

Gravitasjonskonstanten på månen

Å bestemme akselerasjonen for objekter i fritt fall er ett standard eksperiment i fysikk, som alle elever på et eller annet tidspunkt utfører. Det finnes mange metoder for å gjøre dette, mer eller mindre vellykkede i klasserommet. Utviklingen av videoanalyseverktøy har gitt oss enda en metode. Bruk av en video gjør det mulig å studere mer komplekse og eksotiske situasjoner, eller hverdagsituasjoner der elevene selv har gjort et opptak med for eksempel et mobiltelefonkamera. Hvis en video er tilgjengelig og målestokken er kjent, så er det mulig å analysere bevegelsen.

En av de mest spektakulære demonstrasjonene av objekter i fritt fall ble utført på månen av kommandør for Apollo 15-romferden David Scott. Han holdt en hammer og en fjær ut fra kroppen, slapp dem samtidig, og fordi de ble sluppet i et vakuum falt de med samme hastighet slik Galileo Galilei konkluderte 400 år tidligere. Videoen, som er tilgjengelig på NASAs hjemmeside [1], gjør det mulig å bestemme akselerasjonen grunnet gravitasjonen på månen ved hjelp av videoanalyse. Uheldigvis er kvaliteten på videoen ganske dårlig. Det er vanskelig å skille hammeren og fjæren fra bakgrunnen, det finnes ingen kalibrert målestokk, og kameraet er plassert litt skjevt.

Både hammeren og fjæra er uskarpe, men det er mulig å observere dem i fritt fall i mer enn 10 bilder på videoen, spesielt i første del av fallet. Det er derfor mulig å skaffe nok informasjon til å uttrykke posisjonen som en funksjon av tiden. Hvor skjevt kameraet er plassert kan bestemmes ved å bruke posisjonen til hammeren rett etter at den er blitt sluppet og posisjonen hvor den lander. Disse punktene gjør det mulig å bestemme den sanne y-aksen, som er omtrent 4 grader fra y-aksen til kameraet. Målestokken er mer usikker, men informasjon tilgjengelig fra nettstedet sier at fallet var omtrent 1,6 m. Dette stemmer overens med den antatte høyden til astronauten, omtrent 2,0 m med hjelm, men er allikevel en kilde til usikkerhet.

Ved hjelp av videoanalyseprogrammet Tracker, ble posisjonene til både hammeren og fjæra merket av og registrert. Den nøyaktige posisjonen i hvert bilde kan være vanskelig å finne, og resultatet vil derfor variere noe. For å unngå bias, bør plottviduet ikke være synlig når posisjonene blir markert. Det er nyttig å bla fram og tilbake mellom bildene for å skille hammeren og fjæra fra bakgrunnen. Fra posisjonsdataene får man fram en tilpasset kurve, med en andregradslikning som beskriver fallbevegelsen. Ved å identifisere akselerasjonen i likningen kan den

bestemmes.

Bevegelsen for en gjenstand i fritt fall kan beskrives av bevegelseslikningen:

$$y = y_0 + v_y t + at^2/2$$

Der y_0 er høyden objektet slippes fra, v_y farten den har i startøyeblikket og a er akselerasjonen.

Etttersom vi ikke starter tiden på eksakt null får vi en startfart.

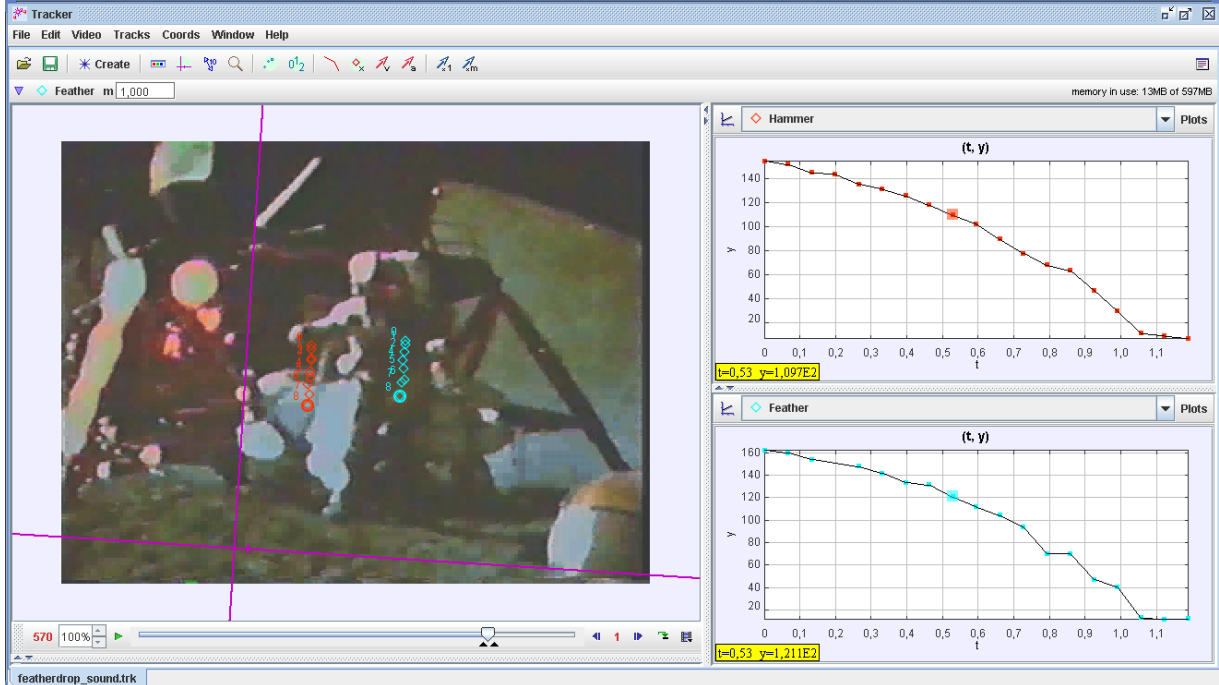
Etter å ha markert fallbevegelsen til hammeren fikk vi denne bevegelseslikningen: (figur 2).

$$y = 1.455 - 0,42 \cdot t - 1.64 \frac{t^2}{2}$$

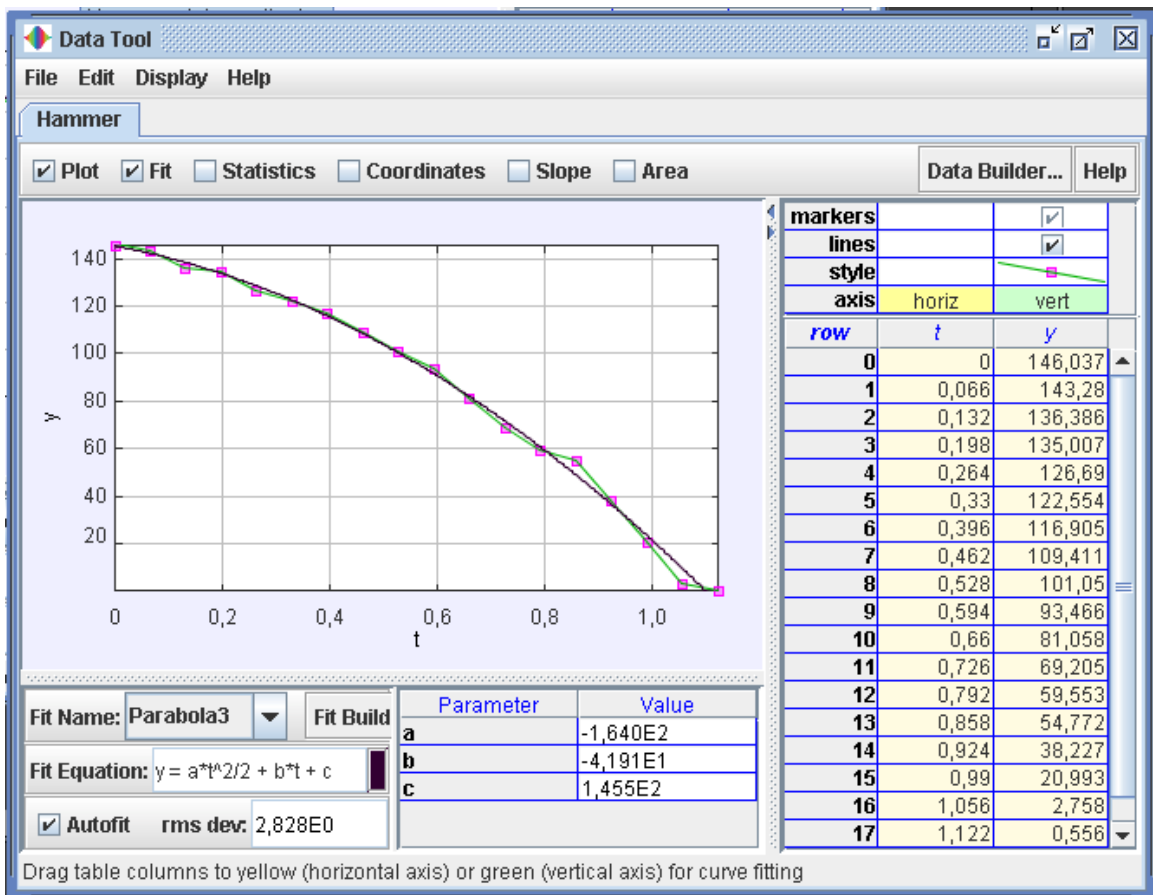
Med andre ord en akselerasjon på 1.6 m/s^2 riktad nedåt.

Vi fikk akselerasjonen $1,6(0,3)$ for fjæra og $1,6(0,4) \text{ m/s}^2$ for hammeren ved å gjenta avmerkingen av bevegelsen flere ganger. Disse verdiene stemmer godt overens med den beregnede verdien $1,6 \text{ m/s}^2$ og er tydelig forskjellig fra verdien på jorden. Grunnet vanskelighetene med å markere korrekte posisjoner kan det forventes verdier mellom $1,3\text{-}2,2 \text{ m/s}^2$ for elever og andra som vill gjenta forsøket. Disse resultatene burde overbevise dem om at gravitasjonen er mindre på månen og at den stemmer overens med deres egne beregninger med Newtons gravitasjonslov. Resultatet er en sterk indikasjon på at månelandingen virkelig fant sted. Det er mulig å simulere lavere gravitasjon ved å redusere bildehastigheten på videoen. Ved å spille av Apollo 15-videoen raskere, vil de fallende objektene få samme akselerasjon som på jorda, men bevegelsene til astronautene vil bli unaturlige for en person i en romdrakt.

Bruk av videoanalyse er et billig alternativ for visse kinematikk eksperimenter, og alt som trengs er et standard webkamera for å registrere eksperimentet. Fordi mange videoer, som Apollo 15-videoen, er tilgjengelig på nettet, har man dessuten mulighet til å studere er rekke eksotiske situasjoner.



Figur 1: Videovinduet og plotter av y-posisjonen til hammeren og fjæra i Tracker. Den korrekte y-aksen er vist i videovinduet.



Figur 2. Anpassning av bevegelsekurva till en ekvation som ger akselerasjonen. (skalan ges i cm)



Figur 3. En av författarna(J.E. Hagen) i full aksjon i klassrommet.

[1] http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/lunar/apollo_15_feather_drop.html

J.E. Hagen¹ og J.R. Persson²

¹ Vardø videregående skole Kaigata 6, N-9950 VARDØ (email: Jan.Egil.Hagen@ffk.no)

² Inst. for Fysikk NTNU, 7491 Trondheim (email: jonas.persson@ntnu.no)