whether upwards, downwards, sideways or in a circle. By the same amount that the mover moves the same body swiftly, by that amount is the impetus that is impressed on it powerful. It is by this impetus that the stone is moved after the thrower ceases to move it; but because of the resistance of the air and the gravity of the stone, which inclines it to move in a direction opposite to that towards which the impetus tends to move it, this impetus is continually weakened. Therefore the movement of the stone will become continually slower, and at length, the impetus is so diminished or destroyed that the gravity of the stone prevails over it and moves the stone down towards its natural place."

Impetus-teorien, utklipp hentet fra Halloun og Hestenes (1985)

Denne teorien er svært lik den mange elever ubevisst har, noe som ikke er rart ettersom den er basert på det man "ser" i omverden. Folk flest tenker ikke over Newtons lover når de skal beskrive hva som skjer, og de ser heller ikke for seg verdener uten luftmotstand og andre friksjonskrefter. Folk har også en slags intuitiv forestilling om at kraft og fart er proporsjonale og i samme retning (Sjøberg (2004), s. 281). De to nevnte forestillingene er ikke noe folk flest blir utfordret på til daglig, og folk flest kan gå lykkelig gjennom livet uten å noen gang innse at de har tatt feil om noe som blant fysikere anses som veldig viktig. Det ligger litt i ordet *hverdagsforestillinger*, forestillinger som ikke bryter med hverdagslivet, man merker ikke at de er gale dersom man ikke blir utfordret på dem. Som fysiker er det essensielt å forstå Newtons lover ettersom de er grunnleggende for veldig mye fysikk. Spørsmålet er hvordan man på best mulig måte kan få bukt med disse hverdagsforestillingene. Sjøberg (2004) skriver: *vi er hele tiden aktive byggere av "lover" og "teorier", slik at verden gir mening og får betydning for oss. Når vi lærer vil vi aldri bare overta andres kunnskaper eller ferdigheter, men vi må selv være aktive konstruktører (s. 37)*. Det nytter altså ikke å fortelle elevene at det de mener er galt, de må gis eksempler på tilfeller hvor teorien deres ikke stemmer, og de må utfordres med spørsmål som får dem til å stille spørsmål med det de tidligere har tenkt er riktig. Selv om man prøver å vise elevene hva som er galt med deres teorier er det som Halloun og Hestenes fant ut slettes ikke sikkert at elevene når riktig konklusjon. For å få bukt med hverdagsforestillingene er det hvertfall viktig for en lærer å vite hva de er, for at han/hun på best mulig måte kan komme med eksempler som strider mot dem. Sjøberg (2004) har følgende å si om det å få elevene til å kvitte seg med feilaktige hverdagsforestillinger:

Man må, brutalt sagt, prøve å rive ned elevenes forestillinger og erstatte dem med nye og bedre. Og like selvsagt er det at det ikke er læreren som kan gjøre dette, men bare eleven selv. Læreren oppgave blir å legge til rette situasjoner som er slik at eleven ønsker å ta i bruk de nyte mentale verktøyene som skolen tilbyr. Vi vet lite i detalj om hvordan en slik prosess foregår. Den er ikke lett å beskrive, og den er verre å foreskrive

(s. 295)

2.3 Modellering, og anvendelse av praktisk kompetanse

I Kunnskapsløftet, læreplanen som kom i 2006, ble det lagt stor vekt på modellering i fysikkfaget, det å skulle forstå og beskrive naturen ved hjelp av matematikk. Tradisjonelt sett er det å knytte matematikken til reelle praktiske tilfeller noe elevene har store problemer med. Også i Fun-prosjektet (Angell, Guttersrud, Henriksen, og Isnes, 2004; Angell, Henriksen, og Isnes, 2003) kom det fram at elevene synes det var svært vanskelig å skulle oversette fysikk til en matematisk form. Denne evnen til å kunne se sammenhenger er svært viktig for fysikere blant annet for å kunne gjøre naturvitenskaplige undersøkelser, det å kunne finne sammenhenger mellom to tilsynelatende fenomener er sentralt i fysikkens historie. Angell, Henriksen, og Kind (2007) skriver følgende: *Modeller og modellering er av stor betydning både fordi ferdighetene i modellering blir sett på som viktig i vitenskap og teknologi, og også fordi forståelse for modellens rolle i naturvitenskapet er viktig fra et allmenndannelsesperspektiv (s. 86)*. Som også diskutert i delkapittel 2.1 er undersøkelser (for eksempel av modellering) viktig for å gi elevene en reell følelse av hvordan fysikere jobber, fysikere gjennom tidene har sittet med forskjellige størrelser og prøvd å finne sammenhengen mellom dem. I visse tilfeller har de også måtte definere egne størrelser og konstanter. Det bør være allmennkunnskap å i det minste ha et begrep om hvordan fysikere har funnet fram til de naturvitenskaplige teoriene vi i dag tar for gitt, på lik linje som det er allmennkunnskap å vite hvordan andre historiske personligheter har arbeidet. For å forberede elever på eventuelt senere arbeid i industri eller som forskere, og også for å gi dem en innsikt i den naturfaglige arbeidsmetoden, altså den såkalte prosessiden ved naturfaget, er det viktig å la elevene få prøve seg på egne modelleringsoppgaver. Spesielt ettersom det tydeligvis er en side av naturfaget som mange elever ikke behersker så godt. Elever mener ofte at matematikken er løsrevet fra virkeligheten, og at det er vanskelig å se sammenhenger mellom for eksempel grafer og fysiske fenomener (Angell, Henriksen, og Kind, 2007).

I delkapittel 2.1 fokuserte jeg på undersøkende arbeid i fysikkfaget, det at elevene burde få prøve ut egne hypoteser og teorier, og lære seg om den undersøkende siden av naturvitenskapen. I tillegg til de tre underkategoriene av praktisk kompetanse beskrevet i tabell 2.1, burde det kanskje vært en fjerde kategori som går på det å kunne anvende sin kunnskap i reelle situasjoner. Ikke nødvendigvis i form av kunne gjennomføre en undersøkelse og forske på noe man lurer på, men det å kunne bruke sine teoretiske

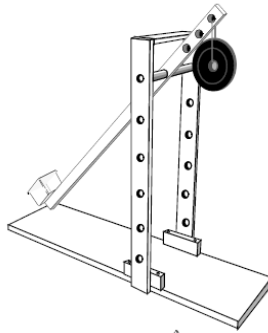
kunnskaper til å beskrive noe reelt, eller også til å bygge, lage, eller produsere noe som er formet i tråd med det man kan av naturvitenskaplig teorier. Dette er tross alt noe mange av realfagsstudentene som ender opp som sivilingeniører kommer til å jobbe med, det å skulle bygge broer som ikke raser, hus, veier, roboter, datamaskiner...

Det som kan være et problem i undervisning er at det teoretiske stoffet synes å være langt fra virkeligheten. Man ser bort i fra luftmotstand, tenker seg at det ikke er friksjon i bakkene, og kan gjerne tilnærme forskjellige støt til å være elastiske istedenfor uelastiske som de i virkeligheten er. I sin bok *Technology's challenge to science education* skriver David Layton (1993) om problemer folk kan ha med å få hverdagsproblemer til å passe inn med teorien de har lært. Det kreves flere typer kompetanser for å løse et gitt reelt problem. I virkelighetens verden vil mange som studerer realfag ende opp i teknologiske yrker. Så er spørsmålet om elever i skolen får nok erfaring med den virkelige verden istedenfor den tenkte verden til å løse oppgaver i den. Layton skriver om å *rekonstruere kunnskap*, det vil si å bruke forskjellig annen kunnskap, som erfaring og sunn fornuft i tillegg til de teoretiske fysikk-kunnskapene til å løse en gitt problemstilling. Når elever må løse teknologiske problemer, lærer de å ta i bruk andre kunnskaper enn de rent teoretiske som de har lært. For at elevene skal være i stand til dette er det viktig at kunnskapen kontekstualiseres, *det vil si at den knyttes direkte til den konteksten hvor den er ment å anvendes, istedenfor at den blir presentert i en generell form som antas å bli nyttig i mange ulike kontekster* (Bungum, 2003). Det er paradoksalt at man kan risikere at studenter som kan regne ut impedans, strøm og spenning i nesten enhver krets ikke nødvendigvis vet hvordan man kan sette sammen en krets som skal ha visse egenskaper. Dette tror jeg har med måten man blir stilt spørsmål. Man får gjerne en oppgitt krets og får beskjed om å regne ut de forskjellige komponentene i denne kretsen. Hvorfor ikke heller beskrive en krets som skal ha visse egenskaper, og be elevene/studentene om å designe en krets som oppfyller kravene? Likens kan man få oppgave å regne ut hvor stor tyngde en bro som ser ut på en viss måte kan tåle før den raser sammen, istedenfor å gi oppgave om å lage en bro som skal tåle en viss tyngde, og kanskje også ha en viss prisgrense. Dette ville gjort oppgaven likere det en eventuell framtidig sivilingeniør kunne komme ut for i senere, og på den måten bidra til å forberede elevene på arbeidslivet. En slik type oppgave kan kanskje sees på en blanding av det Woolnough kaller undersøkelser og erfaring, det vil definitivt være en oppgave hvor elevene måtte lage forskjellige hypoteser og framgangsmåter, og bidra til elevenes kunnskap om undersøkelsesteknikkene, samtidig som det vil gi elevene erfaring av noe praktisk.

Dersom man vil at elever skal bli flinke til å løse teknologiske problemer må de også få muligheten til å selv prøve seg på slike problemer. Samfunnet har stor mangel på sivilingeniører. Riktignok er de ulike studieretningene stort sett veldig flinke til å integrere det praktiske inn tidlig i studiene, men det burde ikke være nytt for elevene, og når man vet at mange realfagselever kommer til å ende opp i teknologiyrket, bør teknologundervisningen komme inn også tidligere i utdanningen. På denne måten vil også realfagsstudenter som ikke ender opp i teknologiyrker få en enda mer helhetlig forståelse av omverden. Da kan man virkelig si at naturfaget bidrar til den tredje dimensjonen Sjøberg (2004) beskriver som et viktig allmenndannende perspektiv, nemlig naturvitenskap som sosial institusjon. Mange tror at de eneste som trenger realfag er de som skal bli forskere, og har liten kunnskap om i hvilken grad realfagskompetanse inngår i også en rekke andre yrker.

Et katapultprosjekt hvor elevene selv skal bygge katapultene, og utføre teoretiske og praktiske oppgaver som har med katapulten å gjøre, vil forhåpentligvis bidra til mange dimensjoner ved fysikkundervisningen. Det er helt klart et praktisk prosjekt, med forskjellige typer praktisk arbeid, det kan være med på å utfordre hverdagsforestillinger elever kan ha om bevegelse, og kanskje viktigst kan det hjelpe elevene til å anvende teoretisk kunnskap i en konkret praktisk situasjon.

2.4 Fysikken bak katapultkast

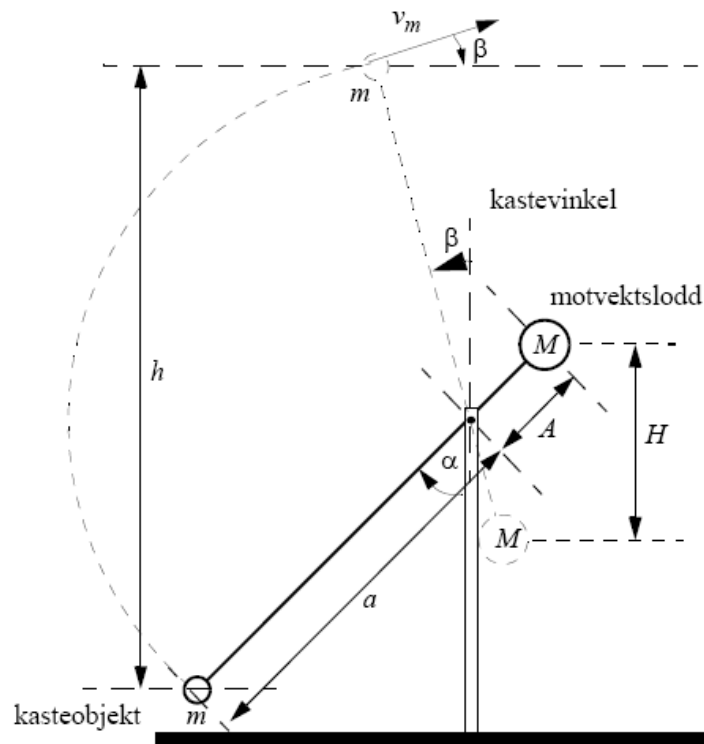


Figur 2.1: Eksempel på en enkel katapult. Figur hentet fra Rossing (2003).

Fysikken bak et katapultkast av denne katapulttypen sett på figur 2.1 er forholdsvis enkelt og greit å regne på dersom man forenkler litt. Selv med kun litt fysikk-kunnskaper kan man forstå hva det er som skjer.

Loddet med masse M har potensiell energi, og dersom det blir sluppet vil, den potensielle energien bli omgjort blant annet til kinetisk energi til (for eksempel) en ball med masse m som man kan putte oppi kurven på motsatt side av loddet.

Etter at ballen forlater kurven pleier man ofte å se bort i fra luftmotstand og si at den eneste kraften som virker på den er tyngdekraften som etter hvert vil sørge for at ballen treffer bakken.



Figur 2.2: Katapultoppsett som viser de forskjellige symboler og størrelser som vi skal regne på. Figur hentet fra Rossing (2003).

V_m er farten til kasteobjektet med masse m i det objektet forlater kurven. Fartsvektoren danner en vinkel β med horisontplanet. Kasteobjektet blir totalt løftet en høyde h , og avstanden fra kurven til rotasjonsaksen er A .

Motvektsloppet har en masse M og faller totalt en høyde H . Avstanden fra loddet til rotasjonsaksen er A .

Selv om man ofte forenkler for å gjøre det lettere å regne på, er det i virkeligheten mye som spiller inn, friksjon alle steder hvor to objekter er nær hverandre og friksjonskrefter på ballen når den er i luften. Dersom man ser bort i fra disse tingene, noe man ofte gjør i enklere teoretisk fysikk, kan man derimot komme fram til et uttrykk for hvor langt man kan kaste en ball med masse m ved hjelp av et lodd med masse M som faller en høyde H . For å finne lengden ballen blir kastet må man først finne utgangshastigheten V_m .

Beregning av utgangshastighet, v_m

For å finne utgangshastigheten kan man bruke bevaring av energi for et lukket system. Dette blir ikke helt riktig ettersom det vil være en del friksjon som omdanner energi til varme, men likevel en grei tilnærming. Man kan begynne med følgende ligning:

$$(1) \quad MgH - mgh = \frac{1}{2}mv_m^2 + \frac{1}{2}Mv_M^2$$

I utgangspunktet er den tilgjengelige energien lik den potensielle energien til loddet. For å finne den kinetiske energien de to massene oppnår må man trekke fra potensielle energien til ballen. Det er altså det som er på venstre siden av denne ligningen. Den potensielle energien til loddet – den potensielle energien til ballen.

På høyre side er den potensielle energien til både loddet med masse M , og ballen med masse m . Vi har to ukjente farter her, men vi kan finne den ene uttrykt ved den andre for å stå igjen med en ligning med kun en ukjent. Vi vet at omløpstiden for de to objektene er lik, altså kan vi sette opp:

$$\frac{2\pi a}{v_m} = \frac{2\pi A}{v_M}$$

$$(2) \quad v_M = \frac{A}{a}v_m$$

Dette kan vi sette inn i ligning (1) for å få:

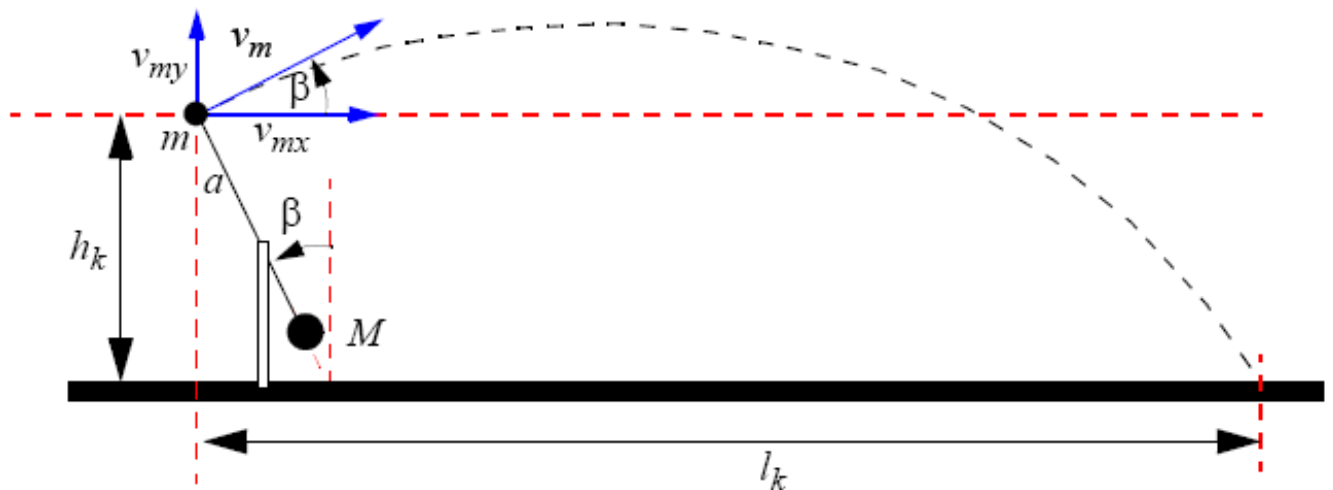
$$(3) \quad MgH - mgh = \frac{1}{2}mv_m^2 + \frac{1}{2}M \frac{A^2}{a^2}v_m^2$$

Denne ligningen har kun en ukjent og kan dermed løses for V_m . Da får vi:

$$(4) \quad v_m = \frac{2g(MH - mh)}{(m + M \frac{A^2}{a^2})}$$

Nå har vi altså en måte å regne ut utgangshastigheten til ballen på, i tillegg trenger vi utgangsvinkelen, β , den finner vi ved å bruke gradskive.

Beregning av kastelengde, l_k



Figur 2.3: Kastebane for kasteobjektet. Figur hentet fra Rossing (2003).

Figur 2.3 viser kastebanen for kasteobjektet som slynges fra katapulten.

Kasteobjektet slippes i en høyde h_k fra bakken. V_m er fortsatt utgangshastigheten til objektet, denne hastigheten kan dekomponeres i to farter: Horisontalfarten, V_{mx} , og vertikalfarten V_{my} . β er fortsatt vinkelen farten danner med horisontalplanet. Det vi ønsker å finne er kastelengden. l_k

Vi har både utgangshastigheten og kastevinkelen, og høyden h_k kan vi finne. Da går det greit å finne kastelengden. Først må man dekomponere utgangshastigheten i horisontal- og vertikal fart, V_{mx} og V_{my} .

$$v_{my} = v_m \sin(\beta)$$

$$v_{mx} = v_m \cos(\beta)$$

Nå ønsker vi å finne tiden det tar fra ballen forlater kurven til den treffer bakken. Når vi har konstant akselerasjon kan vi bruke en av bevegelsesligningene for konstant akselerasjon på komponentform:

$$(5) \quad s_y = v_{0y}t + \frac{1}{2}a_y t^2$$

Her blir S_y lik den avstanden ballen går i vertikal retning, altså lik h_k , og akselerasjonen er lik tyngdeakselerasjonen, g . Dersom vi bytter litt om på leddene får vi så en annengradsligning:

$$(6) \quad -\frac{1}{2}gt^2 + v_{my}t - h_k = 0$$

Her er positiv regning valgt i fartsretningene, altså oppover, og i kasteretningen på figuren, derfor får vi negativ akselerasjon, og ettersom endeposisjonen er lenger nede enn utgangsposisjonen, blir også strekningen negativ. Denne ligningen kan vi løse som en vanlig annengradsligning:

$$(7) \quad t = \frac{v_{my} + \sqrt{v_{my}^2 + 2gh_k}}{g}$$

(Her har vi forkasta den negative verdien ettersom det er den positive tiden vi er ute etter)

Nå kan vi bruke ligning (5) igjen i horisontalretning. Ettersom vi antar at det ikke er noen akselerasjon i den retningen, står vi igjen med:

$$(8) \quad s_x = v_{0x}t$$

Her er s_x lengden i horisontalregning l_k som vi var ute etter, og t har vi nettopp regnet ut. Altså står vi igjen med:

$$l_k = v_0 \cos(\beta)t$$

Og endelig:

$$(9) \quad l_k = v_0 \cos(\beta) \frac{v_{my} + \sqrt{v_{my}^2 + 2gh_k}}{g}$$

Ved å sette inn størrelsene i denne formelen vil elevene komme fram til kastelengden for katapulten sin.

Feilkilder:

Som nevnt er det luftmotstand på ballen som vil senke farten. Det er friksjon alle steder der to objekter er nær hverandre, og massen til staven de to massene er festet i er heller ikke tatt med i beregningene.

3 Utarbeiding av opplegget, metode, og gjennomføring

I dette kapitlet vil jeg beskrive hvordan opplegget ble utarbeidet, hvilken metode jeg brukte for dokumentere resultater, rammefaktorer, og til slutt hvordan gjennomføringen av opplegget gikk, med enkelte refleksjoner over hva som kunne vært gjort annerledes.

3.1 Utarbeiding av opplegget

Når man skal gjennomføre et praktisk prosjekt er det en del planlegging og forberedelser som kreves. Jeg var heldig og kunne belage meg delvis på erfaringer gjort av Nils Kr. Rossing under hans gjennomføring av tidligere katapultprosjekt, men det bør likevel testes ut på forhånd av den som skal gjennomføre prosjektet.

I tillegg til å kjøpe inn diverse utstyr som spiker, målebånd, linjaler, sjonglørballer, tau, hammer, pussepapir, og sag endte jeg opp med følgende utstyr til en katapult:

Rundstokk: 21mm furu: 1 x 25 cm til aksel kastearmen svinges rundt

Planke: 1.5cm x 4.5cm: 2 x 50cm + 1 x 17cm til rammen rundt katapulten

Planke: 1cm x 3.5cm: 1 x 72 cm til kastearmen

Planke: 2cm x 17cm: 1 x 50 cm til grunnflaten

Lodd: 1 x 1.25 kg

Som kurv brukte jeg et etui fra en kortstokk, men det kan selvsagt brukes mange andre typer kurver.

Etter å ha snekret sammen prototypekatapulten testet jeg at det gikk an å modellere kastelengde av ballen som funksjon av høyde loddet ble sluppet fra, og fant at det gikk an å treffe små mål ved bruk av denne modellen. Deretter lagde jeg oppgaver jeg mente passet til dette prosjektet.

Til slutt kjøpte jeg planker og utstyr til enda 7 katapulter (6+1 ekstra), og sagde til, og boret hull i disse slik at elevene bare trengte å spikre sammen katapultene.

Det å sage til og bore hull i plankene gjorde jeg for å ikke bruke for mye tid på snekringen av katapulten under selve opplegget. Det å sage til plankene kan ta noen timer dersom man ikke har elektrisk sag, men det er fullt overkommelig. Til boringen er man relativt avhengig av å ha tilgang til elektrisk bor.

3.2 Metode for undersøkelsen

Det å skulle teste hva slags kunnskaper elever får av et slikt praktisk prosjekt er ikke enkelt, men jeg hadde noen strategier. Før opplegget startet gjennomførte jeg en førttest (vedlegg 2) med elevene, en test som omfattet oppgaver med kastebaner, og krefter på legemer i fritt fall. Dette for å finne ut litt om hva slags oppfatninger elevene hadde fra før om disse tingene. I siste dobbelttime gjennomførte jeg en tilsvarende ettertest (vedlegg 3) for å se om oppfatningene hadde endret seg. I tillegg til dette fikk de også utdelt et evalueringsskjema (vedlegg 4) som gikk på hvordan elevene hadde oppfattet arbeidsoppgavene, og hva de følte de hadde lært. Elevene ble også bedt om å levere inn en besvarelse per gruppe med svar på oppgavene. Den siste viktige bakgrunnen for å trekke konklusjoner er observasjoner i klasserommet gjennomført av meg selv, og faglærer i klassen.

Nå kan det diskuteres hvorvidt dette er en god nok metode for å undersøke utbyttet elevene hadde av dette prosjektet, men dette kommer jeg tilbake til i diskusjonskapittelet.

3.3 Rammefaktorer

Prosjektet ble utført i en fysikk1-klasse på 27 elever med ca like mange gutter og jenter. Klassen delte seg etter eget valg inn i 6 grupper med 4-5 elever på hver gruppe. Det ble to rene jentegrupper, og to rene guttegrupper. Elevene er stort sett flittige, flinke, og veldig greie å ha med å gjøre.

Elevene hadde på forhånd hatt om bevegelsesligningene, og også fått en rask gjennomgang av krefter og energibevaring.

Tiden som ble satt av til prosjektet var to uker (ti timer), fordelt på to tretimersøkter, og to totimersøkter.

3.4 Gjennomføring

I dette delkapitlet vil jeg i tillegg til å beskrive gjennomføringen komme med enkelte observasjoner om hva som fungerte greit, og hva som kunne blitt gjort annerledes. Dette for å gi et bedre inntrykk av hva som faktisk foregikk i timene, og i hvilken grad disse tingene var vellykkede.

Første trippeltime:

I første trippeltime ble det aller først gjennomført en førtest på elevene for å teste litt hva elevene kunne fra før. Deretter ble opplegget forklart, og elevene ble fortalt at de før neste dobbeltime burde ha prøvd seg på alle oppgavene til og med oppgave 5 i oppgaveheftet (vedlegg 1). I denne trippelttimen ble det ikke gjennomgått noe på tavlen, men jeg gikk rundt på alle gruppene og gjennomgikk oppgavene for elevene gruppevis. Oppgave 2 og 3 som omhandlet grafer og krefter på ballen og loddet ble forklart ganske grundig i gruppene, og på oppgave 4 om energibevaring ble det forklart hvordan de kunne bruke bevaring av energi istedenfor bevegelsesligningene, noe alle gruppene gjorde i utgangspunktet. Elevene fikk i lekse å gjøre det de ikke rakk til påfølgende dobbeltime.

Når man ser på resultatene av blant annet innleveringene ser jeg at det nok burde vært noe felles gjennomgang i for eksempel den siste av de tre timene. Elevene hadde jobbet for lite med grafer og det med krefter på gjenstander i bevegelse til å ha en god forståelse for oppgave 2 og 3. Tre timer var ganske passelig, den første timen gikk med til å forklare litt prosjektet, ta førtesten, og å bygge katapulten, mens de to siste timene gikk til oppgaver.

Første dobbeltime

Den første dobbelttimen gikk stort sett med til en kjapp gjennomgang av oppgave 4, en grundig gjennomgang av oppgave 5 (hvordan man kunne finne kastelengde ved å bruke bevegelsesligningene), og en steg for steg utledning av utgangshastighet for deres egne katapulter, første del av oppgave 6. Deretter fikk de beskjed om å bruke samme framgangsmåte som de hadde brukt på å løse oppgave 5 til å løse oppgave 6 nå som de hadde utgangshastigheten. Det de ikke rakk ble lekse til neste dobbeltime.

Det var nyttig med gjennomgangen, elevene var flinke og det virket som om de forsto mye da det ble forklart. Utledningen av uttrykket for utgangshastigheten var det ikke alle som skjønnte, men de fikk skrevet ned uttrykket og burde fra det være i stand til å finne sin egen utgangshastighet. Det var noen som hadde litt problemer med å gjøre om til riktige SI-enheter, og måle de riktige størrelsene, men dette var jo også noe av det de skulle øve seg på i dette prosjektet. Tiden var også her ganske passelig, elevene hadde nok tid til å finne alle størrelsene som kunne gjøre slik at de kunne løse oppgave 6 til neste time. Dette var det likevel ikke alle som gjorde, men det var nok ikke fordi de ikke hadde muligheten til det.

Andre trippelttime

I denne trippeltimen var det meningen at elevene skulle gjøre de tre siste oppgavene. Noen ble sittende en stund med oppgave 6 først, mens andre begynte rett på modelleringsoppgaven. Det ble sjekket at elevene hadde fått til oppgave 6 før de fikk begynne med modelleringen, og eventuelt fikk elevene veiledning med denne.

Det hadde nok holdt med to timer til dette, så kunne deler av siste timen bli brukt til det litt av den siste dobbelttimen ble brukt til. Det var ingen av gruppene bortsett fra en jeg oppfordret spesielt til det som prøvde seg på å finne den optimale utgangsvinkelen ved å prøve seg fram. Elevene jobbet meget godt med modelleringsoppgaven, og testet den også ut. Det var også meningen at elevene skulle gjøre ferdige rapportene, men det så ut til at de fleste heller ville gjøre det i lekse til neste time.

Andre dobbelttime

I første delen av den første timen ble det gjennomgått litt om bevaring av energi, og også oppgaven om arbeid. Deretter fikk elevene ettertesten og evalueringskjema til å fylle ut. Deretter ble det gjennomført en konkurranse som skulle se hvem som hadde vært flinkest til å modellere. Dette ble gjort på følgende måte: Et målebånd ble strukket ut og tapet fast langs en rett linje på gulvet. Jeg hadde tatt med meg små bamser av forskjellig størrelse, og det ble annonsert at den første bamsen ville bli plassert på en viss lengde. Gruppene kunne bomme til sammen 3 ganger før de var ute av konkurransen. Den første bamsen var ganske stor, alle elevene klarte å treffe denne, deretter ble bamsen byttet ut i en mindre bamse, og lengden ble byttet, o.s.v. helt til det kun var tre grupper igjen og målet var en liten kindereggbil på 3-4 cm. Konkurransen skulle egentlig fortsette helt til det kun var en gruppe som traff målet, men

ettersom de to siste gruppene var ekstremt gode, måtte vi til slutt avgjøre ved å la den gruppen som klarte å kaste lengst vinne. Til slutt var det en velfortjent premieutdeling.

Hele den siste dobbelttimen burde nok vært viet til konkurranse, spesielt siden det så ut til at det hadde vært plass til det opplegget i trippelttimen før. Konkurransen gikk til slutt 25 minutter på overtid ca, dette mest fordi elevene hadde vært veldig flinke, og det var merkelig jevnt, men det hadde uansett vært greit med bedre tid til konkurranse og premieutdeling. I tillegg burde det nok vinneren vært avgjort på en annen måte, for eksempel ved å la den ballen som traff nærmest et lite mål vinne. Det ble litt urettferdig å avgjøre med å la den gruppen som kaste lengst vinne ettersom det ikke var noe de hadde blitt bedt om på forhånd. Grunnen til at dette ble gjort var at jeg ikke hadde med flere enn 5 premier. Dersom jeg hadde vært forutseende nok til å forutse en slik situasjon hadde jeg tenkt nøyerere over hva jeg skulle gjøre dersom to grupper var like gode. Dersom det hadde vært mer tid til rådighet hadde det nok blitt en avgjørelse til slutt.

Sluttkommentar til gjennomføringen

Det så ikke ut til at det var noe stort hinder at deler var stoffet var noe elevene ikke hadde vært borti før, det kunne faktisk se ut til at det kunne være en fin måte å innføre stoffet på. Elevene jobbet stort sett bra, og opplegget fungerte bra. Det hadde sikkert gått enda bedre dersom det hadde blitt gjennomført av en lærer som kjente klassen bedre ettersom læreren da antageligvis kunne visst bedre hva som kom til å måtte gjennomgås, og hva som kom til å være tidkrevende og mest utfordrende for den klassen. Dessuten tror jeg nok elevene anstrenger seg enda litt mer på et opplegg som utføres av den personen som gir dem karakterene.

4 Resultater

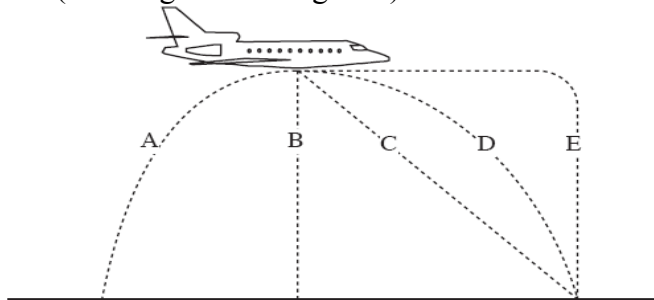
Her følger resultatene av førtesten, ettertesten, andre resultater basert på observasjoner og innleveringene, resultater fra evalueringsskjema, og evaluering fra klassens faste lærer.

4.1 Førtest

Oppgavene på førtesten ble besvart av 23 elever, 1 person tilsvarende ca. 4%.

Figur 4.1 viser oppgave 1 hentet fra oppgaveheftet. Tabell 4.1 viser at de fleste har valgt riktig, alternativ d, i tillegg til at mange har valgt alternativ a. Dette var ikke helt de svarene jeg hadde forventet. Jeg ville trodd at det ville være noen som kom til å velge b, og ingen som ville velge c. Det at såpass mange har valgt d, kan være enten at de har (grunnet noe dårlig oppgavetekst?) sett kastebanen ut fra hvordan det sees ut for en person inni flyet idet det akselererer, men kanskje også fordi de har sett hvordan gjenstander som blir kastet ut av bilen havner et sted bak dem.

- 1) Idet du tar av fra Værnes i retning Oslo observerer du at det ene landingshjulet løsner fra flyet. Hvilken bane av alternativene under ligner mest på den banen hjulet mest sannsynlig vil ta? (Sett ring rundt riktig svar)



Figur 4.1: oppgave 1, førtest, figur hentet fra Nordlab (udatert)

a)	A	30%
b)	B	0%
c)	C	13.%
d)	D	57%
e)	E	0%

Tabell 4.1: resultater oppgave 1, førtest

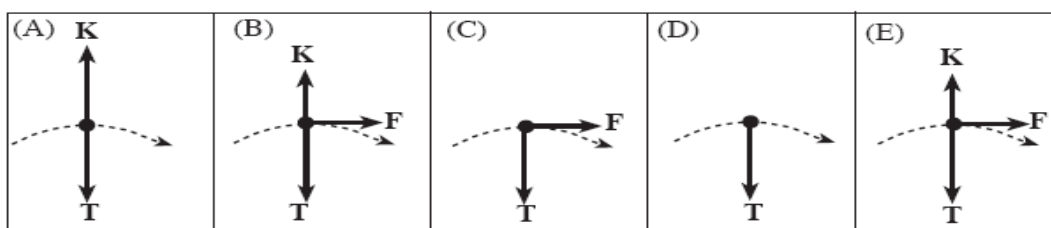
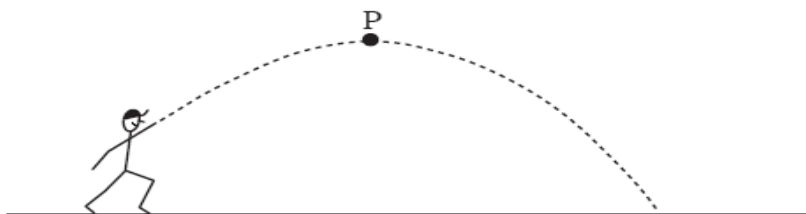
Hvordan kastebanen til disse gjenstandene vil se ut for en person som står i ro utenfor bilen er vanskeligere å se for seg. Det er vanskelig å vite hva de tre som har valgt alternativ c har tenkt, men det kan være at de har tenkt at ettersom hjulet vil få en fartsvektor i horisontalretningen, og en fartsvektor i horisontalretningen, vil resultantfarten gå skrått nedover? Denne oppgaven går ikke direkte på det at farten i horisontalretningen er konstant, men det er en forløper til slike oppgaver. Her sjekkes det om de vet, eller kan tenke seg til, hvordan en kastebane ser ut, og om de vet at objekter i fritt fall har en kontinuerlig fart i horisontalretningen.

Figur 4.2 viser oppgave 2 i oppgaveheftet, og tabell 4.2 viser hva elevene har svart på oppgave 2.

Denne oppgaven tester den velkjente hverdagsforestillingen om impetus-teorien, som er nærmere beskrevet i kapittel 2. Denne hverdagsforestillingen var tydeligvis godt forankret også i denne elevgruppen. Tabell 4,2 viser at 44% valgte det alternativet med en kraft i horisontalretningen, og en i retning mot bakken.

2) Kasteball:

Hvilken av figurene under illustrerer best kreftene som virker på en ball i kastebanens høyeste punkt, P? (Pilene illustrerer krefter) Sett ring rundt riktig alternativ.



Figur 4.2: oppgave 2, førtest, figur hentet fra Nordlab (udatert)

a)	4.%
b)	17.%
c)	44%
d)	22%
e)	13%

(ettersom b og e er like kan man eventuelt slå dem sammen og få 30%)

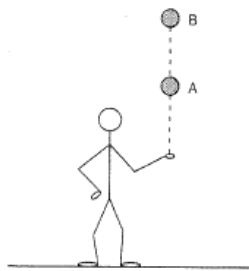
Tabell 4.2: resultater oppgave 2, førtest

Også alternativet med en tredje kraft som pekte i oppover var populær, dette tror delvis var fordi eksempelet var en ball i kastebanens *høyeste* punkt. I dette punktet forsto jeg det som om elevene hadde en forståelse for at ballen et øyeblikk sto stille, og at derfor summen av krefter i vertikalretningen måtte være lik null, og at det derfor måtte være en kraft oppover som virket mot tyngdekraften nedover. Det kan også være fordi man veldig ofte i fysikkoppgaver i begynnelsen opererer med eksempler hvor det er en normalkraft som virker på gjenstanden. Grunnen til at alternativ b) og e) er like er rett og slett at de var like i oppgaveboka figuren er hentet fra, og feilen ble dessverre ikke oppdaget før etter at testen var gjennomført.

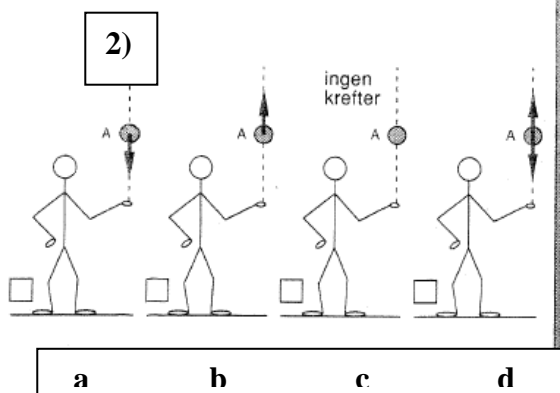
3) Steinkast:

Kryss av i riktig rute for hvert av de tre tilfellene. Pilene representerer kreftene som virker på steinen.

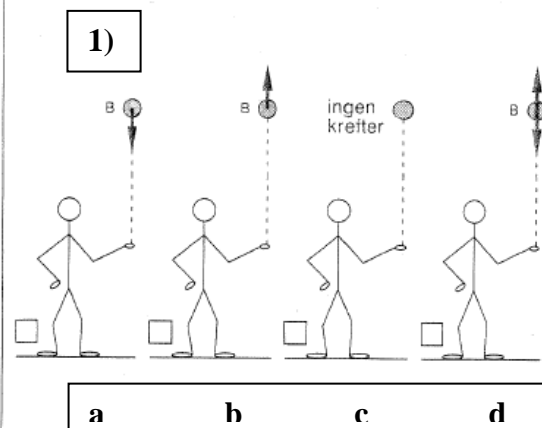
På figuren nedenfor ser du en stein som blir kastet rett opp i lufta. Den forlater handa, går opp forbi A, kommer så høyt som B og faller ned igjen forbi A.



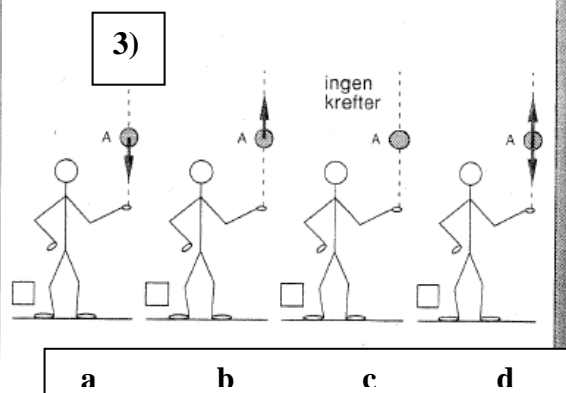
Pilene på tegningene nedenfor er krefter. Hvilken tegning tror du er den mest riktige når steinen er på vei opp forbi A? Kryss av.



Tegningene nedenfor viser steinen når den kommer opp til toppen av banen, ved B. Hvilken tegning tror du er den mest riktige nå? Kryss av.



De neste tegningene viser steinen når den er på vei ned forbi A. Hvilken tegning tror du nå er den mest riktige? Kryss av.



Figur 4.3: oppgave 3, førstest, figur hentet fra Angell, Haugan, Isnes (1992), s. 76

1 a) 44%	2 a) 22%	3 a) 65%
b) 0%	b) 26%	b) 0%
c) 35%	c) 0%	c) 4%
d) 22%	d) 52%	d) 30%

Tabell 4.3, resultater oppgave 3 førtest 1

Figur 4.3 viser oppgave 3.1, 3.2, og 3.3 fra førtesten, og tabell 4.3 viser hvilke alternativer elevene har valgt på oppgavene.

Oppgave 3.1:

Fra tabell 4.3 kan vi se at på oppgave 3.1 har elevene spredt svarene på alternativ a, b og c. Det at såpass mange har svart riktig her tror jeg ikke nødvendigvis er fordi de har en forståelse for hvorfor svaret er riktig. Jeg tror nok mange av dem har tenkt at på toppen skal steinen ned igjen, altså må det være en kraft som virker nedover. Svaralternativ c tror jeg er populær fordi det er på toppen, og da tror de ballen står stille litt, altså er det ingen krefter som virker på den. Dette kan også være grunnen til at noen har valgt d, men det kan like gjerne være grunnet normalkraftteorien som jeg nevnte på forrige oppgave.

Oppgave 3.2:

Tabell 4.3 viser at kun fem stk. svarte riktig på oppgave 3.2, av dem hadde tre av dem riktig på alle sammen. Det var altså kun tre stk av 23 som hadde riktig på alle deloppgavene 3.1-3.3. Deloppgave 3.2 er den av de tre hvor det er tydeligst at elevene har en forestilling om at det er en sammenheng mellom kraft og fartsretning, som altså vil tilsi at de svarer alternativ b. Kanskje litt overraskende er det at den største andelen har valgt alternativ d, at det er en kraft i hver retning. Jeg holder litt på normalkraftteorien, samtidig som det kan være at det har noe med det å gjøre at ballen er mellom laveste og høyeste punkt?

Oppgave 3.3:

Tabell 4.3 viser at hele femten stk. har riktig svar på oppgave 3.3, noe som nok skyldes at ballen er på vei ned, og da passer det for elevene med en kraft som virker i samme retning som fartsretningen. Samtidig er det noen som holder på alternativ d, og 1 person som tror det ikke virker noen krefter på ballen.

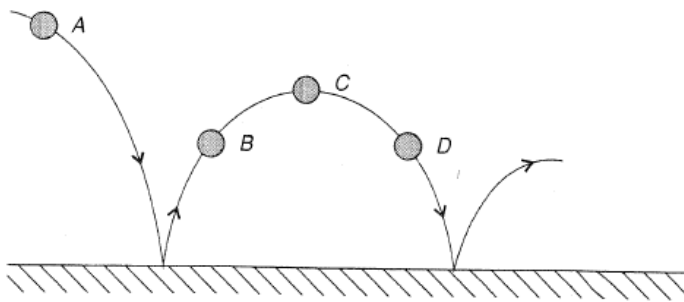
Et interessant aspekt med svarene på denne oppgaven er at det ikke ser ut til å være noen bestemt logikk mellom hvordan elevene har krysset av. Det er som nevnt kun tre stk. som ser

ut til å vite hva som er riktig svar, mange ser ut til å ha krysset litt tilfeldig. Ett sted kan de ha latt kraften følge fartsretningen, mens et annet sted satser de på to krefter og et tredje sted kan de ha den ene eller andre. I det hele tatt virker det som om det har vært stor usikkerhet rundt hvordan krefter virker på gjenstander i fritt fall. Denne oppgaven skiller seg fra den forrige ved at den kun foregår i vertikalretningen, men de som valgte alternativ c på oppgave 2 på førtesten har altså ikke nødvendigvis valgt det alternativet som har en kraftpil i bevegelsesretningen.

4.2 Etertest

Her var det 24 elever som deltok, 1 person tilsvaret ca. 4%

1) Tegn inn de kreftene som virker på ballen i posisjon A, B, C, og D. Se bort i fra luftmotstand

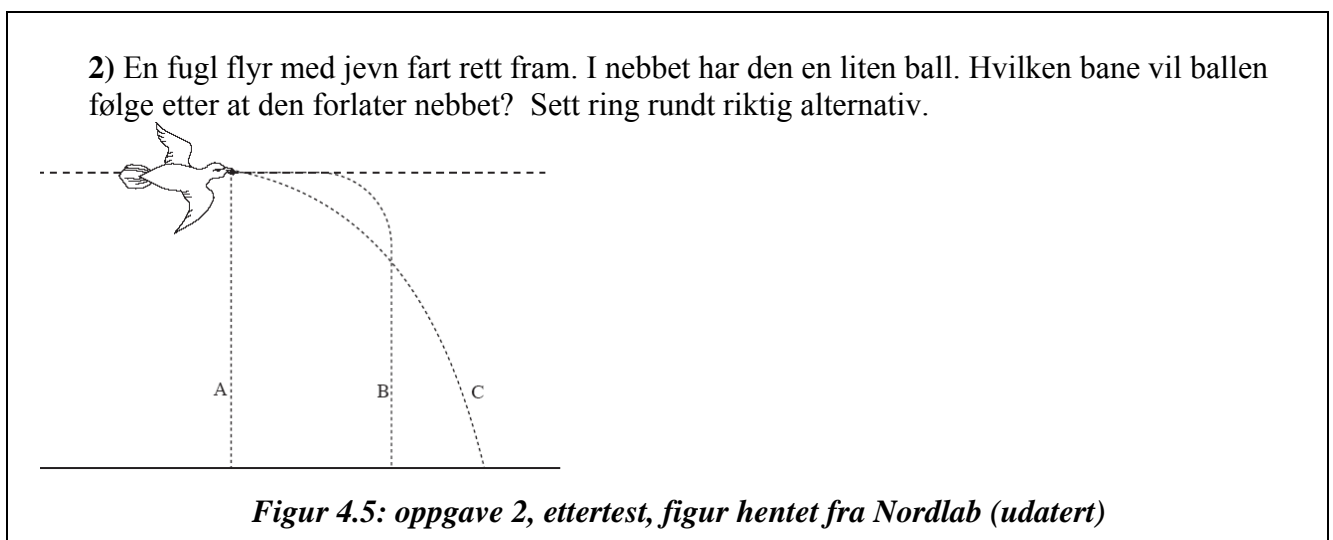


Figur 4.4: Oppgave 1, ettertest, figur hentet fra Angell, Haugan, Isaksen (1992), s. 65

0 Riktige: 21%
1 Riktig: 4%
2 Riktige: 4%
3 Riktige: 8%
4 Riktige: 63%

Tabell 4.4: Resultat oppgave 1, ettertest

Tabell 4.4 viser hvor mange riktige elevene hadde på oppgave 1 på ettertesten. Det var hele femten stk. som hadde alle riktige på denne oppgaven. De som ikke hadde alle riktige på denne oppgaven, hadde tegnet inn en kraft i bevegelsesretningen, i horisontalretningen, eller også tegnet en imaginær ”motkraft” til tyngdekraften. Denne oppgaven kan sammenlignes med oppgave 2 og 3 på førtesten ettersom disse tre omhandler krefter på objekter i fritt fall. Det med krefter som virker på en gjenstand i fritt fall er noe som ble grundig gjennomgått en av timene. Dersom man ser på tilsvarende resultater fra oppgave 2 og 3 på førtesten ser man en klar forbedring. Mens det virket som om elevene på førtesten var usikre på hva slags krefter som virket på gjenstander i fritt fall har de fleste en klarere formening på ettertesten. Denne oppgaven kan kanskje også være litt vanskeligere enn de to oppgavene på førtesten ettersom det her ikke gis noen alternativer å velge mellom, så det at hele femten stk. hadde 4 riktige tyder på at mange av elevene har lært at det kun er tyngdekraften som virker på en gjenstand i fritt fall.

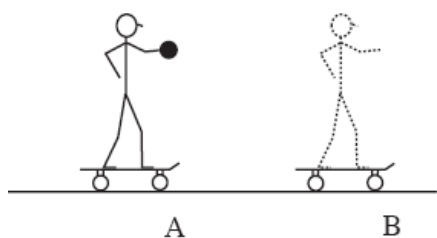


Andel svar:

- a: 21%
- b: 4%
- c: 75%

Tabell 4.5: Resultat oppgave 2, ettertest

3)



En person ruller på rullebrett med stor konstant hastighet. Han holder en ball utstrakt foran seg, som han mister i punkt A. Idet ballen treffer bakken, har personen forflyttet seg til punkt B. Luftmotstanden er ubetydelig. Ballen lander:

Figur 4.6: Oppgave 3, ettertest, figur hentet fra Nordlab (udatert)

- | | |
|----------------------------|-----|
| a) Litt til venstre for A: | 4% |
| b) I punkt A: | 33% |
| c) Mellom punkt A og B: | 38% |
| d) I punkt B: | 21% |
| e) Etter punkt B: | 4% |

Tabell 4.6: Resultat oppgave 3, ettertest

Figur 4.5, og figur 4.6 viser h.h.v. oppgave 2 og 3 på ettertesten. På disse to oppgavene er elevene konsistente, de som svarer alternativ a i oppgave 2, svarer alternativ b i oppgave 3. Dette har nok med det at man tenker at gjenstander som tilfeldigvis følger med en gjenstand i fart mister denne farten når den blir løsrevet fra den bevegelige gjenstanden. Dette er det samme som at man kanskje tror at man kan havne lenger bak i bussen dersom man hopper opp i lufta i en buss som går med jevn fart. Oppgave 3 var en test på hvor mye de hadde forstått av gjennomgangen av at akselerasjonen var null, og farten derfor konstant i horisontalretning i fritt fall. Det er naturlig at såpass mange også mener at ballen havner mellom punkt A og B på 3, selv om de kanskje til og med ved at gjenstanden har konstant fart. Det ser ut til at det er ganske "innlært" den forestillingen at gjenstander mister farten når det ikke virker krefter på dem. Det at faktisk 5 stk valgte riktig alternativ d, var positivt overraskende, ettersom den delen ikke var lagt stor vekt på under prosjektet, både fordi det ikke var veldig relevant, og også for å se om noen trakk den slutningen på egen hånd.

Oppgave 2 og 3 på ettertesten kan sammenlignes med oppgave 1 på førtesten. Et merkelig resultat er det at alternativ 2a og 3b på førtesten vil kunne sammenlignes med svaralternativ

1b på førtesten, og mens det ikke er en eneste elev som har valgt alternativ 1b, er svaralternativ 2a og 3b mer populært.

Dersom man ser kun på oppgave 1 på førtesten og oppgave 2 på ettertesten ser man at det er flere som svarer riktig på sistnevnte, men til gjengjeld var det færre alternativer på oppgave 2 på ettertesten, noe som kan ha gjort at flere har fått riktig.

Figur 4.7a viser at de aller fleste fikk til å tegne riktig høyde/strekning-graf for en ball i en kastebane. Grunnen til at elevene fikk til dette kan være fordi elevene hadde tegnet grafene i prosjektet, og også fordi de tegnet det man faktisk ser.

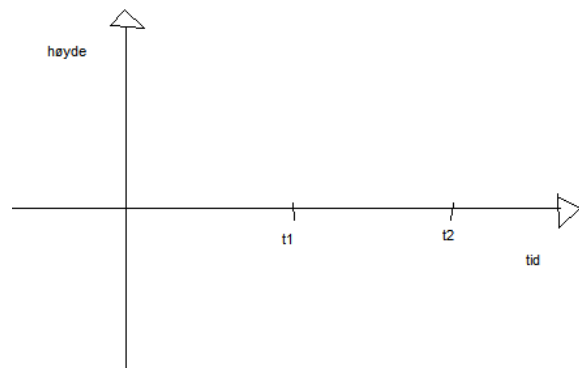
4)

For en ball som blir slynget ut av en katapult; fyll ut grafene for a) høyde, b) fart, og c) akselerasjon som funksjon av tid. La t_1 være tidspunktet hvor ballen er i sitt høyeste punkt, og t_2 være tidspunktet hvor ballen treffer bakken.

Høyde/tid:

Riktig: 88%

Galt: 13%

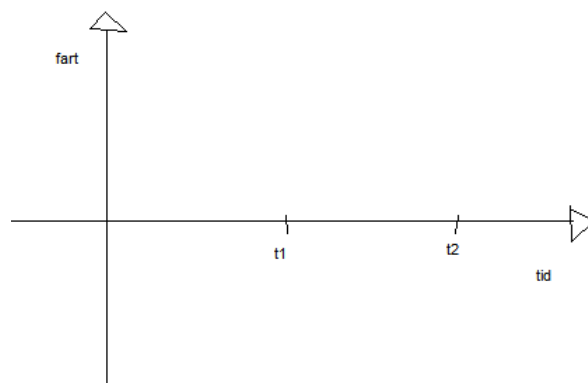


Figur 4.7a: Oppgave 4a, og resultat oppgave 4a, ettertest

Fart/tid:

Riktig: 30%

Galt: 70%

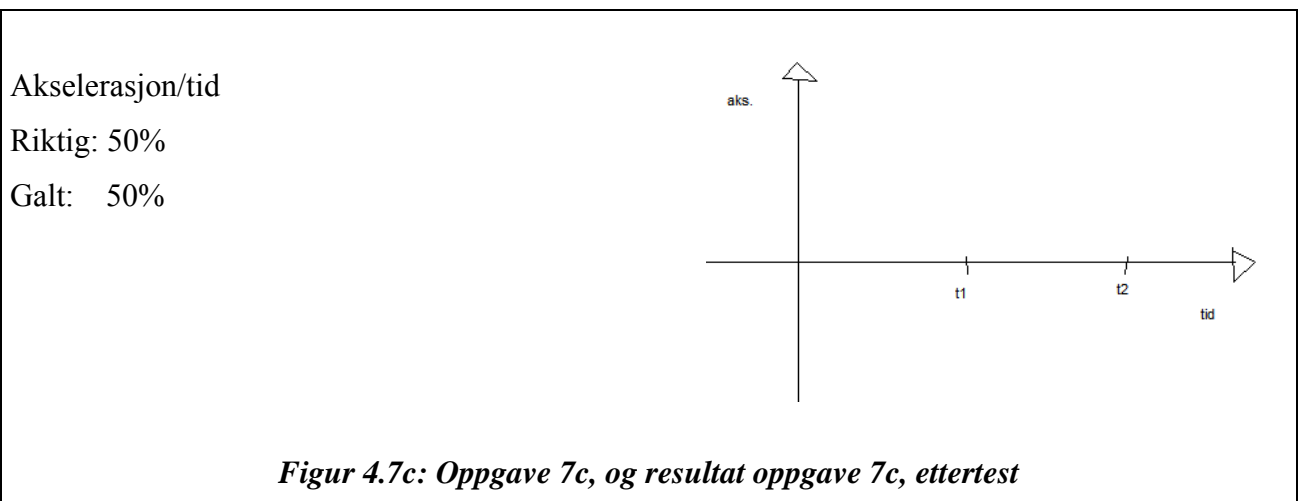


Figur 4.7b: Oppgave 4b, og resultat oppgave 4b, ettertest

Figur 4.7b viser at det kun var 30% av elevene som tegnet riktig fart/tid-graf. Fart/tid-grafen var den vanskeligste av grafene for elevene. Dette er antageligvis fordi det ikke var blitt gjennomgått spesielt mye om fart. Dessuten hadde elevene litt vanskelig for å forstå konseptet ”negativ fart”. Likevel var det en del av de gale grafene som viste grader av forståelse, enkelte hadde en $y=|x|$ graf med bunnpunkt ved t_1 , de regnet altså den negative farten som positiv. Det synes jeg tyder på at de er forholdsvis flinke til å forstå kurver, ettersom de åpenbart ikke bare gjensker noe de har blitt fortalt, men faktisk tegner absoluttfarten. Mange andre hadde lineære grafer som endte i null.

Figur 4.7c viser at halvparten av elevene hadde tegnet riktig på akselerasjon/tid-grafen. På oppgave 7c trodde jeg nesten alle skulle tegne riktig ettersom det ble gjennomgått ganske grundig at ballen i kastebanen hadde konstant akselerasjon. Mange av dem som hadde tegnet galt hadde en konstant *positiv* akselerasjon istedenfor negativ.

I det hele tatt var det å tegne grafer noe elevene synes var vanskelig og nok ikke hadde fått jobbet så mye med. Et slikt prosjekt burde kunne være med å bedre forståelsen av slike grafer ettersom det her knyttes til et veldig praktisk eksempel. Det var helt klart framgang, for disse grafoppgavene var noe av det de slet aller mest på av oppgavene i prosjektet, resultatet kunne kanskje vært mye bedre dersom det hadde blitt tatt en skikkelig gjennomgang på tavla.



4.3 Elevenes vurdering av prosjektet

Her følger hva elevene svarte på spørreskjemaet de fikk utdelt, samt noen av kommentarene elevene ga på oppfølgingsspørsmålet

Tabell 4.7 viser at de fleste elevene har synes det har vært morsomt med prosjektet, noe som ikke er overraskende i og med at mange undersøkelser viser at elever trives med praktisk arbeid i fysikkfaget. Det er ingen av dem som svarte på spørreskjemaet som er uenige i at de trives med praktisk arbeid. Mer interessant er det kanskje å se at elevene er såpass enige i at de lærte nyttig fysikk av katapultprosjektet, og at man får nyttig kunnskap av praktisk arbeid som en ikke kan få av teoretisk gjennomgang. Tabell 4.7 viser at elevene i denne klassen stort sett mente det var nyttig med et slikt praktisk prosjekt. Kan det være at elever i den norske skolen lærer noe fra praktisk arbeid som ikke blir dekket av testene? Nå er det ikke slik at elevene alltid vet best selv hva de lærer av, men det er likevel en god pekepinn, og bør absolutt legges merke til

Tabell 4.7 viser også at elevene stort sett er ganske nøytrale til om de er flinkere til å løse praktiske eller teoretiske oppgaver.

	veldig uenig	uenig	nøytral	enig	veldig enig
Katapultprosjektet var morsomt		1	2	17	4
Jeg lærte nyttig fysikk av katapultprosjektet		2	5	13	4
Jeg trives med praktisk arbeid			3	15	6
Jeg får nyttige kunnskaper av praktisk arbeid som jeg ikke kan få av teoretisk gjennomgang			5	12	7
Jeg er flinkere til å løse praktiske enn teoretiske oppgaver	1	4	15	2	2
Jeg er bedre til å løse teoretiske enn praktiske oppgaver		2	15	6	1

Tabell 4.7, elevenes svar på spørreskjemaet

For å avdekke hva elevene trodde de lærte av praktisk arbeid fikk de oppfølgingsspørsmålet: *Hva tror du at du lærer av praktisk arbeid som du ikke lærer av teoretisk gjennomgang, og hvorfor?*

Her kommer noen typiske eksempler på svarene elevene ga:

”Jeg tror jeg lærer å sette ting i perspektiv, se saken fra flere vinkler, og dermed tenke mer kreativt enn om jeg hadde fått en oppgave på ark”

”Ved praktisk arbeid ser man hvordan fysikk virker i praksis. Det kan være lettere å forstå hvordan ting skjer og hvorfor”

”Ved praktisk arbeid lærer jeg å tenke mer logisk, og ikke bare tenke på formlene”

”Man får satt de teoretiske kunnskapene sine ut i praksis. Får sett hvordan lovene, reglene o.l. faktisk virker”

Det var mange som svarte varianter av svarene ovenfor, de mente de fikk sett fysikk i praksis, brukt formlene i en praktisk sammenheng, og testet ut teori som er vanskeligere å teste teoretisk. Dessuten var det enkelte som mente de lærte mer av andre årsaker også, for eksempel personen som hadde følgende kommentar:

”Jeg tror at vi lærer bedre med praktisk arbeid fordi det blir litt mindre kjedelig enn bare å sitte og høre”

Denne personen ser ut til å mene at vanlig fysikkundervisning er kjedelig, men at det er litt mindre kjedelig dersom de lærer gjennom praktisk arbeid. Man lærer bedre dersom man har det morsomt mens man lærer (Woolfolk, 2004). Denne personen hadde også krysset av på *veldig enig* på alle de fire første spørsmålene i tabell 4.7.

I tillegg til hva elevene hadde svart på spørreskjemaet, hadde læreren tatt en muntlig evaluering i åpen klasse, men dette var hva de hadde svart:

- Veldig konkret prosjekt, godt å ha noe å jobbe mot (konkurransen).
- Konkurransen gir god motivasjon
- Litt vanskelig regning, bra vi fikk hjelp.

- Nyttig å regne på noe vi får bruk for, ikke bare oppkonstruerte oppgaver i boka.
- Lærte stoffet uten mye lekser

4.4 Observasjoner og innleveringer

Det er noen resultater man ikke får målt med skriftlige tester, det kan være innsats, arbeidsglede, hva elevene sliter med, og hva slags forestillinger elevene hadde før de begynte. Disse resultatene er også viktige å se på for å bedømme hva slags utbytte elever kan ha av et slikt prosjekt. Disse resultatene er hva jeg som veileder har observert i timene, samt hva elevene har svart på besvarelsene:

Oppgave 1: Bygg katapulten.

Det å bygge katapulten gikk veldig greit. Elevene brukte litt forskjellig tid på dette, noen grupper satte i gang med spikring med en gang, mens andre grupper planla mer før de begynte byggingen. Det ble faktisk slik at den gruppen som ble først ferdig med byggingen fikk den katapulten som kastet ballen lengst, dette riktignok fordi de snekret katapulten litt skjevt slik at deres kastevinkel ble større enn de andres. Selv om enkelte var litt nølende i begynnelsen virket det ikke som om de hadde noen problemer med å få katapulten til å fungere greit, og det tok ikke lang tid før ballene var i luften for alle gruppene.

Oppgave 2: Grafer.

I denne oppgaven skulle de tegne posisjon, fart og akselerasjonsgraf for ballen etter at den forlot katapulten. Dette så ut til å være en vanskelig oppgave for elevene. Ingen av gruppene fikk til dette fullstendig på egenhånd, selv om mange hadde gode forslag. Det var også en gruppe som ikke hadde riktig på innleveringen, dette til tross for at jeg gikk rundt til alle gruppene og prøvde å forsikre meg om at de hadde forstått grafene. De forskjellige elevene skjønte grafene på litt forskjellige måter, noen så ut til å forstå da det ble forklart med hvordan ballen beveget seg, mens andre forsto derivasjonsforklaringen bedre.

Oppgave 3: Tegne krefter

På oppgave 3 skulle de tegne krefter i form av piler på ballen og loddet i forskjellige posisjoner. Dette var også vanskelig for elevene, spesielt dette med krefter som virket på

ballen i luften. Til tross for at det ble grundig gjennomgått hadde den ene gruppen feil også på innleveringen. Elevene hadde også litt vanskeligheter med å finne ut hvilke piler som skulle være størst når loddet falt, kanskje er det litt innarbeidet at kraftpilene skal være like store grunnet at mange oppgaver omhandler gjenstander i ro?

På besvarelsene var det noen elever som hadde tegnet inn impetuskraft i horisontalretningen og kalt den for k . Ved siden av figuren ble k definert som ”kastekraften”.

Oppgave 4: Bevaring av energi

I oppgave 4 var det meningen at elevene skulle finne farten til en kule ved å bruke bevaring av mekanisk energi. Det viste seg at elevene ikke var veldig kjent med denne måten å finne fart på, og samtlige brukte bevegelsesligningene. I akkurat dette tilfellet ble svaret riktig, ettersom farten skulle finnes i kulens laveste punkt, hvor farten kun er horisontal, men likevel måtte elevene prøve å bruke bevaring av energi også. Etter en kort forklaring rundt på gruppene så det ut til at elevene skjønnte dette veldig fort og greit, og besvarelsene var fine.

Oppgave 5: Dekomponering av fartsvektor og å finne kastelengde

Oppgave 5 var ganske omfattende, i første del skulle de dekomponere en fartsvektor i horisontal, og vertikalkomponenter, og dette var noe nesten alle fikk til uten hjelp.

I andre delen fikk elevene gode hint til hvordan de da kunne finne kastelengden, og noen elever fikk til dette også, det til tross for at skråkast ikke var noe de hadde vært borti før. Andre trengte litt hjelp til å stokke om på bokstaver og tall, men stort sett forsto elevene denne oppgaven imponerendes lett, noe som også var tydelig fra besvarelsene.

Oppgave 6: Finne kastelengde for egen katapult.

Oppgave 6 var stort sett en gjentakelse av oppgave 5, bare at elevene her skulle finne kastelengden for sin egen katapult. Det å finne utgangshastigheten var det som ventet ingen elever som fikk til på egenhånd, da dette involverer en del komplisert regning, og en del de ikke har vært borti før. Gjennomgang av utregningen på tavla gikk ganske greit, de sterkeste skrev ned, og forsto utregningene, mens en del valgte å bare skrive ned sluttuttrykket, noe som var helt greit. Selv om elevene hadde et uttrykk de kunne regne ut farten fra bød det likevel på utfordringer å finne denne. Noen elever hadde litt problemer med det å få enhetene til å stemme overens med hverandre, og også med hvordan de skulle måle enkelte størrelser, mens andre igjen klarte alt på egenhånd. Alle hadde fine svar på besvarelsene.

Oppgave 7: modellering

På oppgave 7 skulle elevene finne sammenhengen mellom hvilken høyde loddet ble sluppet, og hvilken lengde ballen ble slynget. Det ble ikke gitt noen hint om hvordan de skulle finne dette, men etter at en gruppe begynte å kaste og skrive opp i tabell, begynte de andre gruppene også ganske snart. Jeg merket meg at gruppene kun hadde ett forsøk per høyde med mindre de så det skjedde noe galt. Etter at elevene følte de hadde nok høyder brukte gruppene lineær regresjon på kalkulatoren for å finne et uttrykk for kastelengde som funksjon av høyde. (Mon tro om de hadde klart å finne et uttrykk også uten kalkulator?). En gruppe valgte en annen metode. De målte hvor langt ballen gikk med maks loddhøyde, og regnet ut hva slags vinkel de måtte ha på kastearmen etter hvor stor del av maks lengden de skulle kaste. Dette var unektelig en fantasifull metode, men det viste seg at gruppen hadde vanskelig med å måle vinklene, og gruppen endte på sisteplass i konkurransen.

Konkurransen var veldig spennende, og elevene synes tydelig det var morsomt. Alle gruppene var veldig flinke, og de flinkeste var enormt treffsikre, så dette hadde de tydeligvis fått veldig godt til.

Oppgave 8: Arbeid

På oppgave 8 skulle elevene finne ut hvor stort arbeid tyngdekraften utførte på ballen fra den forlot kurven til den traff bakken. Det enkelte av elevene hadde et problem med, var å forstå at det kun var vertikalavstanden de skulle finne ettersom tyngdekraften kun virker vertikalt, men elevene hadde stort sett en god forståelse for arbeid.

Oppgave 9: Beste utgangsvinkel

Denne oppgaven ble ikke gjennomgått, men på besvarelsene var det tydelig at de fleste hadde misforstått. De hadde ikke skjønnet at det var lov til å bygge opp katapulten med for eksempel bøker for å få en mer gunstig utgangsvinkel. Jeg fikk satt i gang to grupper med å finne ut hvilken utgangsvinkel som var optimal. Disse to gruppene visste fra før at optimal utgangsvinkel skulle være 45 grader, noe de ikke fikk tid til å teste ordentlig ut, men de fikk bekreftet at 45 grader ga lenger kastelengde for ballen enn 35 grader som de hadde i utgangspunktet.

Faglærerens vurdering

En lærer som kjenner elevene godt kan ofte se resultater som er vanskelig å se for en utenforstående. Faglæreren i denne klassen mente at elevene hadde lært mye, og at da de

hadde spørretime før neste prøve hadde spurt nevneverdig lite om emner som hadde inngått i katapultprosjektet, og også tilsvarende mer om andre emner. Hun mente også konkurranseaspektet var en viktig positiv pådriver for arbeidsinnsatsen.

5 Diskusjon

I dette kapitlet vil jeg diskutere resultatene med hensyn på problemstillingen, først med å beskrive hva slags kunnskaper og ferdigheter, og motivasjon elever kan oppnå ved et slikt katapultprosjekt. Jeg vil se på bakgrunn i fagdidaktisk teori, hva resultatene viste de hadde lært, og hvordan jeg mener elevenes motivasjon ble påvirket av prosjektet. Deretter kommer et delkapittel hvor validiteten av masteroppgaven diskuteres, og til slutt en konklusjon hvor jeg oppsummerer svaret på problemstillingen.

5.1 Hvilke dimensjoner kan et katapultprosjekt ivareta?

I kapittel 2 skriver jeg ganske positivt om den undersøkende delen av naturfaget, og hvordan det tradisjonelt sett har vært lagt vekt på øvinger med lav frihetsgrad i den norske skole, så hvordan passer katapultprosjektet inn i de forskjellige kategoriene av praktisk arbeid som ble gjennomgått i det kapitlet? Jeg mener det er et prosjekt som legger vekt på både prosess, produkt - og sosial institusjon-dimensjonen av fysikkfaget.

På produksiden blir det gjennomgått ny teori som blant annet om hvordan man kan regne ut kastelengder ved skråkast, og hvordan man kan bruke bevaring av energi til å regne ut hastigheter til legemer når kun tyngdekraften virker på dem. I tillegg brukte elevene teori de tidligere hadde lært til å løse andre oppgaver. På denne måten er prosjektet med på å styrke elevenes tidligere kunnskaper, og også innføre nye kunnskap.

På prosessiden av faget var det flere målsetninger som var ønsket oppnådd. Prosjektet kan ikke sies å ha en stor grad av undersøkelsesaspektet ved seg. Det var ganske klar framgangsmåte, og elevene hadde i liten grad muligheten til å lage egne hypoteser, velge problemstilling, og framgangsmåte på egenhånd. Dersom man ser på hele prosjektet kan man si at dette var et praktisk arbeid med forholdsvis lav frihetsgrad. Oppgaven om modellering av kastelengde som funksjon av loddhøyde en høyere frihetsgrad enn resten av oppgavene. Her skulle de på egenhånd komme fram til en fornuftig måte å finne kastelengden på, men i en klasse med 6 grupper blir det ofte til at en gruppe finner en fornuftig framgangsmåte som de andre gruppene kopierer. Det som kanskje var spesielt var at det ikke var noen fasitsvar, alle gruppene hadde hver sin katapult med egne mål, og dermed ville funksjonene deres unektelig bli ulike i de ulike gruppene. Hvor flinke elevene hadde vært til å lage en modell som fungerte

for sin katapult ville komme til syne i konkurransen på slutten av prosjektet. Når det er sagt, mener jeg at elevene ville få prøve seg på alle tre underkategorier av praktisk kompetanse beskrevet i tabell 2.1. Det med generelle kognitive prosesser gjennom å gjennomføre et praktisk prosjekt som har mange teoretiske aspekter ved seg. Praktiske teknikker, og ferdigheter gjennom å skulle måle faktiske mål på katapulten for å bruke i en teoretisk oppgave, finne vinkler, og det å faktisk skulle bygge noe som de skal bruke til å finne resultater. Kanskje mest mener jeg elevene lærte undersøkelsesteknikker, elevene måtte finne en god måte å finne kastelengde som funksjon av loddhøyde, de måtte identifisere hvilke variabler de måtte måle, og plote måledataene for å finne funksjonen. Alt dette er ferdigheter som er nyttig for elever som studerer realfag. Dersom man ville gjøre dette prosjektet mer åpent, kunne man for eksempel latt elevene forske mer på hvilke variabler som hadde mest å si for kastelengde, man kunne variert massene og vinklene i tillegg til fallhøyden på loddet. I tillegg til disse underkategoriene mener jeg prosjektet faller inn under det jeg har kalt å ”anvende sin kunnskap i praktiske situasjoner” i delkapittel 2.3. Dette er noe som går på både ferdigheter og kunnskaper i faget. Elevene bygger noe konkret som de skal anvende sine teoretiske kunnskaper på. Dette er ikke noe som vanligvis legges vekt på i fagdidaktikken. Som nevnt er dette noe jeg synes er veldig viktig ettersom tross alt veldig mange elever skal ut i yrker og nettopp bruke sine teoretiske kunnskaper i en praktisk sammenheng. Akkurat dette var også noe man kunne merke at elevene likte, og de ga uttrykk for det i sine evalueringer av prosjektet. Elevene følte det var motiverende å utføre et konkret prosjekt.

Når det gjelder naturvitenskap som sosial institusjon er det også delvis det å anvende teori i praktiske sammenhenger som bidrar til denne dimensjonen. Kastemaskiner av forskjellige varianter er kanskje ikke veldig aktuelt i hverdagen nå, men det var aktuelt før, og på den måten knytter man teorien man lærer i dag til fysikkanvendelse gjennom tidene. Dessuten kan det sette elevenes tanker i sving på hvordan fysikkteori kan anvendes i andre praktiske byggverk. Kanskje kan det hjelpe elevene å se at fysikk ikke er noe som kun foregår i Cern og andre forskningsinstitutter på et svært høyt teoretisk nivå. Fysikk er noe som har utviklet seg gjennom tidene etter den tids nødvendighet. Riktig nok er det mange oppfinnelser som har kommet før teorien om denne oppfinnelsen, ved ”prøve og feile” metoden, men ofte har det bidratt til at det har blitt oppdaget ny teori som igjen kan ha ført til videre oppdagelser. På denne måten kan prosjektet bidra til at elevene får innsikt i aspekter av naturvitenskapens egenart. Det å ha en god forståelse av fagets betydning i konkrete situasjoner kan også være med på å motivere elevene fordi de ser at kunnskapen de lærer kan brukes til noe nyttig.

5.2. Hva lærte elevene?

Når man gjennomfører et praktisk prosjekt er det ofte vanskelig å finne det faktiske utbyttet av prosjektet. Det er for eksempel vanskelig å finne hva slags praktiske kompetanser elevene har oppnådd ved å gjennomføre en teoretisk prøve, og dersom man finner at elevene har lært noe teoretisk gjennom praktisk arbeid, er det ikke alltid lett å identifisere hva det var med prosjektet som gjorde at de oppnådde denne teoretiske kunnskapen. I dette prosjektet var det spesielt vanskelig ettersom det ble undervist teoretisk på tavlen parallelt med det praktiske prosjektet, men jeg vil likevel prøve å trekke fram noen av resultatene og se på hvilke faktorer jeg tror har bidratt til at elevene har oppnådd, eventuelt ikke oppnådd den ønskede kunnskapen.

Den mest åpenbare forbedringen fra førtesten til ettertesten kan man finne når man sammenligner tabell 4.2 og tabell 4.3 med tabell 4.4. Disse oppgavene gikk ut på å tegne krefter på legemer i fritt fall. Elevene hadde tydelig en del hverdagsforestillinger på dette området. På oppgave 2 (vist i figur 4.2) på førtesten var det klart flest som hadde valgt alternativet med en impetuskraft i bevegelsesretningen (40%), etterfulgt av 30% som hadde valgt et alternativ med impetuskraft i bevegelsesretningen, samt en imaginær ”motkraft” til tyngdekraften. Elevenes grunn til å velge en impetuskraft i bevegelsesretningen er som jeg skrev i delkapittel 3.3 naturlig fordi de har lagd seg forestillinger basert på det de ser, og ettersom de ”ser” at farten minker i horisontalretningen tenker de seg at det er en kraft i den retningen som blir ”brukt opp”. Det at de også har valgt en et alternativ som har en ”motkraft” til tyngdekraften synes jeg også er interessant. Det kan være at de tenker at det også i denne retningen er en begynnelseskraft som gradvis blir brukt opp, men det kan også være at dette er en ny innlært feilforestilling. Som Sjøberg (2003) skriver så konstruerer vi nye teorier på bakgrunn av gamle teorier, erfaringer, og ny kunnskap vi blir introdusert for. Dette i tråd med et konstruktivistisk læringssyn. Det kan være at denne motkraften har oppstått fordi elevene har fått mange eksempler hvor tyngdekraften har en motkraft som er motsatt rettet like stor, eller at elevene har snappet med seg deler av Newtons 3. lov og tenker at alle krefter har en motkraft, og ikke fått med seg at disse to kreftene virker på to ulike legemer. Det er vanskelig å skille ut nøyaktig hva elevene tenker på slike tester uten å intervju dem om sine svar i etterkant av testen. En fordel med praktisk arbeid kan være at læreren får gå rundt på gruppene og finne ut hva slags hverdagsforestillinger elevene i klassen har, og dermed kunne

utfordre elevene på disse. Dersom man ser på tabell 4.3 som viser resultatene fra oppgave 3 på førtesten er det mange av de samme tendensene her, men ettersom det er et kast kun i vertikalretningen er det ingen alternativer som har krefter i horisontalretningen.

Den store forbedringen ser man dersom man ser på tabell 4.4 som viser resultatene fra oppgave 1 fra ettertesten hvor elevene skulle tegne krefter i form av piler på en ball i forskjellige posisjoner i fritt fall. Hele 63% av elevene hadde tegnet kun tyngdekraften på alle fire tilfellene. Grunnen til at elevene har fått med seg at det kun er tyngdekraften som virker på ballen i fritt fall er nok ikke kun gjennom at de har gjennomført et praktisk prosjekt som blant annet har involvert en ball i fritt fall, men mest sannsynlig er det fordi jeg hadde en gjennomgang i klassen hvor jeg tok for meg krefter på gjenstander i fritt fall. Likevel mener jeg at det at elevene har hatt noe praktisk å knytte eksempelet har hatt en viktig innvirkning. Som Bungum (2003) skriver så blir teorien knyttet direkte til den konteksten hvor teorien er ment å anvendes. Som Halloun og Hestenes (1985) fant ut i sin forskning er det svært vanskelig å få has på hverdagsforestillinger, konvensjonell undervisning ser ikke ut til å endre dem alene. Ved å bruke forskjellige undervisningsmetoder som praktisk arbeid, demonstrasjoner, og diskusjoner i tillegg til teorigjennomgang tror jeg det er langt større muligheter for å få endre hverdagsforestillinger, hvilket resultatene fra prosjektet om ikke akkurat er et bevis på, så hvertfall kan være en indikasjon på.

Oppgave 4 på ettertesten som gikk ut på å tegne grafer for høyde, fart og akselerasjon som funksjon av tid ble ikke gjennomgått i klassen. På denne oppgaven viser figur 7a, 7b, og 7c at elevene var veldig flinke til å tegne posisjonsgraf, hele 88% hadde tegnet riktig, ikke riktig så flinke til å tegne akselerasjonsgraf, 50% hadde tegnet riktig, og forholdsvis dårlige til å tegne fartsgraf, kun 30% hadde tegnet riktig. I etterkant kan jeg si at jeg tror at en gjennomgang av denne oppgaven i klassen nok hadde vært veldig lurt. Istedenfor felles gjennomgang i klassen gjennomgikk jeg det i gruppene etter hvert som jeg gikk rundt og så at elevene ikke fikk det til på egenhånd. Selv om jeg mener at de enkeltpersonene jeg forklarte det til stort sett fikk det til, var det andre på gruppene som tydeligvis ikke hadde forstått det. Det er kanskje en av ulempene med gruppearbeid, at gruppe medlemmene har ulike oppgaver, og selv om enkeltpersoner kan lære noe, er det ikke nødvendigvis slik at denne kunnskapen blir overført til resten av gruppen. Jeg tror også her det hadde hjulpet om elevene hadde kastet litt på ballen og tenkt over hvordan farten endret seg på de ulike stedene i kastebanen. Dette baserer jeg på at jeg i mange tilfeller gjorde nettopp dette foran enkelte elever og utfordret dem til å svare på

hvordan farten endret seg, hvor var den størst? Hvor var den minst? Hvilken retning hadde farten? Eventuelt dersom man hadde tid og utstyr hadde det sikkert vært til hjelp dersom elevene hadde fått sett de forskjellige grafene tegnet med datalogger på en pc.

Som nevnt er det ikke alltid lett å finne ut hva slags kunnskap elevene sitter igjen med etter et slikt praktisk prosjekt ved å foreta en teoretisk test, og om de i det hele tatt lærer noe teoretisk som de ikke kunne lært av vanlig gjennomgang. Ettersom testingen i fysikk per i dag hovedsakelig består av teoretiske prøver kan man jo spørre seg om det i det hele tatt er fornuftig å bruke tid på praktisk arbeid hvis det er slik at elevene ikke lærer noe de kan få bruk for på en eventuell eksamen. Spørsmålet er om man lærer noe nyttig selv om man ikke lærer noe en kan få bruk for på eksamen? Det som kan anses som nyttig bør etter min mening være noe som bedrer elevenes forståelse for fysikk, forbereder elever på framtidige jobber, og gjerne også motiverer elevene til å fortsette med faget. En liten pekepinn på om elevene har lært noe nyttig kan man få dersom man ser på resultatene fra spørreundersøkelsene hvor elevene selv svarer på om de har lært noe nyttig. I tillegg kan man se på hva slags kunnskaper elever i andre land hvor det legges mer vekt på praktisk arbeid har. Dette skal jeg gjøre i neste delkapittel.

5.3 Hva slags kunnskaper, og ferdigheter kan et slikt katapultprosjekt gi?

I delkapittel 3.3 skriver jeg om hvordan de har lagt vekt på ”Experimental and Investigating Science” i den engelske undervisningen. Det er et av fire hovedformål, og vektlegges mye i undervisningen, mer enn i Norge. Dersom man skulle tro enkelte skeptikere til praktiske arbeid som mener at elever ikke lærer like mye av praktisk arbeid som av teorigjennomgang burde det tilsi at norske elever burde gjøre det bedre på teoretiske oppgaver enn engelske. TIMSS viser tvert imot at de engelske elevene gjør det langt bedre enn de norske, *både* på den teoretiske delen *og* den praktiske. Selv om de i England har flere undervisningstimer enn i Norge, mener jeg det tyder på at de engelske elevene også lærer teori gjennom sitt praktiske arbeid. Nå trenger det heller som tidligere nevnt ikke være grunnet mengden praktisk arbeid som blir gjennomført i den engelske skolen, men hva slags praktisk arbeid de legger vekt på. For så vidt kan det også være helt andre grunner som at de engelske lærerne er flinkere til å lære bort, eller motivere elevene, eller har bedre retningslinjer å forholde seg til enn de norske lærerne. Det bør uansett kunne konkludere med at det å legge vekt på praktisk arbeid ikke

trenger å ha negativ innvirkning på kunnskapene elevene sitter igjen med, og med negativ mener jeg fordi elevene da får mindre tid til teoretisk gjennomgang.

I dette prosjektet var det mange teoretiske oppgaver i tillegg til de praktiske, det kunne virke på meg som om det å ha et praktisk prosjekt kunne være en fin måte å introdusere nytt stoff på ettersom elevene fikk oppgaver som gikk utover det de tidligere hadde lært i pensum. Disse nye teoridelene virket ikke som de var for utfordrende for elevene, tvert i mot tok elevene dette overraskende lett. Ofte er det slik i den norske skolen at man først lærer teorien, og deretter gjør en øving eller noe lignende som demonstrerer teorien i praksis. Ved denne framgangsmåten mister øvingene en del av den undersøkende delen, det å måtte lære noe fordi man har en oppgave man ikke kan få utført uten denne kunnskapen. I motsetning til å prøve å konfirmere noe man allerede anser for å være sant. I naturvitenskapen har ny kunnskap kommet fordi noen har vært nysgjerrige, og nye oppdagelser har blitt gjort enten fordi det har vært behov for disse oppdagelsene, eller fordi de har fulgt naturlig av ny kunnskap. En kan vel derfor si at den undersøkende måten å gjennomføre praktisk arbeid på er mer i tråd med den ”naturlige” måten naturvitenskapen har oppstått på. Dersom lærerne er flinke nok til å lage retningslinjer burde det gå an å lage prosjekter hvor elevene kan være med å bestemme problemstilling, utføre prosjekt, og bli nødt til å lære en del fysikk underveis for å løse problemstillingen. På denne måten vil også elevene forhåpentligvis være mer motivert til å lære. Som en av elevene i prosjektet så fint skrev på evalueringen: *Jeg tror vi lærer bedre med praktisk arbeid fordi det blir litt mindre kjedelig enn bare å sitte og høre.*

Elevene hadde i sine kommentarer og svar på spørreskjemaet en klar oppfatning at de hadde lært noe nyttig av praktisk arbeid som de ikke kunne lære av teoretisk gjennomgang. Det de gjerne trakk fram som positivt ved praktisk arbeid var *det setter ting i perspektiv, man må tenke kreativt, man ser hvordan fysikk virker i praksis, man lærer å tenke logisk*, og selvsagt *det er mer spennende enn teoretisk gjennomgang*. Nå er det slik at ikke elever selv alltid vet hva de lærer mest av, men det kan gi en pekepinn. Det pleier også være slik at det finnes noen ambisiøse elever som ikke liker å kaste bort tiden i en klasse, og det var ingen som nevnte noe om at de synes de hadde kastet bort tiden. Den faste læreren mente også at de hadde lært mye av den nødvendige teorien, og jobbet bra med prosjektet. I tillegg til disse *målbare* kunnskapene håper jeg også elevene sitter igjen med mer praktisk ferdigheter enn det de hadde før de begynte på prosjektet. Dersom man skulle målt om de hadde oppnådd merkbare målbar praktisk kompetanse kunne man kanskje utført et nytt praktisk prosjekt i samme klasse

og se om elevene i større grad var i stand til å løse dette nye prosjektet uten hjelp. Dessuten har man denne ”fjerde typen praktisk arbeid” som jeg har kalt ”å anvende sin kunnskap i praktiske situasjoner”. Denne er heller ikke lett å måle, men må kunne tenke seg at man nødvendigvis blir bedre til å kunne se fysikkteori i gjenstander rundt seg dersom man gjennom utdannelsen blir lært opp til å gjøre det? Mitt verdensbilde er hvertfall helt annerledes nå enn det var før jeg begynte å studere fysikk.

5.4 Validitet av resultatene

Som nevnt noen ganger tidligere er det vanskelig å måle utbytte av praktisk arbeid kun ut fra observasjoner og teoretiske tester, ideelt sett burde man hatt et lignende prosjekt en stund etter og sett om elevene var bedre i stand til å løse de praktiske oppgavene etter det forgående prosjektet, eventuelt kunne man hatt en referanseklasse som hadde samme tester, men med vanlig undervisning istedenfor et praktisk prosjekt. Uansett er klasser forskjellige, så heller ikke en referanseklasse ville gitt utvetydige slutninger. I tillegg kan det være vanskelig å skille mellom hva som har vært utbyttet av selve den *praktiske* delen av prosjektet, og hva elevene har lært av den teoretiske gjennomgangen, eller gjennom å jobbe med de teoretiske oppgavene. Det er vanskelig å få til ordentlige forskningsarbeid av denne typen innenfor en såpass kort tidsramme, og uten å komprimere undervisningen.

Dessuten er det en del etiske aspekter ved et slikt prosjekt. Selvsagt kan man velge å ikke ta gjennomgang med elevene på tavlen, for å se om elevene likevel lærer det de skal, men i denne settingen hvor elevene hadde såpass lite erfaring med denne type oppgaver ville det ikke vært rettferdig overfor dem å ikke gjennomgå viktig kunnskap. Jeg var så heldig at jeg fikk låne en klasse i to uker, noe som er en ganske stor tidsperiode, og da hadde jeg et ansvar for å sørge for at elevene lærte det de skulle i denne perioden. Jeg så heller ikke på det som realistisk å filme elevene, og foreta dybdeintervjuer med dem ettersom det antageligvis ville gått langt utover prosjektets tidsramme.

Til tross for disse betraktningene, mener jeg likevel at resultatene oppnådd med denne metoden har gitt forholdsvis gode svar på problemstillingen. Menneskevitenskap er ingen eksakt vitenskap, resultatene vil alltid kunne bli farget av forskerens meninger og oppfatninger, slik mine nok har blitt. I masteroppgaven har jeg prøvd å beskrive mine metoder

og begrunne mine konklusjoner så godt som mulig, så får det heller være opp til den enkelte å vurdere validiteten av dem.

5.5 Konklusjon

Problemstillingen var *Hvordan kan bygging og eksperimentering med en katapult bidra til elevers kunnskaper, ferdigheter, og motivasjon i fysikkfaget?*

Som jeg har diskutert i de forgående delkapitlene, og med bakgrunn i resultatene fra denne masteroppgaven, mener jeg at bygging og eksperimentering med en katapult kan bidra med mye i fysikkfaget. For det første er det det som elevene også nevner mye i sine evalueringer, nemlig at de får satt de teoretiske kunnskapene inn i en praktisk sammenheng. Det er veldig mange ”tenkte” situasjoner i fysikkundervisningen. ”Tenk deg at det ikke er luftmotstand”, ”Tenk deg at det er et friksjonsfritt underlag”, ”Tenk deg at kollisjonen er elastisk”. Ved å prøve ut et faktisk tilfelle får elevene erfaring med i hvilken grad disse tenkte situasjonene stemmer med virkeligheten, hvilke andre hensyn man må ta i faktiske beregninger hvor man ikke kan ”tenke seg” for eksempel en masseløs kastearm. Resultatet av prosjektet viste også at elevene hadde bedret sine teoretiske kunnskaper, noe som kunne sees både fra ettertesten, og som også læreren merket ved forberedelsene til den neste prøven. Jeg tror alle har et behov for å vite at kunnskapen man lærer er noe nyttig, enten fordi man kommer til å få bruk for det senere, eller fordi det er noe de kan relatere til virkeligheten. Ved å knytte teorien til noe så konkret som en katapult, vil de forhåpentligvis bli inspirert til å se hvordan fysikkunnskaper kan brukes også i andre konkrete sammenhenger.

Praktiske ferdigheter er noe som er svært viktig i fysikkfaget, en forsker må kunne foreta målinger, gjennomføre undersøkelser, og ha fornuftige framgangsmåter for å oppnå sine mål. I dette katapultprosjektet var det mye målinger av forskjellige størrelser, og elevene skulle også gjennomføre en modelleringsoppgave, noe det legges stor vekt på i KL-06. Dessuten får elevene også som nevnt en viss erfaring med det å faktisk skulle bygge noe selv.

Det å øke elevenes motivasjon for naturvitenskapen er et av Ntombolas (1999) tre grunner til å bruke praktisk arbeid i fysikkundervisningen, og er kanskje et av de synligste aspektene ved praktisk arbeid. Elevene ser ut til å trives med arbeidet, noe de også ga tilbakemelding om på

spørreskjemaet. Det er viktig å skape begeistring for naturvitenskapen fordi det ofte blir sett på som et teoretisk og tungt fag. Mens prosjektet pågikk var det innom flere elever, og lærere i klasserommet for å leke med katapultene, og høre hva vi drev på med. Det å skulle gjøre det bra på konkurransen var også noe som tydelig motiverte elevene. På konkurransedagen var alle elevene synlig engasjert, noe som alltid er veldig hyggelig å se. Dersom vi ikke klarer å skape glede og begeistring over naturvitenskapen, kan vi ikke vente at rekrutteringen til realfagene skal øke, noe det virkelig er behov for. Så når norske lærere oppgir motivasjon som en av de viktigste grunnene til praktisk arbeid, er det en god grunn, for det er viktig, men ideelt sett er det mye som kan læres av praktisk arbeid også.

Som nevnt er det lærere som er skeptisk til å bruke mye tid på praktisk arbeid fordi de mener det ikke lærer elevene noe som er eksamensrelatert. Som lærer har man en plikt å oppfølge lærepunktkravene som sier at elevene skal ha praktisk arbeid. Det å la elevene foreta det Ntombela (1999) beskriver som undersøkelser kan ta mye tid, men som jeg har argumentert for, mener jeg at elevene lærer noe virkelig nyttig av det. Kanskje berøves de norske elevene den kunnskapen det er å kunne lede en undersøkelse på egenhånd fordi det legges for lite vekt på testing av slike kunnskaper ved eksamen?

Til slutt vil jeg trekke fram et punkt som jeg ikke har diskutert spesielt mye tidligere i prosjektet, nemlig lærerens rolle i undervisningen. Levingson, Murphy og McCormick publiserte i 1997 en artikkel hvor de hadde satt en naturfaglærer, og en teknologilærer til å lære elevene naturvitenskap gjennom å la dem bygge forskjellige typer fuktmålere. De kom fram til at de to lærerne hadde forskjellige måter å lære bort teorien på, ikke uventet ettersom de har forskjellig bakgrunn, og også at elevene hadde problemer med å koble vitenskapen med teknologien. I tillegg til dette fant de ut at hva lærerne hadde sagt, og eventuelt ikke sagt i sin undervisning hadde stor betydning for hva elevene lærte. Dersom noe ble nevnt, som ikke egentlig var relevant, kunne elevene komme til å koble det til annen kunnskap de lærte selv om sammenhengen egentlig ikke var der, og likeens kunne det være informasjon som lærerne ikke nevnte som gjorde at elevene ble forvirret. Når elevene fra før ikke har god kunnskap om et emne kan de også ha vanskelig for å finne ut hva slags informasjon det er de mangler for å få den fulle forståelsen av et fenomen.

I det hele tatt kan man ha verdens beste opplegg, men dersom man ikke klarer å legge det fram på en god måte, kan elevene likevel ende opp med et dårlig utbytte. Så for å

oppsummere det hele kan man si at man som lærer må kunne en masse teori, kunne lage fantastiske opplegg, ha god forståelse av det man skal lære bort, samt av elevenes bakgrunnskunnskaper/hverdagsforestillinger om emnet, og kunne få til å utføre oppleggene på en måte som gjør at elevene får best mulig utbytte av det. Sist og ikke minst, så er det også en fordel dersom man får til at oppleggene er av en slik natur at elevene synes arbeidet er interessant og givende, og blir inspirert til å fortsette sinne studier innenfor realfag.

Jeg vil gjerne avslutte denne masteroppgaven med et par sitater av en av mine store helter Albert Einstein, det første omhandler læring, og det andre er på den mer spøkefulle siden...

Teaching should be such that what is offered is perceived as a valuable gift and not as a hard duty.

If I had only known, I would have been a locksmith

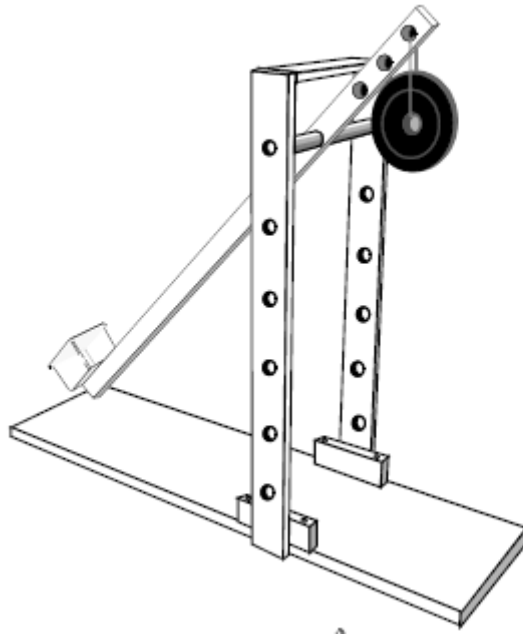
6 Referanser

- Angell, C., Haugan, J., og Isnes, A. (1992): *Fysikk i naturfaget*, Oslo: NKI Forlaget
- Angell, C, Henriksen, E.K., og Kind, P.M (2007): Fys 21 – et prosjekt som modellering og vitenskapelig arbeids- og tenkemåte i fysikkundervisningen, *NORDINA*, 1, s. 86-92
- Bungum, B., (2003): Teknologi – Naturvitenskapens uekte barn? I: D. Jorde og Berit Bungum (red) *Naturfag-didaktikk*, Oslo: Gyldendal Akademisk AS
- Halloun, I.A., Hestenes, D.(1985): The initial knowledge state of college physics students, *Am. J.Phys*, 53(11)
- Kind, P.M., (1999): TIMSS Performance assessment- a cross national comparison of practical work. J. Leach & A. Paulsen (red): *Practical Work in Science Education-Recent Research Studies*, Roskilde University Press
- Layton, D. (1993): *Technology's challenge to science education*. Buckingham: Open University Press
- Levinson, R., Murphy, P., McCormick, R.(1997): Science and Technology Concepts in a Design and Technology Project: a pilot study, *Research in Science & Technological Education*, 15:2, 235-255
- Lie, S., Kjærnsli, M., Brekke, G. (1997): *HVA I ALL VERDEN skjer i realfagene?* Oslo: Falch Hurtigtrykk
- Læreplanen for Kunnskapsløftet 06, tilgjengelig 26/05-2008 fra <http://www.ue.no/docs/nyheter/PTV%20nytt%20fra%20UE%20februar%202007.pdf>.
- Nelson, J. (2006): Hur används läroboken av lärare och elever, *NORDINA*, 4, s. 16-27
- NORDLAB (udatert) tilgjengelig 26/5 2008 fra <http://na-serv.did.gu.se/nordlab/se/trialse/trialunits.html>
- Ntombela, G.M. (1999): A marriage of inconvenience? School science practical work and the nature of science. J. Leach & A. Paulsen (red): *Practical Work in Science Education-Recent Research Studies*, Roskilde University Press
- Rossing, N.K. (2003). Bygg en katapult: Tilgjengelig 26/05-2008 fra http://www.skolelab.ntnu.no/dokumenter/bygg_en_katapult.pdf
- Sjøberg, S. (2004): *Naturfag som allmenndannelse*, Gyldendal Norsk Forlag AS
- Woolfolk, A (2004): *Pedagogisk Psykologi*, Trondheim: Tapir Akademiske Forlag

Vedlegg 1: Oppgavehefte

OPPGAVER ☺

1) Bygg katapulten



2) Tegn grafer for posisjon, fart og akselerasjon for ballen som funksjon av tid etter at den forlater kurven. Dere trenger ikke nøyaktige verdier, dere kan bruke for eksempel S_{max} for strekningen i topp-punktet. Til fordel kan dere tegne grafene under hverandre så det blir lettere å se sammenhengene.

3 Tegn krefter på ballen og loddet:

a) før loddet blir sluppet

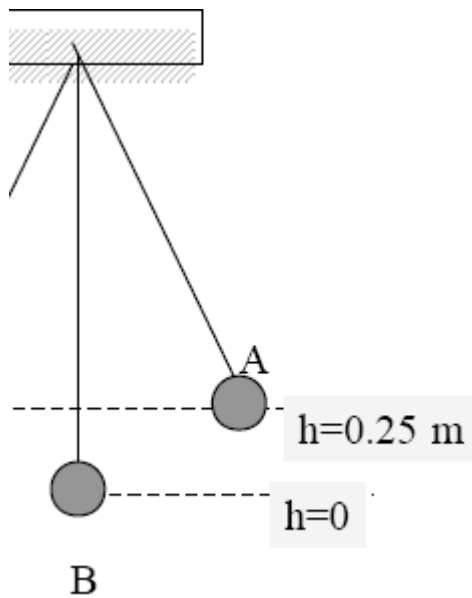
b) når loddet er på vei ned mot bunnpunktet

c) når ballen er på vei opp mot topp-punktet

d) når ballen er forbi topp-punktet på vei mot bakken

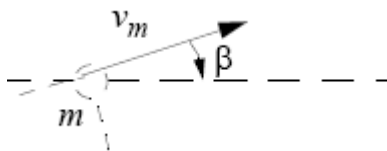
Kreftene skal ha passende lengder i forhold til hverandre.

4



- a) Dersom man slipper kulen i punkt A med fart 0, hvilken fart har kulen i punkt B?
(Se bortifra luftmotstand)
- b) Hvor høyt vil ballen komme etter punkt B før den vil snu igjen?

5



Ei lita kule med masse m har farten $V_m = 16 \text{ m/s}$ i pilens retning. Vinkelen β er 35°

- c) hvor stor er farten, V_x i x-retning, dvs den fartskomponenten som har samme retning som den stiplede linjen?
- d) Hvor stor er farten, V_y i y-retning, den fartskomponenten som står vinkelrett på x-retningen?

Bevegelsesligningene kan brukes på komponentform. Man kan altså skrive

$$S_x = V_x * t + \frac{1}{2} a_x t^2$$

og

$$S_y = V_y * t + \frac{1}{2} a_y t^2$$

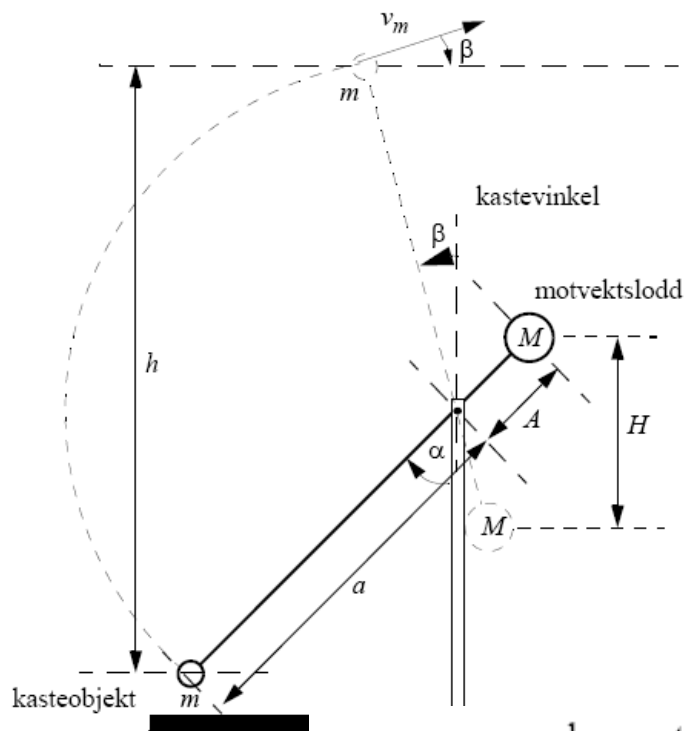
Ved å først bruke ligningen for S_y for å finne tiden, t , og deretter sette inn denne tiden i ligningen for S_x , kan man finne ut hvor langt kula vil gå i x -retning. Kulens kastebane begynner, og slutter ved bakkenivå, altså ved høyde 0.

Vi ser bort ifra luftmotstand.

c) hvor stor er akselerasjonen i x -retning?

d) Hvor langt vil kula gå?

6)



m - massen av legemet som skal kastes [gram]

a - kastarmens lengde [meter]

M - massen til motvektsloddet [gram]

A - motvektarms lengde [meter]

α - utgangsvinkel

β - kastevinkel

Hvor langt kan ballen gå, gitt målene på deres egenlagde katapult? Vi antar at loddet er festet som på figuren istedenfor hengendes under kastarmen.

7) Fra hvilken høyde må loddet slippes fra for å få ballen til å gå en viss lengde? På siste prosjektdag blir det konkurranse om hvilken gruppe som er flinkest til å treffe oppsatte blinker.

8) Hvor stort arbeid utfører tyngdekraften på ballen fra den forlater kurven til den treffer bakken?

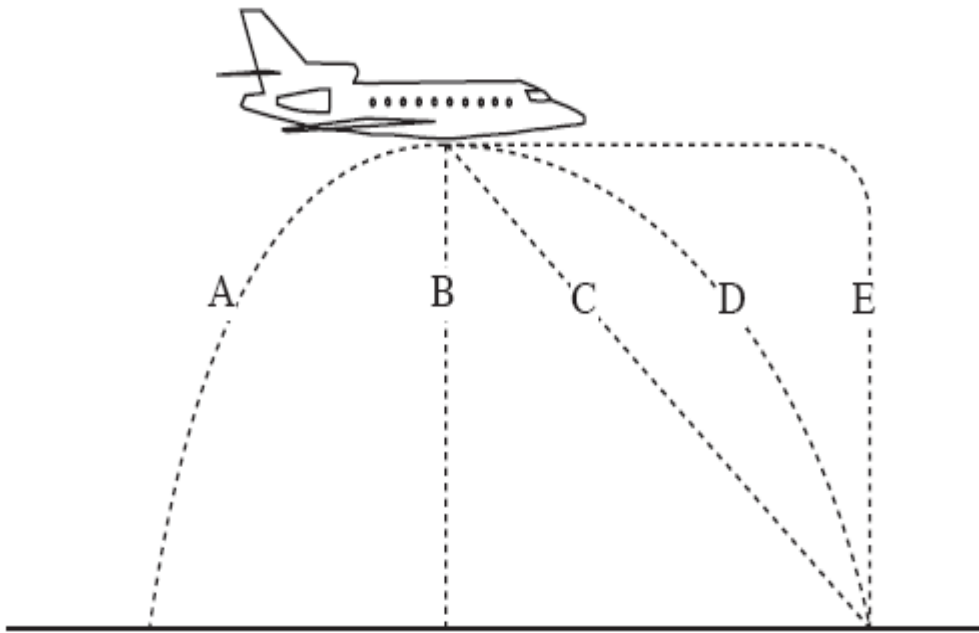
9) Hvilken utgangsvinkel bør man benytte dersom man ønsker å få ballen til å gå så langt som mulig? (Det holder å prøve seg fram)

Vedlegg 2: Førtest

En liten test☺

navn:

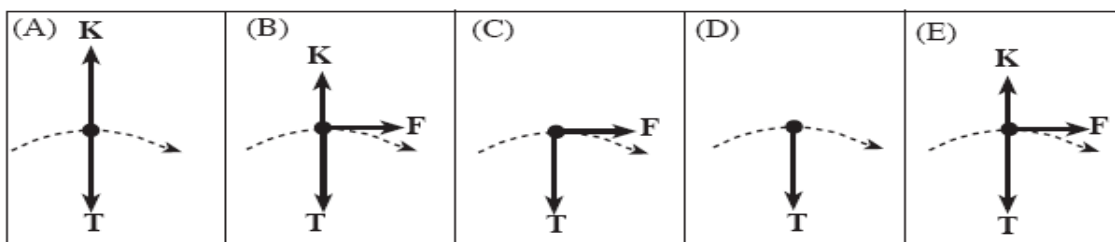
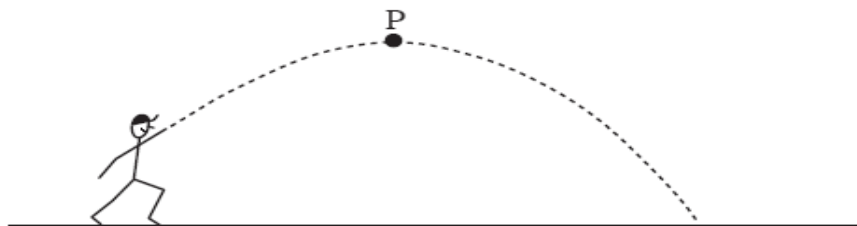
1) Idet du tar av fra Værnes i retning Oslo observerer du at det ene landingshjulet løsner fra flyet. Hvilken bane av alternativene under ligner mest på den banen hjulet mest sannsynlig vil ta? (Sett ring rundt riktig svar)



- f) A
- g) B
- h) C
- i) D
- j) E

2) Kasteball:

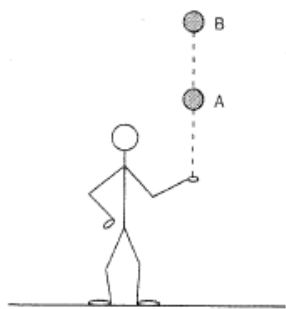
Hvilken av figurene under illustrerer best kreftene som virker på en ball i kastebanens høyeste punkt, P? (Pilene illustrerer krefter) Sett ring rundt riktig alternativ.



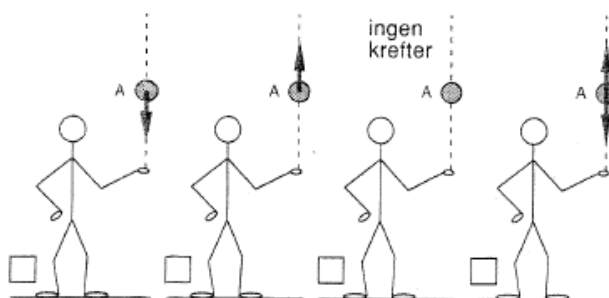
3) Steinkast:

Kryss av i riktig rute for hvert av de tre tilfellene. Pilene representerer kreftene som virker på steinen.

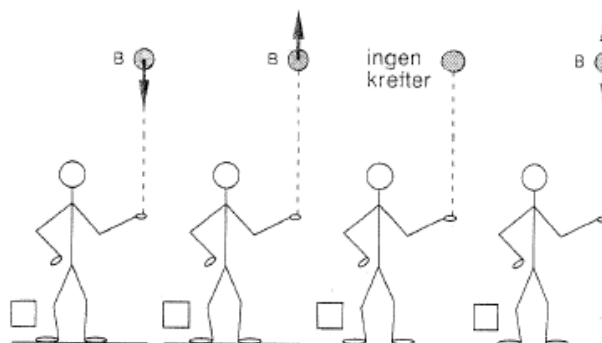
På figuren nedenfor ser du en stein som blir kastet rett opp i lufta. Den forlater handa, går opp forbi A, kommer så høyt som B og faller ned igjen forbi A.



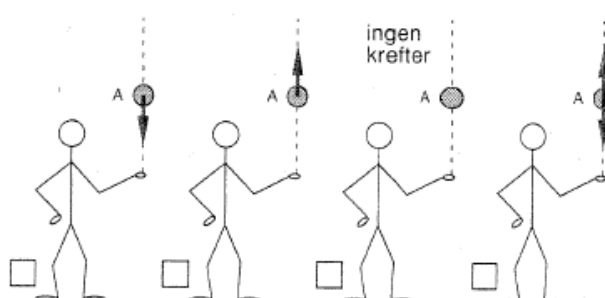
Pilene på tegningene nedenfor er krefter. Hvilken tegning tror du er den mest riktige når steinen er på vei opp forbi A? Kryss av.



Tegningene nedenfor viser steinen når den kommer opp til toppen av banen, ved B. Hvilken tegning tror du er den mest riktige nå? Kryss av.



De neste tegningene viser steinen når den er på vei ned forbi A. Hvilken tegning tror du nå er den mest riktige? Kryss av.

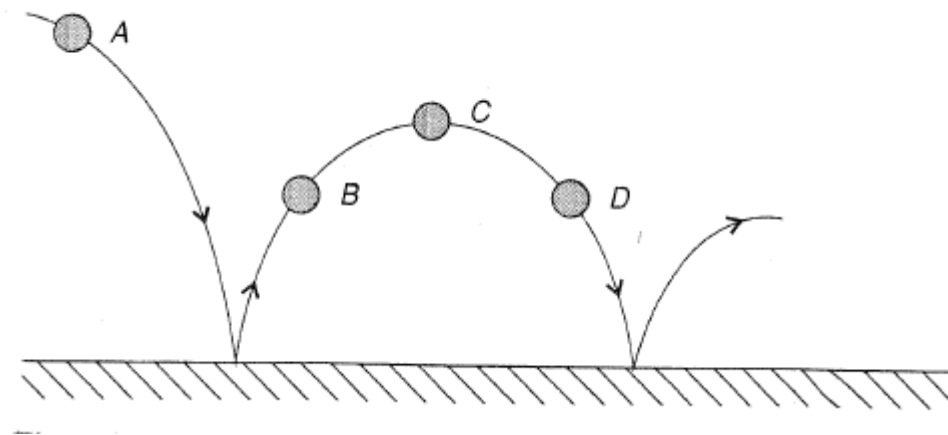


Vedlegg 3: Ettertest

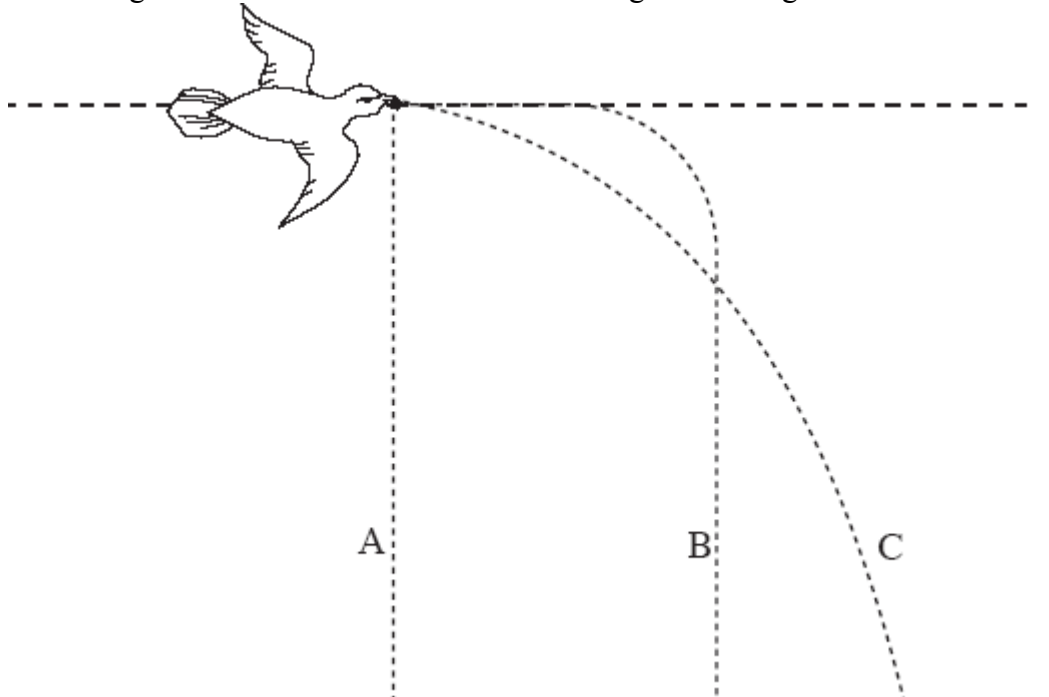
En liten test til...☺

navn:

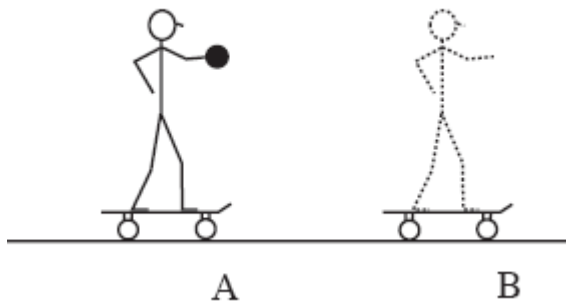
- 2) Tegn inn de kreftene som virker på ballen i posisjon A, B, C, og D. Se bort i fra luftmotstand



- 2) En fugl flyr med jevn fart rett fram. I nebbet har den en liten ball. Hvilken bane vil ballen følge etter at den forlater nebbet? Sett ring rundt riktig alternativ.



3)

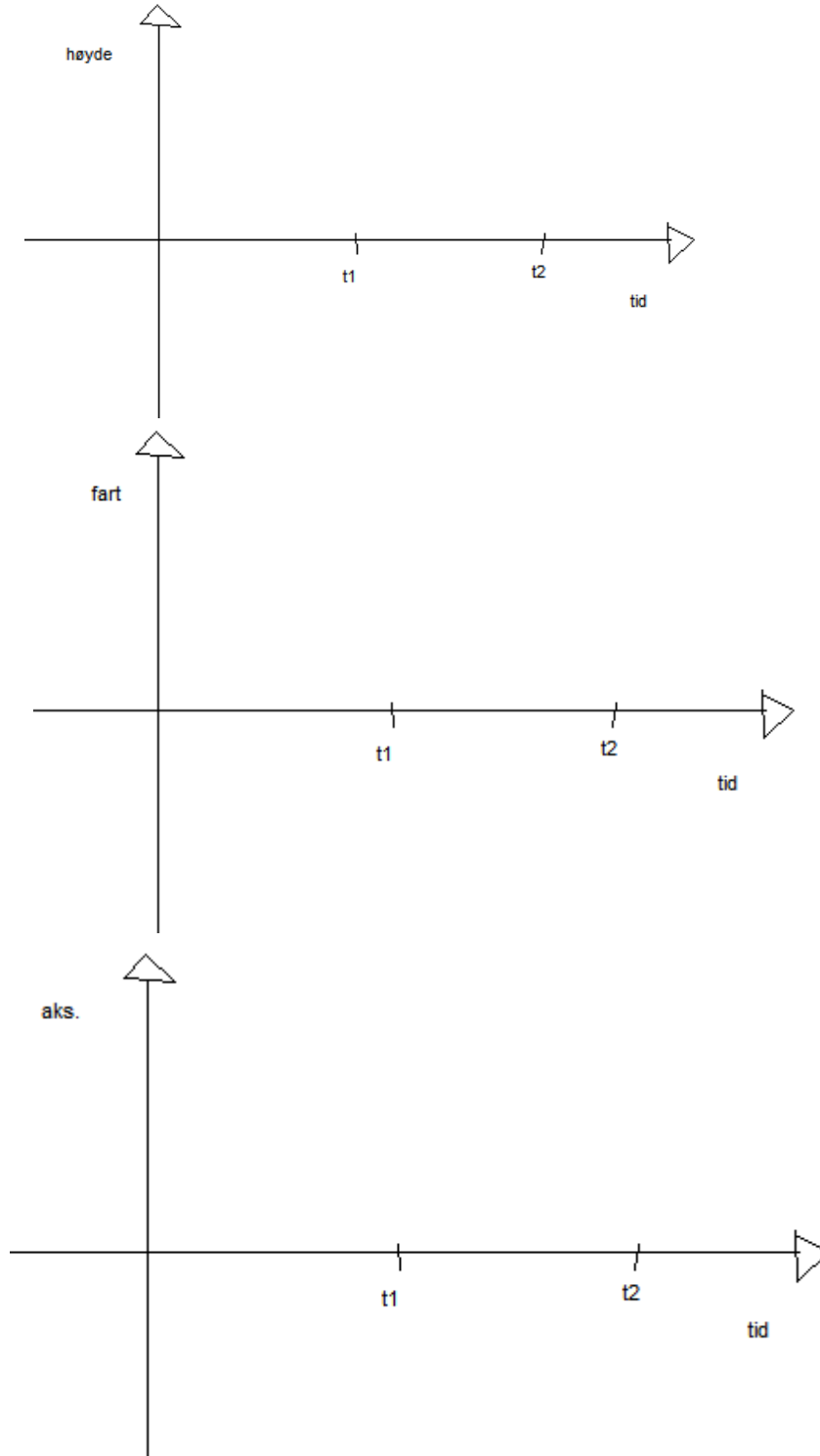


En person ruller på rullebrett med stor konstant hastighet. Han holder en ball utstrakt foran seg, som han mister i punkt A. Idet ballen treffer bakken, har personen forflyttet seg til punkt B. Luftmotstanden er ubetydelig. Ballen lander:

- f) Litt til venstre for A
- g) I punkt A
- h) Mellom punkt A og B
- i) I punkt B
- j) Etter punkt B

4)

For en ball som blir slynget ut av en katapult; fyll ut grafene for høyde, fart, og akselerasjon som funksjon av tid. La t_1 være tidspunktet hvor ballen er i sitt høyeste punkt, og t_2 være tidspunktet hvor ballen treffer bakken.



Vedlegg 4: Spørreskjema

Spørreskjema

Fyll ut ettersom hvor enig, eller uenig du er i påstandene

	Veldig uenig	uenig	nøytral	enig	veldig enig
Katapultprosjektet var morsomt		1	2	17	4
Jeg lærte nyttig fysikk av katapultprosjektet		2	5	13	4
Jeg trives med praktisk arbeid			3	15	6
Jeg får nyttige kunnskaper av praktisk arbeid som jeg ikke kan få av teoretisk gjennomgang			5	12	7
Jeg er flinkere til å løse praktiske enn teoretiske oppgaver	1	4	15	2	2
Jeg er bedre til å løse teoretiske enn praktiske oppgaver		2	15	6	1

Hva tror du at du lærer av praktisk arbeid som du ikke lærer av teoretisk gjennomgang, og hvorfor?

Andre kommentarer?