

Datalogging for ungdomstrinnet: Avstand, fart og akselerasjon

*Ellen K. Henriksen og Carl Angell
Skolelaboratoriet, Fysisk institutt, UiO*

Læreplanen sier at etter 10. årstrinn skal elevene kunne:

- planlegge og gjennomføre undersøkelser for å teste holdbarheten til egne hypoteser og velge publiseringsmåte
- gjøre rede for begrepene fart og akselerasjon, måle størrelsene med enkle hjelpemidler og gi eksempler på hvordan kraft er knyttet til akselerasjon

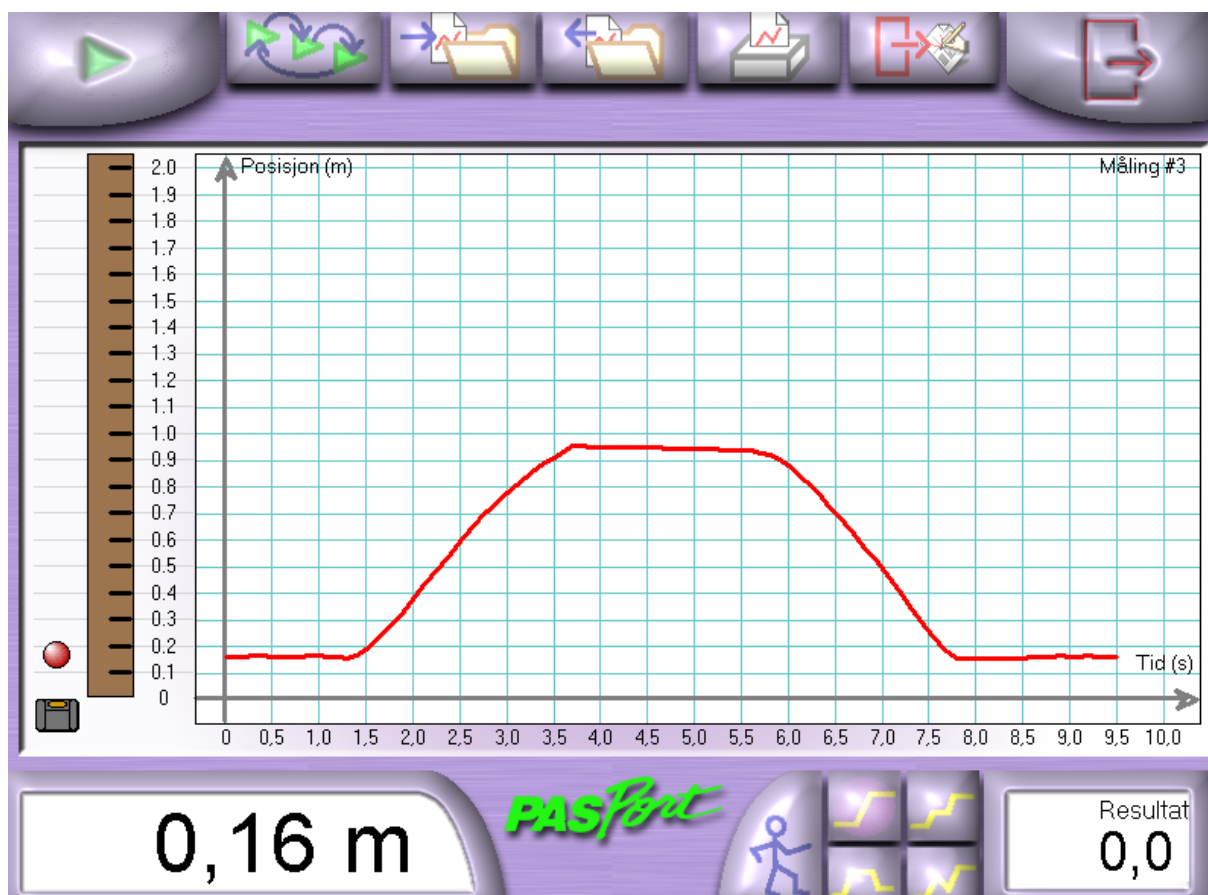
For å bli kjent med begrepene *fart* og *akselerasjon* kan elevene gjøre noen enkle dataloggingsforsøk med bevegelsessensor. Det finnes ulike loggersystemer. I eksemplet her har vi brukt Pascos PasPort-serie. Denne er enkel og rimelig for ungdomstrinnet fordi man ikke trenger en egen "loggerboks" – sensoren plugges rett inn i en PC via USB-porten. Programvaren DataStudio må være installert på PC'en (installasjons-CD følger med utstyret).

Bevegelsessensoren måler avstand ved å sende ut ultralydbølger som reflekteres fra objektet som skal måles på. Sensoren beregner automatisk avstanden til objektet ut fra tiden som lydbølgene bruker fram til objektet og tilbake til sensoren igjen. Det er den samme metoden som flaggermus bruker til å orientere seg! Ut fra avstandsmålingene kan loggeren også beregne både farten og akselerasjonen til et objekt i bevegelse.

1. Bli kjent med utstyret: Posisjon og hastighet for hånd i bevegelse

Utstyr: bevegelsessensor, PC

1. Koble sensoren til PC'en. Ruten "PAS Portal" vil komme fram på skjermen. Velg "Start EZ-screen" (dette er den enkleste utgaven av programvaren til loggesystemet).
2. La sensoren peke opp mot taket og still den på symbolet for en liten vogn. Hold én hånd stille ca. 15 cm over sensoren og klikk på startknappen (grønn pil) på skjermen. Beveg hånda rolig opp og ned over sensoren, og se hvordan grafen som viser håndas avstand fra sensoren, tegnes opp på skjermen. Stopp loggingen etter noen sekunder ved å klikke på rød prikk på skjermen.



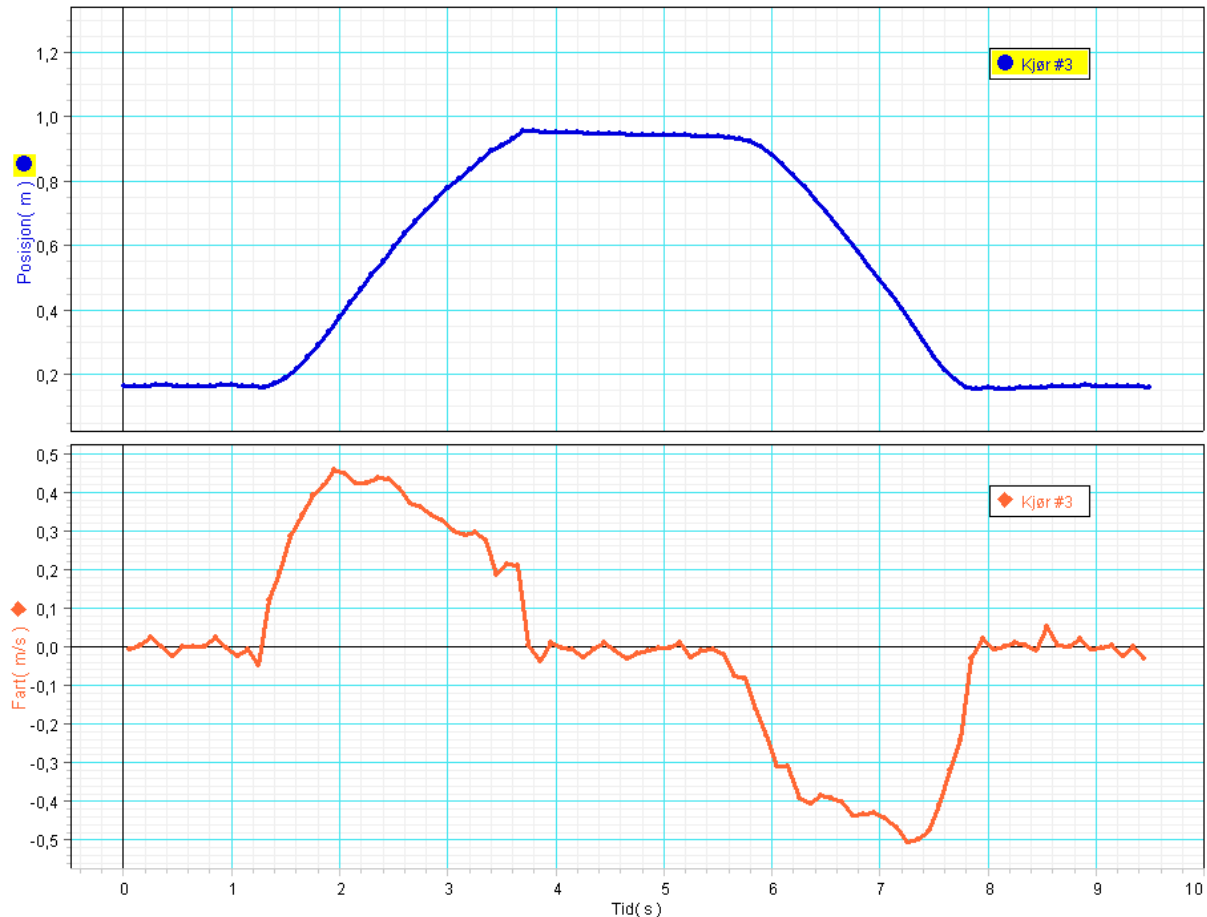
3. Beveg musepekeren over grafen – det er da mulig å lese av koordinatene (posisjon og tid, der posisjonen er håndas avstand fra sensoren) i hvert punkt. Det er også mulig å lese av stigningstallet. Elevene kjenner antakelig ikke begrepet *stigningstall*, men man kan nærme seg dette begrepet for eksempel ved å se hvor mye avstanden øker eller minker i et tidintervall på 1 sekund på ulike deler av grafen. Øker avstanden mye i løpet av et sekund, er stigningstallet stort. Øker den ikke i det hele tatt (posisjons-grafen horisontal), er stigningstallet 0.

Hva betyr det at avstanden øker mye på 1 sekund? Eller at den ikke øker i det hele tatt? Kanskje kan elevene resonnerer seg fram til at avstandsøkningen pr sekund er *farten* til objektet (håndas). Spør elevene hvordan de tror at en graf av *farten* ville se ut: - i området der avstanden stiger jevnt? – i områder der avstanden er konstant?

Hvis du finner et område på grafen med relativt lineær økning eller minking av avstanden, merk deg stigningstallet i dette området.

4. Klikk på knappen nest lengst til høyre på øvre knapperad på skjermen. Du tas da over til DataStudio (dette er den fulle programvaren der det er mulig å gjøre relativt avansert databehandling og analyse). Du blir spurt om du vil lagre EZ-skjermbildet – svar NEI hvis du ikke vil lagre dataene til seinere.
5. I DataStudio kommer grafen fram igjen. For å få en fart-tid-graf fra de samme dataene, klikk på "Setup" i øverste knapperad og kryss av for "velocity" (fart). Det kommer da fram et farget ikon for fartsgrafen oppe til venstre på skjermen. Lukk Setup-vinduet.

- Ta tak i ikonet for fartsgrafen med musa, dra den over til grafvinduet og slipp. Det kommer opp en fartsgraf under posisjonsgrafen.
- Studér grafen. Kan du finne et område med relativt konstant fart som svarer til det lineære området der du leste av stigningstallet i posisjonsgrafen? Hvordan stemmer denne konstante farten med stigningstallet du fant? Hvordan er det med farten når posisjonen er konstant?



Tips! I Data Studio kan du peke med musepekeren på tallene langs x- eller y-aksen. Da kommer det opp et ikon som en spiralfjær. Du kan nå dra ut eller trykke sammen skalaen langs aksene. Peker du på selve aksene med musepekeren, kommer det opp et ikon som en hånd. Du kan nå flytte grafen mot høyre eller venstre, opp eller ned på skjermen – uten å forandre skalaen.

2. Følg grafen! - En konkurranse der vi bruker bevegelsessensor

Utstyr: bevegelsessensor, PC

Dette er en "lek" som er innebygget i programmet EZ-screen. For å starte EZ-screen igjen, koble bevegelsessensoren fra og til igjen.

- Pas Portal-ruten kommer fram på skjermen. Klikk på "Launch EZ-screen".

1. Klikk på strekmannen nede til høyre og velg den enkleste kurven (øverst til venstre av de fire rutene) ved å klikke på ruten.
2. Du skal nå bevege deg slik at bevegelsen din best mulig svarer til den grå grafen. Rett bevegelsessensoren horisontalt (ut i rommet) og still den på symbolet for en person. Still deg opp foran sensoren og klikk på startknappen (grønn pil) på skjermen. Du har nå noen sekunder på deg mens det telles ned.
3. Når sensoren begynner å gå, kommer en rød kurve fram på skjermen. Denne beskriver din bevegelse. Prøv å bevege deg slik at den røde kurven følger den grå!
4. Prøv eventuelt de andre tre (mer kompliserte!) kurvene.



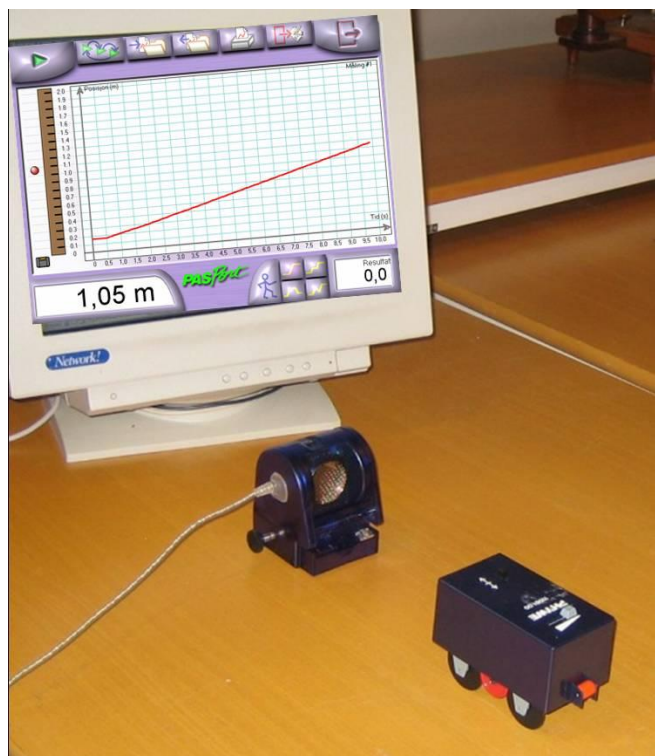
I Data Studio går det an å lage sine egne ”følg grafen”-leker. Klikk på ikonet med en blyant – da kan du tegne opp en kurve i grafvinduet. Du kan lage mer sammensatte posisjon–tid-grafer enn dem vi brukte i EZ-screen, eller du kan ta utfordringen og forsøke å gå etter en *fart-tid*-graf. Du vil snart oppdage at dette ikke er lett! Det å gå med jevn fart er vanskelig nok, men å veksle mellom å akselerere (gå stadig fortere), å gå med jevn fart og å retardere (gå stadig saktere) er overraskende vanskelig.

3. Bevegelse med jevn fart

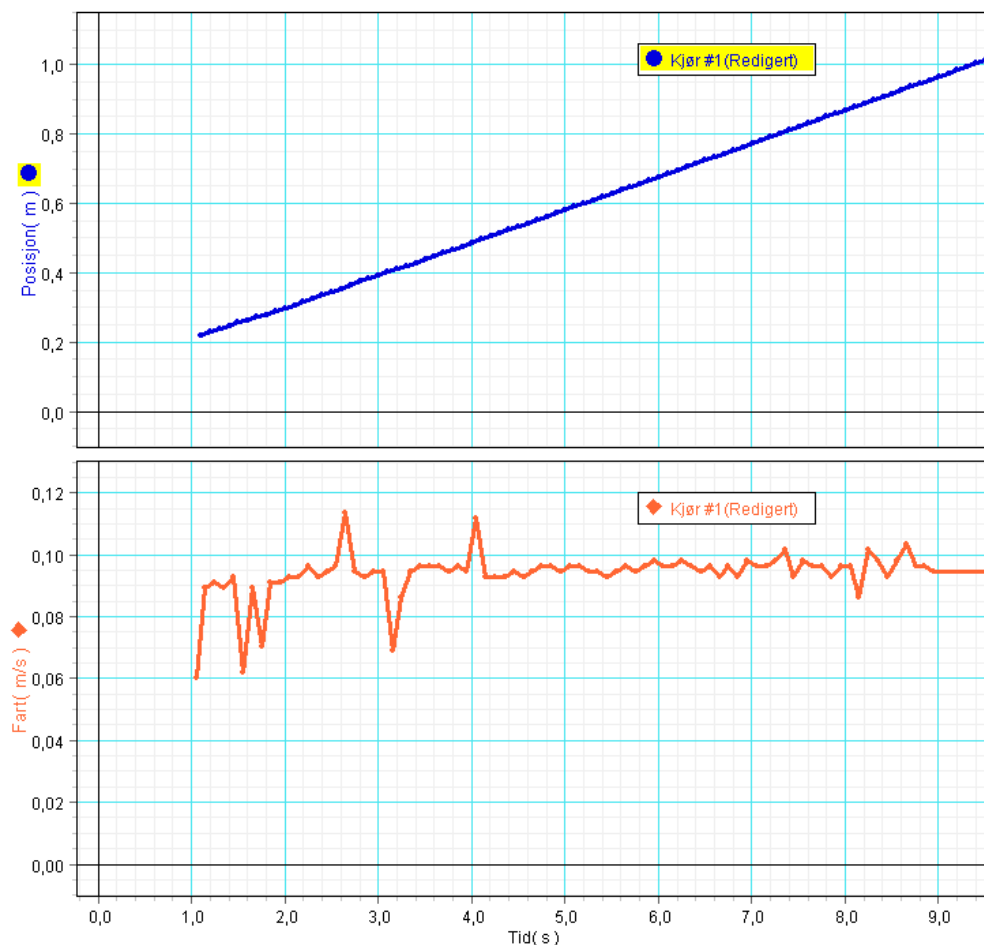
Utstyr: bevegelsessensor, PC, batteridrevet bil som går med jevn fart

Merk: Det er viktig at det som sensoren skal måle avstanden til, har en nokså stor flate som vender mot sensoren. Det har bilen som vi brukte i forsøket (bildet). Har man en annen og mer irregulært formet bil, kan det være lurt å montere en papplade på bilen vinkelrett på fartsretningen. Denne vil virke som reflektor for ultralydbølgene fra sensoren (se bildet under forsøk 4).

1. Koble sensoren til PC'en. Ruten "PAS Portal" vil komme fram på skjermen. Velg "Launch EZ-screen".
2. La sensoren peke langs bordplata og still den på symbolet for en liten vogn.
3. Start bilen og start loggingen ved å klikke på den grønne pilen opp til venstre. Bilens avstand fra loggeren tegnes opp som en jevnt økende kurve på skjermen. Stopp loggingen etter ca 10 sekunder.

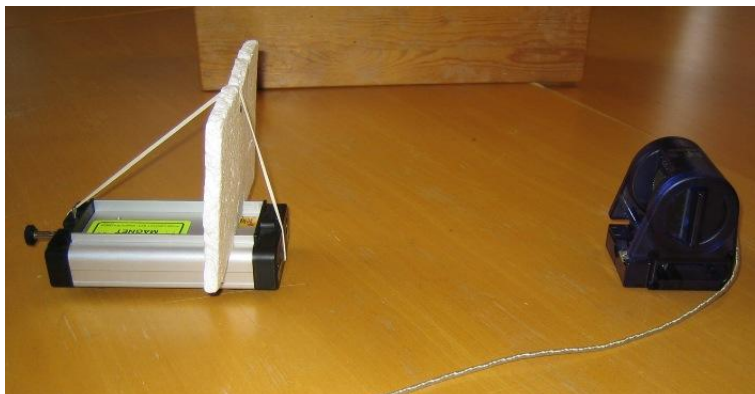


4. La elevene diskutere hva det betyr at posisjonsgrafene er ei rett linje. Bruk gjerne musepekeren til å finne kurvens stigningstall.
5. Klikk på knappen nest lengst til høyre på øvre knapperad på skjermen. Du tas da over til DataStudio. Du blir spurt om du vil lagre EZ-skjermbildet – svar NEI hvis du ikke vil lagre dataene til seinere.
6. I DataStudio kommer grafen fram igjen. For å få en fart-tid-graf fra de samme dataene, klikk på "Setup" (oppsett) i øverste knapperad og kryss av for "velocity" (fart). Det kommer da fram et farget ikon for fartsgrafen oppe til venstre på skjermen. Lukk Setup-vinduet.
7. Spør elevene hvordan de tror at fartsgrafen for bilens bevegelse kommer til å se ut, og diskutér eventuelt de ulike forslagene.
8. Ta tak i ikonet for fartsgrafen med musa, dra den over til grafvinduet og slipp. Det kommer opp en fartsgraf under posisjonsgrafen.
9. Hadde elevene gjettest riktig form på grafen? Fartsgrafen holder seg omkring samme verdi hele tiden, men den er ikke så jevn og fin som posisjonsgrafen (dette kommer av begrensninger i loggesystemet). Sammenlign stigningstallet til posisjonsgrafen med den "konstante" verdien som fartsgrafen har i Data Studio.



4. Bevegelse med jevnt økende fart (konstant akselerasjon)

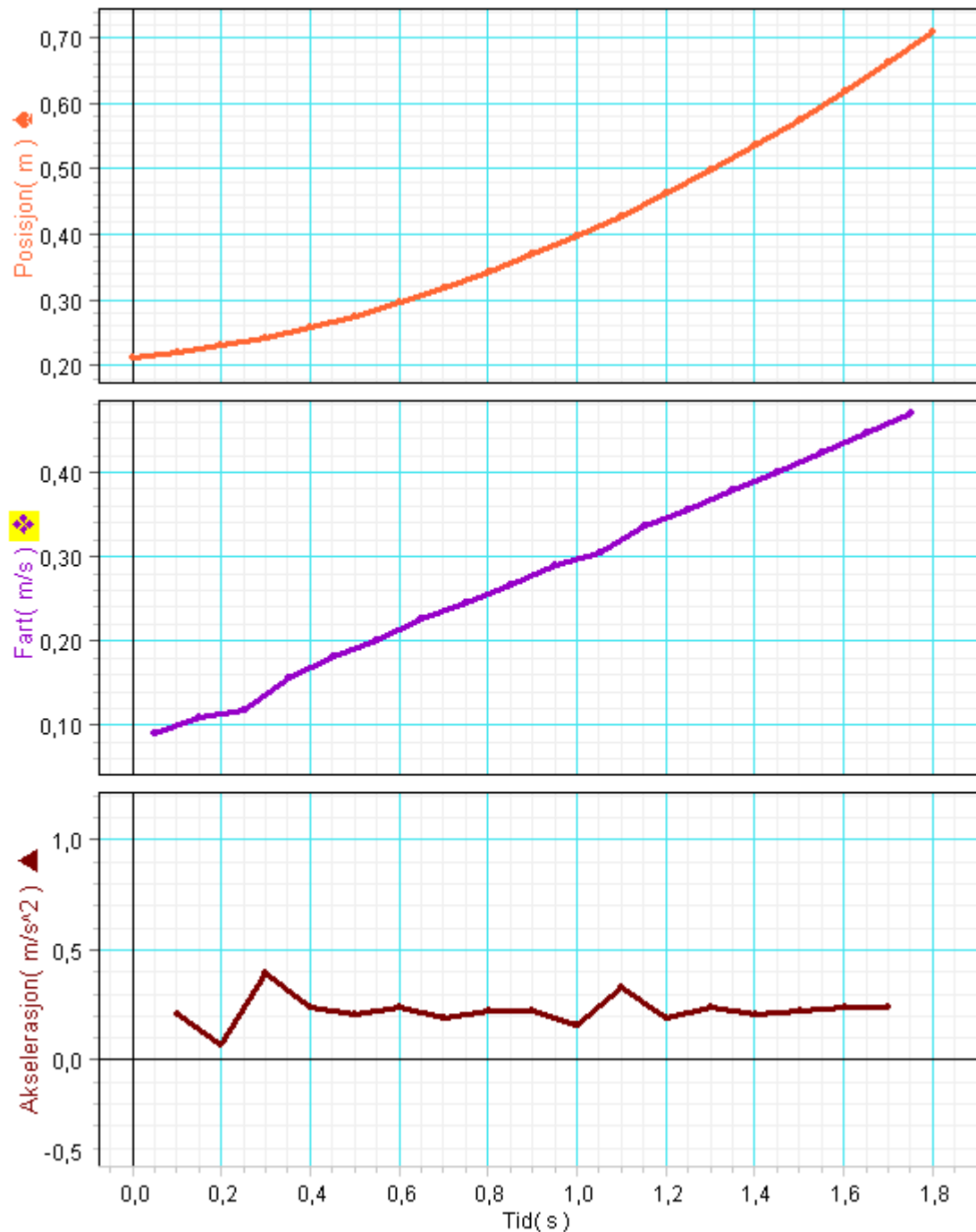
Utstyr: bevegelsessensor, PC, vogn/bil som ruller lett (evt. med papplate på tvers for å få bedre målinger), svakt skrånende bord (legg ei bok under bordbeina i den ene enden).



For å bli kjent med akselerasjonsbegrepet og la elevene utforske hvordan det henger sammen med fart og med posisjon, er det fint å analysere en enkel bevegelse med jevn akselerasjon i Data Studio.

1. Koble sensoren til PC'en. Ruten "PAS Portal" vil komme fram på skjermen. Velg "Start Data Studio".
2. Klikk på "Setup" (Oppsett), og la både posisjon og fart være krysset av. Lukk "setup-vinduet" igjen.
3. Du har et grafvindu med posisjon på skjermen. Ta tak i ikonet for fart oppe til venstre på skjermen, dra og slipp dette inne i grafvinduet. Nå er du klar for å få tegnet opp både posisjonsgrafen og fartsgrafen under hverandre på skjermen.
4. Sett sensoren i enden av bordplata i den høyeste enden, og hold vogna ca. 20 cm fra sensoren. La sensoren peke langs bordplata og still den på symbolet for en liten vogn.
5. Spør elevene om de tror at vogna kommer til å rulle med jevn fart nedover det skrånende bordet. Hvordan tror de at grafen for posisjon kommer til å se ut? Og grafen for fart?
6. Bruk en medhjelper, tell til tre og slipp vogna i samme øyeblikk som loggingen startes (ved å klikke på Start i menylinjen øverst). Vognas avstand fra loggeren og farten tegnes opp på skjermen. Stopp loggingen når vogna har nådd enden av bordet.
7. Hvordan ser grafene ut i forhold til det elevene gjettet? Kan de se at posisjonsgrafen ikke er ei rett linje? Kanskje kan de komme fram til at avstanden fra sensoren til vogna øker fortere og fortere. Hva betyr det for vognas fart? Vi ser at fartsgrafen ikke lenger er konstant på én verdi, som i forrige forsøk, men øker jevnt (rettlinjet). Når farten til vogna øker, sier vi at den har en *akselerasjon*. Det er jordas tyngdekraft som drar i vogna og får den til å rulle fortere og fortere nedover skråplanet.
8. Det er mulig å lese av *stigningstallet* til fartsgrafen. Hvor mye øker farten i løpet av et sekund? Er fartsøkningen pr sekund den samme i begynnelsen av bevegelsen (til venstre på grafen) som i slutten (til høyre på grafen)? Kan elevene gjette hvordan en graf av *akselerasjonen* vil se ut?

9. For å få en akselerasjon-tid-graf fra de samme dataene, klikk på "Setup" (oppsett) i øverste knapperad og kryss av for "acceleration" (akselerasjon). Det kommer da fram et farget ikon for akselerasjonsgrafene oppe til venstre på skjermen. Lukk Setup-vinduet. Ta tak i ikonet for akselerasjonsgrafene med musa, dra den over til grafvinduet og slipp. Det kommer opp en akselerasjonsgraf under fartsgrafene.
10. Hadde elevene gjettet riktig form på grafen? Akselerasjonsgrafene holder seg omkring samme verdi hele tiden, men den er ikke så jevn og fin som posisjons- og fartsgrafene (dette kommer av begrensninger i loggesystemet). Sammenlign stigningstallet dere fant for fartsgrafene med den "konstante" verdien som akselerasjonsgrafene har.



5. Mer bevegelse med jevnt økende fart: fritt fall

Utstyr: bevegelsessensor, PC, to baller/kuler (minst ca 5 cm i diameter) med ulik masse

Vi kan gå et skritt videre fra forrige punkt og utforske akselerert bevegelse nærmere ved å gjøre noen målinger på kuler som faller fritt.



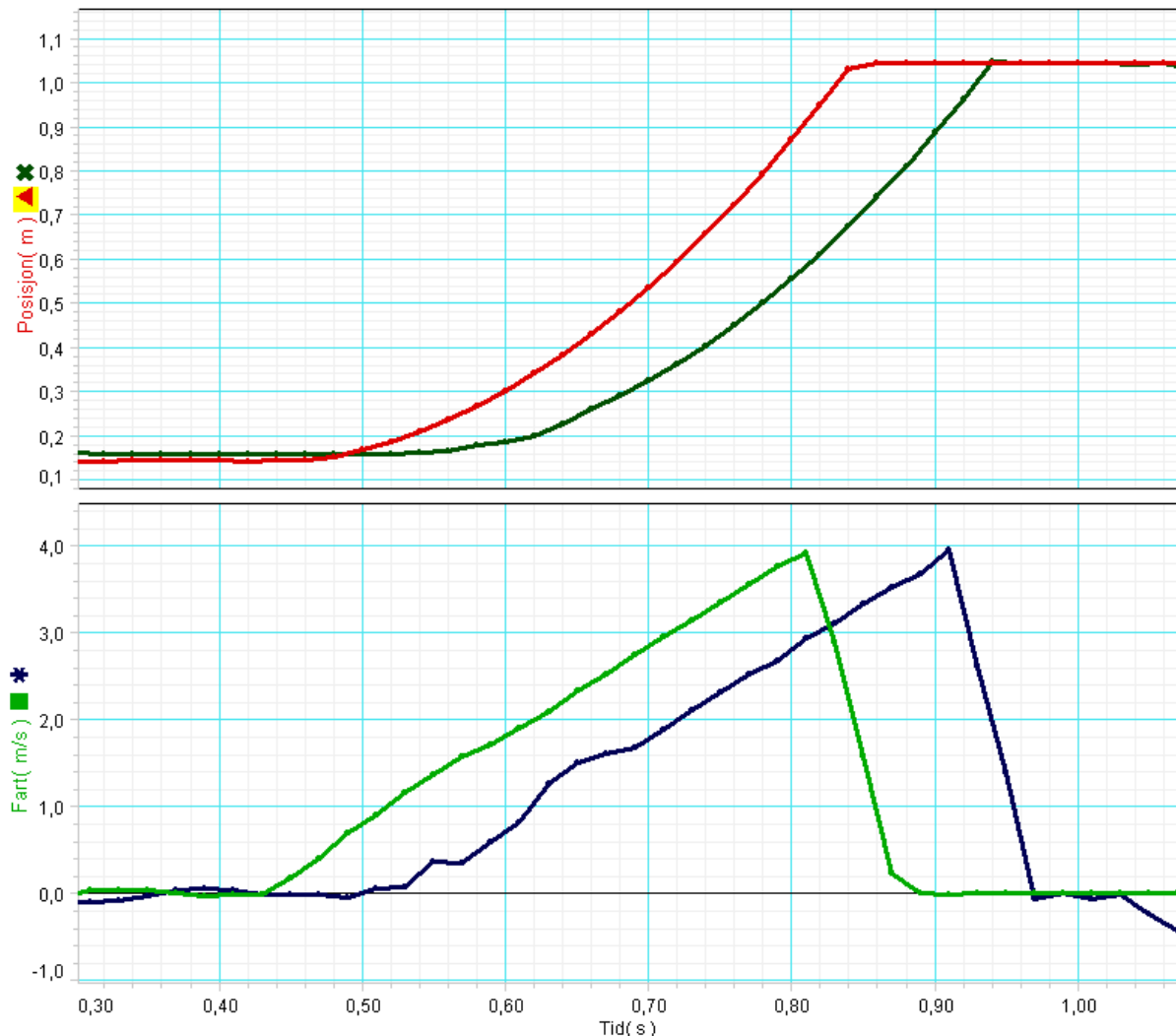
1. Fest bevegelsessensoren på et stativ ca. 1,5 meter over gulvet og la den peke rett nedover.
2. Lag et merke på stativet ca. 20 cm under sensoren – herfra skal kulene slippes.
3. Koble sensoren til PC'en. Ruten "PAS Portal" vil komme fram på skjermen. Velg "Start Data Studio".
4. Klikk på "Setup" (Oppsett), og la både posisjon og fart være krysset av. Lukk "setup-vinduet" igjen.
5. Du har et grafvindu med posisjon på skjermen. Ta tak i ikonet for fart oppe til venstre på skjermen, dra og slipp dette inne i grafvinduet. Nå er du klar for å få tegnet opp både posisjonsgrafen og fartsgrafen under hverandre på skjermen.
6. Spør elevene hvordan de tror at grafen for posisjon for den fallende kula kommer til å se ut. Og grafen for fart?
7. Start loggingen, slipp den tyngste av kulene fra avmerket høyde, og studér grafene for posisjon og fart. Hadde elevene gjettest riktig form på grafene? Hva kan dere si om stigningstallet til fartsgrafen sammenlignet med fartsgrafen til den trillende vogna i forrige forsøk? Kan dere regne ut fartsøkningen pr sekund for den fallende kula basert på fartsgrafen?
8. La elevene gjette hvordan kurvene kommer til å se ut for den letteste kula. Kommer den til å ha større fart når den treffer gulvet enn den tunge kula hadde? Samme fart? Mindre fart?
9. Start loggingen og slipp den lette kula. Grafene blir tegnet opp i samme diagram som grafene for den tunge kula. Hva finner dere? Hadde elevene gjettest riktig om hvilken kule som oppnådde størst fart?

Hvis grafene (særlig fartsgrafene) får uventede ujevnheter, kan grunnen være at kula har falt slik at den i perioder ikke innfanges av ultralydstrålen fra sensoren, slik at sensoren måler avstanden til gulvet i stedet for til kula. Det er viktig å la kula falle fra midt under sensoren. Prøv noen ganger til dere får "pene" grafer.

Antakelig vil dere finne at begge kulene treffer gulvet med nøyaktig samme fart (med mindre den ene ballen/kula dere bruker er så lett at luftmotstanden spiller en viktig rolle). I tilfeller

der luftmotstanden er for liten til å spille noen rolle, vil en tung ball få nøyaktig samme fartsøkning (akselerasjon) som en lettere. Denne akselerasjonen kalles *tyngdens akselerasjon*, og det er jordas tyngdekraft som skaper denne akselerasjonen. Hvilken verdi finner dere for tyngdens akselerasjon ut fra målingene?

Nedenfor er grafene fra forsøket utført med en ”sprettball” av gummi med masse ca 90 g og diameter ca 6 cm, og en kule av et tyngre materiale med masse ca 180 g og diameter 6 cm. Begge oppnår nøyaktig samme slutfart (4,0 m/s), og fartsgrafene har ganske nøyaktig samme stigningstall, nemlig omkring $9,8 \text{ m/s}^2$.



Både i dette forsøket og i forsøk 4 er det tyngdekraften som drar i ballen/vogna og gir den en akselerasjon. I forsøk 4 ble akselerasjonen mindre enn ved fritt fall (forsøk 5), fordi vogna i forsøk 4 ikke falt fritt, men var nødt til å bevege seg på den svakt skrånende bordplata. Bare en liten del (komponent) av tyngdekraften virket nedover langs bordplata.

For at et legeme skal ha en akselerasjon (fartsendring), må det virke en kraft. Et legeme vil alltid få en akselerasjon dersom det virker en netto kraft på det. Dette er beskrevet av Newtons 1. og 2. lov.

Bilder fra hjemmesiden til Pasco, skjermbilder fra programmet DataStudio (med EZscreen), samt fotografier tatt av Ellen K. Henriksen