

Årets nysgjerrigper 2005

Prosjekttittel: Hvordan få et trestykke 30 meter opp i luften?

Klasse: 5. trinn, gruppe 1

Skole: Ulsmåg skole (Bergen, Hordaland)

Antall deltagere (elever): 16

Dato: 01.05.2005

Det som begynte som en gal idè, en idè som vi nesten ikke våget å tro på selv. Skolen vår ligger like ved noen høye blokker. Fra skolens fotballbane virker blokkene høye og ruvende. Ville det være mulig å lage en konstruksjon som noen av oss kunne sende over blokkene fra fotballbanen? Vi visste ingenting og håpet alt.

I dette arbeidet har vi knyttet til oss ekspertise fra fjern og nær.

Vi sender en stor takk til:

Øyvind Guldahl
Skolelaboratoriet, Fysisk Institutt, Oslo

Amund Nylund
Sivilingeniør, Andøya Rakettoppskytningsfelt

Jon Andreas Støvneng
Førsteamanuensis ved Institutt for Fysikk, Trondheim

Ansvarlig veileder:
Frode Skjold

Deltagere:
Kristoffer Døskeland, Bjørnar Eikhaug, Amalie Fjeld, Daniel Flesland, Martin Grønsberg, Kristin Lilletvedt Roti, Anders Robbestad Skeie, Glenn-Rudi Skjønberg, Markus Svellingen, Espen Thorbjørnsen, Katinka Isabell Ulsmåg, Maja Vedå, Julia Weisethaunet, Andreas Martin Weltzien, Anniken Wik, Frode Skjold



Dette lurer jeg på

Hvordan få et trestykke 30 meter opp i luften?



Hvorfor er det slik

Hypotesevalg



Legg en plan

Egne forsøk

Fysikkhjelperene våre



Ut å hente opplysninger

Vi bruker tempograf

Ballong i en osteklokke

Fallrør med og uten luft

Vi slipper tunge lodd ut fra vinduet.

Trestykkene sendes bortover en sene

Vi sender brev til Øyvind Guldahl ved Universitetet i Oslo

Øyvind Guldahl svarer

Vi sender brev til Amund Nylund ved Andøya rakettskytefelt

Amund Nylund svarer

Vi sender brev til Jon Andreas

Jon Andreas svarer



Dette har jeg funnet ut

Resultatlogg 1, 17. januar, Elev 1

Resultatlogg 1, 17. januar, elev 2

Resultatlogg 1, 17. januar, elev 3

Resultatlogg 1, 17. januar, elev 4

Resultatlogg 1, 17. januar, elev 5

Resultatlogg 2, 17. april, elev 1

Resultatlogg 2, 17. april, elev 2

Resultatlogg 2, 17. april, elev 3

Resultatlogg 1, 17. januar, elev 4

Resultatlogg 2, 17. april, elev 4

Resultatlogg 2, 17. april, elev 5

resultatlogg, 27. april, samlelogg

resultatlogg, 28. april, samlelogg

Hva forteller hjelperene oss om hypotesene?

Hva vet vi nå om hypotesene?

Endelig konklusjon



Fortell til andre

Lærere i Natur og miljø, Ulsmåg skole

Nysgjerrigpermetoden



Dette lurer jeg på

Hvordan få et trestykke 30 meter opp i luften?

Er det i det hele tatt mulig å få et trestykke tretti meter opp i luften? Kanskje det hadde gått hvis vi hadde festet et trestykket til en nyttårsrakett, kanskje vi hadde klart det hvis vi hadde sendt trestykket opp med en vannrakett? Vel, i så tilfelle ville vi latt andre fenomener og krefter ordne opp for oss. Vil det derimot være mulig, på en eller annen måte, å bruke egne armer og bein for å få trestykket opp? Bør trestykket skytes, slynges eller kastes? Hvordan skal vi få mest mulig kraft på trestykket i tillegg til at trestykket bare stiger, stiger og stiger oppover uten å flerre ut til en side for deretter å dale hjelpeløst mot bakken som et hvilket som helst annet dødt trestykke.... Vi i 5a kastet oss ut i fysikkens utrolige verden. Arbeidet skulle lære oss om fenomener vi ikke ante eksisterte, om balanse, akselerasjon, kraftoverføring, stillingsenergi, bevegelsesenergi, luftmotstand, fart, tid og vei med mye mer. Midt inne i all den kunnskap vi fikk tilført fra konsulentene våre, midt inne i all kunnskap vi fikk gjennom egne forsøk, fantes et svar. Riktig bruk av svaret og riktig armlengde førte oss frem til suksess.....



Hvorfor er det slik

Hypotesevalg

Hele gruppen vår var samlet på sløydsalen mandag 10. januar. Vi diskuterte lenge hvordan vi skulle klare å få trestykket over 30 meter opp i luften. 30 meter virket veldig høyt, spesielt høyt hvis en flaggstang bare er 10 meter. Like ved skolen ligger noen boligblokker på åtte etasjer. Disse blokkene er cirka 25 meter høye. Vi måtte altså få dette trestykket over blokkene ved skolen??

Umulig mente noen, andre mente at det kanskje kunne gå an med litt taktikk og smarte løsninger. Vi diskuterte saken og kom frem til noen krav som måtte innfris hvis trestykket vårt skulle nå høydemålet vårt.

1. Vi må gi trestykket veldig mye kraft
2. Trestykket må ikke være lengre enn 10 cm. Spissen må være buet.
3. Vi må passe på at luftmotstanden blir liten
4. Trestykket må ha form som en rakett.



Legg en plan for undersøkelsen

Egne forsøk

Vi bestemte oss for å gjennomføre egne forsøk for å lære mer om luftmotstand, energioverføring og akselerasjon.

Forsøkene vi skal gjennomføre kan deles inn i disse tre gruppene.

Akselerasjon:

Vi bruker tempograf

Vi slipper tunge lodd fra vinduet

Luftmotstand:

Fallrør med og uten luft

Ballong i en osteklokke

Energioverføringer

Trestykkene sendes bortover langs en sene

Trestykkene sendes oppover i luften

Fysikkhjelperene våre

Vi fant ut at det kunne være viktig for oss å få kontakt med mennesker som kunne hjelpe oss i arbeidet vårt. Vi kontaktet fire-fem fagfolk rundt omkring i landet vårt om de kunne hjelpe oss underveis i arbeidet. Tre meldte seg!

Amund Nylund, Sivilingeniør, Andøya rakettskytefelt

Jon Andreas Støvneng, førsteamanuensis
ved Institutt for fysikk på NTNU.

Øyvind Guldahl, Skolelaboratoriet, Fysisk institutt, Oslo

Vi planla å sende mailer til disse hjelperene med jevne mellomrom for å forsikre oss om at vi er på riktig vei.



Ut for å hente opplysninger

Vi bruker tempograf



Espen tester farten ytterst ute på kjeppen ved å dra en papirstrimmel gjennom tempografen

Vi koblet opp en strømkilde sammen med en tempograf. Gjennom tempografen la vi en papirrull. Frode spurte om det var noen som ville være forsøkskaniner. Flere meldte seg til tjeneste. Daniel klarte å bevege armen sin i 22 km/t. Han var raskest. Espen skulle prøve med en kjepp. Han klarte å få kjeppen opp i nesten 50 km/t.

Ballong i en osteklokke

Først blåste Kristin opp en ballong som var mindre en håndball. Så plasserte vi ballongen inn i en osteklokke og Markus pumpet vekk luften. Ballongen vokste mer og mer og til slutt sprakk den. Den ville ikke ha sprukket hvis det hadde vært luft rundt den som presset mot ballongen fra utsiden. Det er jammen mer luft rundt oss enn vi aner....

Fallrør med og uten luft

Vi brukte et fallrør, en papirbit, en stålkule og en vakumpumpe. Vi tok papirbiten og stålkulen inn i fallrøret. Deretter snurret vi fallrøret på hodet og kikket på hvilken av tingene som traff den andre siden av fallrøret først. Det var stålkulen.

Etterpå tok vi luften ut av fallrøret ved hjelp av vakumpumpen. Når vi da snudde fallrøret på hodet, kom papirbiten og stålkulen like fort ned.

Grunnen til dette er at papirbiten er så lett at luften tar den med seg opp igjen når den er på vei ned. Når det ikke er luft i røret, er det ingen luft som bremser fallet og den kommer like fort ned som stålkulen.

Vi slipper tunge lodd ut fra vinduet.

I denne øvelsen bruker vi en strømkilde og en tempograf. Vi bruker også en papirrull og et lodd på omtrent et kilo.

Vi drar papirrullen gjennom tempografen og teiper loddet fast i papirrullen. I strømkilden er det en blå ledning og den fester vi til tempografen. Vi tar en blyant og tar den gjennom papirrullen. Vi holder i begge endene av papirrullen. Deretter slipper vi loddet ut av et vindu som er 5,5 meter over bakken. Tempografen lager prikker i papirrullen. Vi målte med linjal, den lengste avstanden vi kom til var 9,2 cm. Vi vet at loddet nådde sin toppfart da det var omtrent to meter igjen fra vinduet. Vi vet at farten også har noe med luftmotstanden å gjøre. Farten øker helt til den nesten når bakken.



Kristoffer og Daniel holder tempografen og slipper et tungt lodd til bakken fra vindu i andre etasje. Loddet akselererer fort og når ikke topphastigheten sin før en meter over bakken.



Trestykkene sendes bortover en sene



Kristin prøver å sende pilen sin bortover fiskesnøret med en kjepp. Til kjeppen er det festet et tau som igjen er festet til pilen. Pilen er festet til fiskesnøret ved hjelp av øyeskruer.

Øvelsene med tempografen viste oss at Espen som raskeste elev klarte å svinge armen sin i litt over tyve kilometer i timen. Hjelperene våre snakker om at trestykket må nesten ha en fart på over 90 km/t. Tempograføvelsen viste også at ved å holde en kjepp i hånden for deretter å sveipe den fremover vil farten ytterst på tuppen av kjeppen være rundt 50 km/t. Vi ville gjennomføre et forsøk for å sjekke ut om dette var tilfelle.

I uværsskuret vårt strekte vi opp en sene. Vi la et målebånd under senen som viste at senelengden var rundt 50 meter. Noen av oss dro veldig hardt i senen for at den skulle bli så stram som mulig. Deretter skrudde alle sammen to øyeskruer inn i trestykkene og festet trestykket på senen. Hver elev skulle så gjennomføre tre utskytninger av trestykket:

1. Slynge trestykket med bare hendene
2. Slynge trestykket med en kjepp som det var festet en liten (10cm) taustump til.
3. Slynge trestykket med en kjepp som det var festet en lang taustump (80 cm) til.

Resultater

Bjørnar:

1. 12 meter
2. 19 meter
3. 22 meter

Katinka

1. 19 meter
2. 32 meter
3. 36 meter

Andreas

1. 15 meter
2. 23 meter
3. 17 meter

Amalie

1. 17 meter

2. 20 meter
3. 32 meter

Kristin

1. 8 meter
2. 20 meter
3. 41 meter

Kristoffer

1. 27 meter
2. 28 meter
3. 36 meter

Anniken

1. 26 meter
2. 47 meter
3. 47 meter (større fart enn forrige forsøk)

Julia

1. 8 meter
2. 30 meter
3. 36 meter

Maja

1. 16 meter
2. 23 meter
3. 40 meter

Espen

1. 19 meter
2. 12 meter

Resultatene viste at trestykket fikk størst kraft hvis vi slyngnet det avgårde med både kjepp og med slyngtau festet til kjeppen.

Vi sender brev til Øyvind Guldahl ved Universitetet i Oslo



*Alle på skolen vår har egne mailadresser. Vi snakket med
hjelperene våre pr. mail.*

Ulsmåg skole

24. januar.

Gruppe 1 5 trinn,
Ulsmåg skole

Ved Katinka Ulsmåg
katinka.ulsmag@bergensskolen.no
Totlands veien 53
5223 Nesttun (Bergen)

Til Øyvind Guldahl

Forskning på hvordan man kan få et trestykke over 30 meter til værs.

Vi er arbeidscelle 2 fra 5. trinn på Ulsmåg skole. Arbeidscelle 2 består av Katinka, Kristin, Kristoffer og Anders. Vi lurer veldig på hvordan vi kan få et trestykke 30 meter opp i luften. Vi tror:

1.
Vi må gi trestykket veldig mye kraft.
2.
Trestykket må ikke være lengre enn 10 cm. Spissen må være buet.
3.
Vi må passe på at luftmotstanden blir liten.
4.
Trestykke må ha form som en rakett. Er dette riktig?

Vi har allerede laget våre første trestykker og prøvde å kaste disse opp, men nådde bare til toppen av flaggstangen. Noen begynte å slynge trepinnen oppover ved hjelp av et tau. Disse pinnene nådde høyere, men ikke høyt nok.
Hva må vi gjøre videre?

Vi trenger din hjelp og vil også gjerne vite litt mer om luftmotstand og tyngdekraft. Kanskje du har noen gode tips? Vi venter i spenning på svar.

Hilsen Katinka, Kristin, Kristoffer og Anders.

Øyvind Guldahl svarer

1.
Det er riktig at vi må gi trestykket veldig mye kraft, men det er mer korrekt å si det slik:
Vi må bruke stor kraft på trestykket slik at det får stor fart.
2.
Jeg tror godt det kan være lengre enn ti centimeter. Tenk på en pil og bue. Der brukes piler som er omtrent en halv meter lange.
3.
Det er veldig viktig å passe på at luftmotstanden blir liten.
Dere må derfor sørge for at trestykket beveger seg i lengderetningen hele tida og ikke snur seg på tvers, for da blir luftmotstanden stor. (Kanskje en halefinne?)

4.
Trestykket kan godt ha en lang og tynn rakettform.

Husk videre på at armene våre er for korte og for langsomme til at vi kan kaste med stor nok fart. Derfor var det nok lurt å prøve med tau, men det er kanskje vanskelig å få til. Kanskje trestykket kan festes ytterst på en lang stang? Da kan farten bli større. Kanskje det går an å skyte trestykket opp med en kraftig strikk?

Luftmotstanden blir vi ikke helt kvitt. Den virker alltid mot bevegelsen og øker veldig når farten øker. Dersom trestykket har liten masse, så vil luftmotstanden bremse farten fort ned. Med større masse, tar det lengre tid før luftmotstanden greier å bremse ned farten. Men på den annen side må vi da bruke større kraft for å gi trestykket nok fart. Her tror jeg dere må prøve dere fram litt. Tyngdekrafta trekker rett nedover hele tida. Selv uten noe luftmotstand må trestykket ha en startfart rett oppover på minst 25 meter per sekund, eller 88 km per time, for å komme 30 meter opp før det snur.

Trestykker som beveger seg så fort er ganske farlige, så vær forsiktige slik at ingen skader seg! Lykke til!

Jeg vil gjerne høre hvordan det går videre.

Hilsen Øyvind Guldahl

Vi sender brev til Amund Nylund ved Andøya rakettskytefelt

Amund Nylund svarer

Hei Amalie, Anniken, Glenn Rudi og Markus.

Takk for interessante spørsmål. Det virker som et spennende prosjekt dere holder på med. Jeg skal prøve å svare så godt jeg kan, og kanskje det vil være til litt hjelp for dere.

Først om det dere har tenkt på forhånd:

Punkt 1. Dere har helt rett i at dere må gi trestykket veldig mye kraft.. Det er ikke mange som klarer å kaste noe så høyt bare ved hjelp av muskelkraft. Kanskje spydkasteren Andreas Torkildsen klarer det, men han er jo veldig sterk da og har trent på å kaste i mange, mange år.. Jeg kommer tilbake til dette med kraft litt lenger ned i denne mailen.

Punkt 2, 3 og 4 henger veldig nært sammen. Dette med luftmotstand kan være ganske komplisert, men ikke umulig å forstå. Hvis dere tenker på alt som er ment til å fly gjennom luften, det kan være et fly, en fugl eller en rakett, så har alle disse tingene noe til felles. De tynne (avlange) og har en bueform i spissen, slik som dere også har tenkt for pinnen. Dette er for å få mindre luftmotstand. Hvis dere tar to vanlige ark og krøller det ene sammen, og så slipper dem fra samme høyde så vil dere se at det arket som er krøllet sammen vil treffe bakken først, selv om de er like tunge. Dette er fordi luftmotstanden vil være mindre for

arket som er krøllet sammen. Altså vil luftmotstanden være avhengig av formen på gjenstanden som skal gå gjennom luften.

Men det som også er tilfellet for raketter er at de har større vekt i spissen enn på resten av kroppen. Dette er for å få raketten til å gå mer stabilt til vær.

Som dere nevner er det to krefter som vil motvirke trestykket på vei opp mot 30 meter, luftmotstand og tyngdekraft.

Luftmotstand er altså en kraft som virker mot bevegelsen til en gjenstand, og jo større gjenstanden er, desto større vil luftmotstanden være. En tynn og strømlinjeformet gjenstand vil flyte bedre gjennom luften enn en tykk og klumpete gjenstand.

Den andre kraften er tyngdekraften. Det er en kraft som virker på alt her på jorda og er ganske kjekk å ha, for uten den kan vi ikke leve her på jorda. Den kommer av at jorda er så kjempe stor i forhold til oss. På månen for eksempel er tyngdekraften mindre, nettopp på grunn av at månen er så mye mindre enn jorda. Tyngdekraften øker med økende masse (vekt). Dere kan jo tenke dere hvor vanskelig det ville vært å kaste ett kilo bly i stedet for en lett pinne. Så dere har jo tenkt veldig rett når dere ikke vil ha trestykket så veldig langt.

Som jeg nevnte i starten er det vanskelig å få trestykket så høyt bare ved hjelp av muskel kraft. Derfor må dere kanskje tenke på noe som kan gi den litt ekstra kraft. I en rakettt brukes ett eller annet brensel som "skytes" ut bakenden av raketten og skyver den til vær. Nå trenger det ikke alltid å være brensel tilstede for å gi ekstra kraft. For eksempel kan man bruke trykk, slik som man gjør med en vannrakett (man pumper luft inn i en flaske helt til trykket på innsiden av flasken presser vannet ut tuten av flasken). Eller kanskje dere kan tenke på samme prinsippet som brukes med pil og bue, eller sprettert. Her brukes et materiale som er elastisk (en strikk, tråd eller fjær) som man bøyer tilbake og strekker seg raskt tilbake. En annen ide kan være å tenke på noe som kalles vektstang-prinsippet. Dette kan best forklares med noe som dere sikkert har sett på en eller annen tegnefilm, der en person står på en side av en planke som ligger over en stein, og så hopper mange andre personer på planken fra den andre siden. Og den ene personen vil "skytes" til vær. Dette vil jo ikke sende personen så høyt til vær i virkeligheten, men kanskje dere kan tenke på noe liknende.

Håper dette kan være til litt hjelp og at dere har fått litt tips til hvordan dere skal gå fram videre. Bruk fantasien og vær kreative. Men dere må love meg å være forsiktige dersom dere bruker noe som gir svært stor kraft, slik at dere ikke skader dere selv eller andre. Det er viktig å tenke på sikkerheten, selv om trestykket er lite kan det gjøre skade likevel.

Og skulle det være mer dere lurer på eller noe dere ønsker å få forklart nærmere, er det bare å sende meg en mail.

Jeg ønsker dere lykke til videre med dette spennende prosjektet.

Med vennlig hilsen
Amund Nylund

Vi sender brev til Jon Andreas

Jon Andreas svarer

Institutt for fysikk, NTNU 2. februar 2005

Hei Daniel, Andreas, Maja og Julia!

Hvordan går det med "oppskytingsforsøkene" deres? Er det noen som har klart å få et trestykke så høyt som 30 meter ennå? For et par dager siden tok jeg opp problemet hjemme ved middagsbordet. Kona mi, som har sans for praktiske løsninger, foreslo å bruke pil og bue, og det tror jeg er en ganske god ide. Kanskje er det noen av dere som har tenkt på det samme allerede?

Ut fra det dere skriver, er det tydelig at dere har gjort dere mange fornuftige tanker om problemet. Jeg har først tenkt å gå gjennom de fire punktene som dere har satt opp ("Vi tror"). Etter det vil jeg ta opp enkelte ting litt mer detaljert. Helt til slutt har jeg prøvd å oppsummere noen av de viktigste punktene (se side 16).

1. Vi må gi trestykket veldig mye kraft.

Ja, det har dere rett i. Hvis en skal være litt nøye med hvilke ord en bruker, så ville jeg si at vi må bruke veldig stor kraft på trestykket. Det som skjer da, er at vi gir trestykket stor energi og dermed stor fart. Og stor fart er viktig for at trestykket skal komme høyt opp i lufta!

2. Trestykket må ikke være lengre enn 10 cm. Spissen må være buet.

Jeg tror trestykket godt kan være lengre enn 10 cm. Tenk for eksempel på pil og bue - da er de fleste piler en god del lengre enn 10 cm. Men jeg tror nok det kan være lurt å ha en buet spiss, eller sagt på en annen måte, et trestykke som er avrundet foran. Hvis det er helt flatt foran, villuftmotstanden bli større.

3. Vi må passe på at luftmotstanden blir liten.

Ja, det er nok viktig! Som dere sier i punkt 2, kan luftmotstanden reduseres ved at spissen på trestykket har riktig form. Senere skal vi se litt nærmere på hva som ellers har noe å si for luftmotstanden.

4. Trestykket må ha form som en rakett. Er dette riktig? Vel, det må nok ikke ha form som en rakett (eller pil), men en slik form er sikkert en av de beste, med tanke på å få så liten luftmotstand som mulig. Men hvis vi velger en slik form, altså noe som er "tynt og langt", må vi passe på at det går rett opp og ikke begynner å snurre rundt, for da øker jo luftmotstanden, og dessuten bruker vi endel av kreftene på "unyttig" rotasjon.

Det var noen korte kommentarer til de fire punktene dere hadde satt opp. Dere skriver også at dere vil vite mer om luftmotstand og tyngdekraft. Disse tingene skal jeg prøve å forklare så godt jeg kan. Men aller først har jeg lyst til å snakke om en annen viktig størrelse, nemlig energi. Jeg vet ikke hva dere har lært om energi, men jeg er helt sikker på at dere har hørt om det mange ganger. For eksempel bruker vi elektrisk energi for å få lyspærer til å lyse og kokeplaten til å bli varm. I prosjektet deres er det ikke elektrisk energi men andre typer energi det er snakk om:

For det første så har trestykket noe vi kaller stillingsenergi (eller potensiell energi). Det er to ting

som avgjør hvor mye slik stillingsenergi trestykket har. Det ene er massen til trestykket (det vil si hvor mange gram eller kilogram det veier), det andre er hvor høyt over bakken trestykket befinner seg (det vil si hvor mange meter det er fra bakken og opp til trestykket). Jo tyngre trestykke, desto større stillingsenergi. Dersom to trestykker, et på 50 gram og et på 100 gram, befinner seg like høyt over bakken, ja da har det på 100 gram dobbelt så stor stillingsenergi som det på 50 gram, fordi det er dobbelt så tungt. Og jo høyere over bakken, desto større stillingsenergi. La oss si at et trestykke som er på bakken har null stillingsenergi.

Dersom du har to like tunge trestykker og det ene er 1 meter over bakken mens det andre er 2 meter over bakken, ja da har det som er 2 meter over bakken dobbelt så stor stillingsenergi som det andre.

La oss vise dette i en figur.

Figuren viser 3 trestykker som jeg har kalt A, B og C. A og B er like høyt over bakken, Ettersom B er dobbelt så tungt som A, har B dobbelt så stor stillingsenergi som A. A og C er like tunge. Ettersom C er dobbelt så høyt over bakken, har C dobbelt så stor stillingsenergi som A. B er dobbelt så tungt som C. Til gjengjeld er C dobbelt så høyt over bakken som B. Dermed har B og C like stor stillingsenergi.

Den andre typen energi vi må diskutere er det vi kaller bevegelsesenergi (eller kinetisk energi). To ting bestemmer hvor stor bevegelsesenergien er. Nok en gang kommer massen til trestykket inn i bildet: Jo større masse, desto større bevegelsesenergi. Dessuten må trestykket bevege seg for å ha bevegelsesenergi, og jo større fart det har, desto større blir bevegelsesenergien. Hvis trestykket ligger i ro, har det null bevegelsesenergi. Hvis to trestykker, et på 50 gram og et på 100 gram, beveger seg med like stor fart, så har det på 100 gram dobbelt så stor bevegelsesenergi som det på 50 gram. Nå tror dere kanskje at jeg har tenkt å si at hvis du har to like tunge trestykker og det ene har en fart på 1 meter i sekundet og det andre en fart på 2 meter i sekundet, så blir bevegelsesenergien dobbelt så stor for trestykket med størst fart. Men det har jeg IKKE tenkt å si! For hvis trestykket får dobbelt så stor fart, blir nemlig bevegelsesenergien, FIRE ganger så stor! Enn hvis farten økes fra 1 meter pr sekund til 3 meter pr sekund? Jo, da har farten blitt 3 ganger så stor, og bevegelsesenergien 3.3, det vil si 9 ganger større. La oss også se på dette med utgangspunkt i en figur:

Nok en gang har vi 3 trestykker, A, B og C. Trestykkene er på vei oppover, og farten er symbolisert med piler oppover, slik at lenger pil betyr større fart. A og B har like stor fart, 1 meter pr sekund. Ettersom B er dobbelt så tungt som A, har B dobbelt så stor bevegelsesenergi som A. A og C er like tunge. Ettersom C har dobbelt så stor fart som A, har C fire ganger så stor bevegelsesenergi som A. B er dobbelt så tungt som C men til gjengjeld har C dobbelt så stor fart som B. Dermed har C dobbelt så stor bevegelsesenergi som B.

Da vet vi altså at et trestykke kan ha to typer energi: Stillingsenergi og bevegelsesenergi. Hvis vi nå legger sammen stillingsenergien og bevegelsesenergien, får vi trestykkets totale energi. Og nå kan vi begynne å forstå hvor viktig og riktig den første påstanden deres er: Vi må gi trestykket veldig mye energi. (Der jeg tok meg den frihet å bytte ut "kraft" med "energi".)

La oss tenke oss at vi starter med et trestykke slik som i figuren under, og at før "oppskyting" står trestykket i ro på bakken:

Før oppskyting Rett etter oppskyting.

Hva er trestykkets totale energi før oppskyting? Vel, det befinner seg på bakken, så stillingsenergien er lik null. Dessuten har det ingen fart, så bevegelsesenergien er også lik null. Og $0 + 0 = 0$, med andre ord: Trestykkets totale energi er lik null.

Nå tenker vi oss at vi på en eller annen måte får trestykket til å fare oppover. På figuren har jeg tegnet ei stang som for eksempel ligger over et rør eller en trestamme. Det er klart at ved å presse venstre side av stanga raskt nedover, vil trestykket kunne "skytes" oppover. En annen mulighet er selvsagt å kaste trestykket oppover, eller å slynge det med et tau, som noen av dere hadde forsøkt.

Det som uansett skjer er at vi virker på trestykket med ei kraft, og det er nettopp denne krafta som sørger for at vi "gir" trestykket energi. Jo større denne krafta er, og jo lenger den virker, desto større energi får trestykket. Med "vippestanga" i figuren ser vi at trestykket har fått begge de to typene energi vi snakket om tidligere: For det første har vi løftet trestykket 1 meter opp fra bakken. Det betyr at det har fått stillingsenergi. For det andre har trestykket oppnådd en fart på 10 meter pr sekund, som betyr at det også har fått det vi kalte bevegelsesenergi. Men hva skjer egentlig etter at trestykket "forlater" vippestanga? Eller, hvis vi kaster trestykket: Hva skjer etter at vi slipper trestykket? Eller, hvis vi bruker "slyngtauet": Hva skjer etter at trestykket forlater tauet? Jo, da er trestykket overlatt til seg selv! Vi kan ikke lenger virke på trestykket med ei kraft, og dermed kan vi heller ikke lenger få gitt det større energi. Betyr det at det ikke lenger virker noen krefter på trestykket? Nei, det betyr det ikke, og ut fra det dere skriver, tror jeg nok også at dere vet hvilke krefter som fremdeles virker på trestykket, nemlig tyngdekraften og luftmotstanden.

Fysikere prøver ofte i første omgang å forenkle de problemene de studerer. Når de er sikre på at de har forstått "den forenklede versjonen", går de kanskje et skritt videre og prøver å forstå "hele problemet".

I prosjektet deres betyr "hele problemet" at vi må ta hensyn til både tyngdekraften og luftmotstanden. "Den forenklede versjonen" betyr at vi ser bort fra luftmotstanden. Vi later altså som om det ikke er noe luftmotstand i det hele tatt og prøver å skjønne hva som da vil skje. Og det er nettopp hva jeg har tenkt å gjøre nå.

Aller først må jeg huske å si at dere på en måte allerede vet hva som "skjer", for dere har jo prøvd å kaste forskjellige trestykker opp i lufta. Og hva skjedde? Jo, trestykkene beveget seg et stykke oppover før de snudde og falt ned på bakken. Dere vet også at jo hardere dere kaster, jo høyere kommer trestykket før det snur. Men verken dere eller jeg er tilfreds med dette, for spørsmålet er jo hvor høyt trestykket kan komme. Eller sagt på en annen måte: Hva skal til for å få det opp til en bestemt høyde, for eksempel 30 meter?

Her kommer energien inn i bildet! For etter at vi har sluppet trestykket (eller, som i figuren ovenfor, etter at trestykket har forlatt vippestanga) forandrer ikke trestykkets totale energi seg. Joda, farten til trestykket blir mindre og mindre, så bevegelsesenergien blir mindre og mindre. Men samtidig kommer jo trestykket høyere og høyere, slik at stillingsenergien blir større og større. Og farten avtar og høyden øker nettopp på en slik måte at summen av bevegelsesenergien og stillingsenergien ikke forandrer seg. Akkurat når trestykke t har nådd sin største høyde, har det ikke lenger noen fart. Det betyr at all den bevegelsesenergien som det hadde rett etter at det forlot hånda, tauet eller vippestanga har blitt omgjort til stillingsenergi. Nå snur trestykket og faller ned igjen. Det betyr at høyden blir mindre og mindre, og dermed at stillingsenergien blir mindre og mindre. Men nå øker farten! Og det betyr at trestykket får større og større bevegelsesenergi! Og når trestykket har kommet tilbake til samme høyde som der det ble sluppet, har det akkurat like stor fart (med retning nedover) som det hadde (med retning oppover) da vi slapp det.

Jeg tror kanskje det er lurt å vise dette i en figur også:

Til venstre i figuren ser vi situasjonen akkurat i det trestykket har forlatt vippestanga. (Altså ? dit vi hadde kommet i forrige figur!) Farten er 10 meter pr sekund og høyden over bakken er 1 meter. Midt i figuren har vi situasjonen akkurat i det trestykket har nådd sin maksimale høyde. Her har det ingen fart i det hele tatt. Til høyre i figuren har vi situasjonen da trestykket har falt ned igjen til samme høyde som det hadde til venstre, altså 1 meter over bakken. Her er farten igjen 10 meter pr sekund.

Men hvor høyt kom egentlig trestykket i dette eksemplet? Svaret er cirka 6 meter over bakken. Hvordan i all verden kunne jeg vite det? Jo, for det første har jeg brukt det vi snakket om for litt siden, nemlig at energien (den totale!) til trestykket ikke forandrer seg når vi har sluttet å bruke krefter på det. Ettersom bevegelsesenergien er lik null i toppunktet, må all den bevegelsesenergien som trestykket hadde med farten 10 meter pr sekund ha blitt omgjort til stillingsenergi når det har kommet opp til topp-punktet. Det vi trenger nå er å vite hvor mye

bevegelsesenergi trestykket har hvis det har en fart på 10 meter pr sekund. Hvis vi vet det, vet vi også hvor mye ekstra stillingsenergi trestykket har fått ved å stige fra utgangspunktet (1 meter over bakken) til topp-punktet. Til slutt må vi kjenne sammenhengen mellom høyden og stillingsenergien.

Men vi trenger tall! Det vil si, tall på energien. Og da må vi bli enige om hva vi skal måle energien i. Dere vet godt hva vi bruker hvis vi for eksempel skal måle en lengde, nemlig meter. (Eller cm eller km, men vi kan jo alltid regne om til meter, for vi vet jo at det er 100 cm i en meter og at det er 1000 meter i 1 km.) Og farten måler vi jo i meter pr sekund, eller kilometer i timen, som er vanlig hvis vi for eksempel snakker om biler. (Hvis vi vet farten i kilometer i timen, kan vi regne om til meter i sekundet, for 1 km er 1000 m og 1 time er 3600 sekunder. For eksempel: 36 km i timen er det samme som 36000 meter på 3600 sekunder, med andre ord 10 meter på 1 sekund.) Og masse måler vi i gram eller kilogram. Hva så med energi! Jo, energi har man blitt enig om å måle i noe som heter joule, og som vi for enkelhets skyld bare skriver som J. (På samme måte som vi forkorter kilogram til kg, meter til m og sekund til s.) Og hvor mye energi er 1 J? Jo, hvis et trestykke har en masse på 1 kg og en fart på 1 m/s (dvs meter pr sekund), så har det en bevegelsesenergi lik 0.5 J (dvs en halv joule). Hvis det samme trestykket har en fart på 2 m/s, har det en bevegelsesenergi lik 2 J. Husk: Hvis farten ble dobbelt så stor, så ble bevegelsesenergien fire ganger så stor!

Altså: Hvis vi kjenner massen i kg og farten i m/s, så finner vi bevegelsesenergien i J ved å gange sammen massen og farten, gange med farten en gang til, og til slutt dele med 2. Et eksempel til: Hvis vårt trestykke har en masse på 100 g, dvs 0.1 kg, og en fart på 10 m/s, ja da blir bevegelsesenergien lik $0.1 \cdot 10 \cdot 10 / 2$ J, dvs 5 J. (Jeg bruker "/" som deletegn, dere er kanskje vant til å bruke ".":)

Stillingsenergien måler vi også i J. Kjenner vi massen i kg og høyden i m, finner vi stillingsenergien i J ved å gange sammen massen og høyden, og til slutt gange med 10. Vel, egentlig 9.8, for å være litt mer nøyaktig, men forskjellen mellom 9.8 og 10 er ganske liten, så ettersom det er mye enklere å gange med 10, bruker vi for lettvinthets skyld 10. (Jeg skal komme tilbake til dette IO-tallet etterpå, og vi skal se at det har med tyngdekraften å gjøre.) La oss se på eksempel med stillingsenergien: Hvis trestykket vårt på 0.1 kg løftes oppover, fra en starthøyde på 1 m over bakken og opp til en sluthøyde på 6 m over bakken, da har høyden endret seg med 5 m, slik at endringen i stillingsenergi blir lik $0.1 \cdot 5 \cdot 10$ J, dvs 5 J.

Og dere har vel for lengst sett at eksemplet ikke var helt tilfeldig valgt, for dette beskriver jo nettopp oppskytingen av trestykket i de to forrige figurene. Vi har altså regnet ut at med en fart på 10 m/s kan trestykket komme seg 5 m høyere før det snur og faller ned igjen. Ettersom det forlot vippestanga 1 m over bakken, blir hele høyden lik 6 m over bakken.

La oss prøve å finne ut hvor stor fart vi må gi trestykket for at det skal stige til en høyde på 30 m. Vel, vi kan jo tenke oss at vi gjør det på samme måten som i figurene over, slik at vi "starter" i en høyde 1 m over bakken. Da mangler vi 29 m, så vi må finne ut hvor mye ekstra energi vi må gi trestykket for å nå denne høyden. Denne energien må være lik $0.1 \cdot 29 \cdot 10$ J, dvs 29 J, for vi skulle jo gange sammen massen (0.1 kg) og høyden (29 m) og til slutt gange med 10. Så stor bevegelsesenergi må altså trestykket ha når det forlater vippestanga. Og hvor stor fart tilsvarer en bevegelsesenergi på 29 J? La oss prøve oss fram og se! Med en fart på 10 m/s fikk vi bare 5 J. Vi prøver med 20 m/s. Da blir energien lik $0.1 \cdot 20 \cdot 20 / 2$ J, dvs 20 J. Fremdeles litt lite, men vi nærmer oss! Vi prøver med 30 m/s. Det tilsvarer en bevegelsesenergi lik $0.1 \cdot 30 \cdot 30 / 2$ J, dvs 45 J. Heisann, det ble jo mer enn nok! Kanskje det holder med 25 m/s? Da er energien $0.1 \cdot 25 \cdot 25 / 2$ J, dvs cirka 31 J. Jo, det holdt det også, vi trengte jo bare 29 J. Men ettersom vi ikke har tenkt på luftmotstanden ennå, tror jeg vi sier at vi trenger en "utskytingsfart" på cirka 25 m/s. Hvor fort er egentlig 25 m/s? Jeg synes mange ganger at det er lettere å vurdere om en fart er "stor" eller "liten" når jeg vet hvor mange kilometer i timen farten er, for da kan jeg sammenligne med "normal" fart på for eksempel en bil. Og det er ikke så vanskelig å "gjøre om" fra m/s (dvs meter pr sekund) til km/t (kilometer pr time). Siden det er 1000 m i 1 km

i "--" og 3600 s i t, er det faktisk bare å gange med 3.6. Dermed: Hvis farten er 25 m/s, så er det i det samme som $25 \cdot 3.6$ km/t, dvs 90 km/t. Og det er jo ganske fort! Det er for eksempel så

fort som det er lov å kjøre på de aller fineste veiene her i landet...

I eksemplet over brukte vi et trestykke med en masse på 100 g, eller 0.1 kg, og fant ut at vi måtte gi det en fart på ca 25 m/s for å få det 30 m opp i lufta. Tror dere at vi trenger større eller mindre fart dersom vi bruker et lettere trestykke? Enn hvis vi bruker et tyngre et?

Svaret er at vi trenger akkurat like stor fart uansett om trestykket er lett eller tungt! La oss overbevise oss om at det må bli slik ved å se på et par eksempler til.

Vi tenker oss et lett trestykke med masse 10 g, dvs 0.01 kg, og et tungt et med masse 1000 g, dvs 1 kg. Først regner vi ut hvor mye energi vi må gi de to trestykkene for å løfte dem fra starthøyden 1 m over bakken til ønsket høyde 30 m over bakken, altså en ekstra høyde på 29 m, slik som før. Vi husker at stillingsenergien regnes ut ved å gange massen med høyden og til slutt gange med 10. Det lette trestykket må derfor gis en energi $0.01 \cdot 29 \cdot 10$ J, dvs 2.9 J. Dersom det starter med en fart på 25 m/s, er bevegelses energien lik $0.01 \cdot 25 \cdot 25/2$ J, dvs ca 3.1 J. Altså akkurat nok! Det tunge trestykket, derimot, må gis en energi $1 \cdot 29 \cdot 10$ J, dvs 290 J. Dersom startfarten er 25 m/s, er bevegelses energien lik $1 \cdot 25 \cdot 25/2$ J, dvs litt i overkant av 310 J. Igjen omtrent akkurat nok! Vi ser at uansett hvor tungt trestykke t er, må vi ha samme startfart for å nå opp til en bestemt høyde. Og vi ser også hvorfor det blir slik: Både j stillingsenergien og bevegelsesenergien blir dobbelt så stor hvis massen blir dobbelt så stor, så det blir bare startfarten som avgjør hvor høyt trestykket kommer!

Spiller det da ingen rolle om vi bruker et lett eller et tungt trestykke? Joda! For vi ser jo at jo tyngre trestykket er, jo større energi må vi gi det, og jo større kraft må vi bruke for å gi det stor nok fart. Så da skulle en kanskje tro at det ville lønne seg å bruke et trestykke som var så lett som mulig? Hvis det ikke hadde vært for luftmotstanden, så hadde det vært riktig: Jo lettere trestykke, desto mindre stillingsenergi 30 m over bakken, og desto mindre krefter hadde vi trengt å bruke for å gi det en fart på 25 m/s.

Slik ville det faktisk ha vært hvis vi gjorde forsøket på månen! Der er det praktisk talt ingen luftmotstand i det hele tatt, så du kunne sparke en ballong like høyt som en fotball (hvis startfarten var like stor). Dessuten ville ballongen og fotballen bruke nøyaktig like lang tid fra de ble sparket til de falt ned igjen på bakken.

Men vi befinner oss på jorda, og her har vi luftmotstand! Dere skriver at dere gjerne vil vite mer om luftmotstand og tyngdekraft, så la oss se litt nærmere på hva dette egentlig er!

Krefter: Luftmotstand og tyngdekraft.

Hva er krefter? Hvordan vet vi om det virker krefter på for eksempel et trestykke? Dere har kanskje hørt om Newton? I hvert fall har helt sikkert noen av dere sett på TV-programmet Newton! Isaac Newton var fra England og levde for ca 300 år siden. Han har mye av æren for måten vi forstår verden omkring oss på, og han tenkte mye på det med krefter, og spesielt tyngdekraft.

For det første fant han ut at hvis det virker en kraft på en "ting" (la oss kalle det en ting, for det kan være hva som helst!), så vil farten endre seg. Vi sier at tingen akselereres. Tenk på en bil: Når vi gir gass og slipper ut clutchen, virker det krefter som får hjulene til å gå rundt, og bilen akselererer. Dere har kanskje hørt uttrykk som "fra null til hundre på ti sekunder"? Det betyr at bilen øker farten fra 0 til 100 km/t i løpet av 10 sekunder. Hvis farten økte jevnt, har altså akselerasjonen vært 10 km/t pr sekund. Det er det samme som ca 2.8 m/s pr sekund. (Dere husker at vi kunne regne om fra m/s til km/t ved å gange med 3.6? På samme måte kan vi regne om fra km/t til m/s ved å dele med 3.6. Og $10 : 3.6$ er omtrent 2.8.) Hvis bilen har en kraftig motor (mange hestekrefter!), blir kraften på hjulene stor, og da blir også akselerasjonen stor. Tenk deg nå to biler, en liten og lett og en stor og tung, men begge med like kraftig

V motor. Da vil den lette bilen akselerere raskere enn den tunge. Dette fant Newton også ut av: Hvis kraften er like stor, vil akselerasjonen bli mindre jo større masse tingen har.

Hvordan er det så med tyngdekraft og akselerasjon? Jeg foreslår at dere aller først gjør et enkelt eksperiment (kanskje dere allerede har gjort det sammen med læreren deres):

Finn et par ting med omtrent samme størrelse, men med forskjellig masse. Jeg prøvde med små kuler av jern og plast. Hold en ting i hver hånd og slipp dem samtidig fra samme høyde. Hva kom raskest ned på gulvet? Kom de fram så godt som samtidig? Jeg klarte i hvert fall ikke å se om det var plastkula eller jernkula som falt forst. Men det betyr at de må ha hatt akkurat like stor akselerasjon på vei ned mot gulvet. Det faktum at kulene akselereres, må bety at det virker en kraft på dem, og kraften som virker i dette eksperimentet er nettopp tyngdekraften. Tyngdekrefter virker faktisk mellom alle ting! Men størrelsen på kraften er avhengig av massen til de to tingene som virker på hverandre. Ta for eksempel to blyanter som ligger på bordet. Da virker de to blyantene på hverandre med tyngdekrefter slik at de trekkes mot hverandre. Men begge blyantene har ganske liten masse, så tyngdekraften mellom dem blir bitte bitteliten, så liten at det nesten ikke går an å måle den. Men jordkloden, derimot, har ikke liten masse! Massen til jorda er omtrent 6000000000000000000000000 kg (tjuefire nuller bak sekstallet)! Størrelsen på tyngdekraften får vi ved å gange sammen massen til de to tingene som virker på hverandre. Jeg vet ikke nøyaktig hvor mye en blyant veier, men dere forstår at , vi får et mye større tall når vi ganger massen til blyanten med massen til jorda i forhold til om vi ganger massen til blyanten med massen til en annen blyant. Og da forstår dere også hvorfor vi "merker" den tiltrekkende tyngdekraften fra jorda mens vi slett ikke merker tyngdekraften som virker mellom for eksempel to personer som står og snakker med hverandre. Da vi holdt på med energier tidligere, fant vi fort ut at det var kjekt å kunne "sette tall" på de ulike energiene vi snakket om. For å vite hva tallene betydde, måtte vi også bestemme oss for hva vi skulle måle energier med, dvs hva slags enhet vi skulle bruke. Og for energi bestemte vi oss altså for enheten joule, som vi forkortet til J. Enheten for krefter er oppkalt etter Isaac Newton og heter, ja nettopp, newton. Forkortelsen for newton er N. Men hvor stor kraft er for eksempel 1 N? Vi var enige om at stor kraft resulterte i stor fartsøkning, dvs stor akselerasjon, og vi var også enige om at med en større masse måtte vi bruke en større kraft for å oppnå samme akselerasjon. Faktisk er sammenhengen mellom kraft, masse og akselerasjon så enkel som at hvis du ganger massen med akselerasjonen, ja så har du kraften som virker. For å finne hvor mange newton (N) kraften er, må du passe på å måle massen i kg og akselerasjonen i m/s pr sekund ("meter pr sekund pr sekund"). Eksempel: Hvis trestykket på 100 g, dvs 0.1 kg, øker farten med 10 m/s for hvert sekund som v går, så betyr det at det virker en kraft på trestykket som er $0.1 \cdot 10$ N, dvs 1 N. Med andre ord: Hvis trestykket først er i ro (altså null fart) og du så bruker en kraft på 1 N, så vil farten til trestykket være 10 m/s etter 1 sekund. Hva så med tyngdekraften, hvor stor akselerasjon fører den til? Eksperimentet med jernkula og plastkula viste at akselerasjonen var like stor for begge kulene selv om jernkula har større masse enn plastkula. Hvis vi målte hvor lang tid det tok for kulene å komme ned til gulvet og samtidig målte farten til kulene akkurat før de traff gulvet, ville vi finne at de hadde hatt en fartsøkning på ca 10 m/s pr sekund. Dette kaller vi for tyngdens akselerasjon. Forklaringen på at de to kulene får samme akselerasjon er ganske enkel: Tiltrekningskraften mellom jorda og ei kule er bestemt av massen til jorda ganget med massen til kula. La oss for eksempel si at plastkula veier 5 g og at jernkula veier 25 g. Det betyr at kraften som virker mellom jorda og jernkula er fem ganger så stor som den kraften som virker mellom jorda og plastkula. Men ettersom kraften er lik massen ganget med akselerasjonen, må akselerasjonen til de to kulene bli like stor. Vi kan regne ut med tallverdier: Tyngdekraften er altså lik massen til kula ganget med det vi kalte for tyngdens akselerasjon, 10 m/s pr sekund. Tyngdekraften som virker på plastkula blir dermed (ettersom 5 g er lik 0.005 kg) $0.005 \cdot 10$ N, dvs 0.05 N. Akselerasjonen til plastkula ganget med massen skal bli lik kraften. Men da må akselerasjonen bli lik kraften delt på massen. Kraften er 0.05 N og massen er 0.005 kg, følgelig blir akselerasjonen $0.05/0.005$ m/s pr sekund, dvs 10 m/s pr sekund. Tyngdekraften som virker på jernkula blir (ettersom 25 g er lik 0.025 kg) $0.025 \cdot 10$ N, dvs 0.25 N. Dermed blir akselerasjonen til jernkula $0.25/0.025$ m/s pr sekund, dvs 10 m/s pr sekund. Konklusjon: Begge kulene faller med like stor fartsøkning, nemlig 10 m/s pr sekund, som er tyngdens akselerasjon. Dere lurer kanskje på hvorfor jeg hele tiden har snakket om "massen" til de forskjellige

trestykkene og kulene? Hvorfor har jeg ikke heller sagt "tyngden"? Pleier vi ikke å si at "tyngden til ditt og datt er så så mange kilo"? Er ikke tyngde og masse det samme? Nei, det er nok ikke det. Det vi måler i gram og kilogram er massen. Tyngden, derimot, er egentlig den tyngdekraften som jorda tiltrekker oss med. Så tyngden måler vi derfor ikke i kg, men i N (newton). Hvis du for eksempel har en masse på 40 kg, blir du tiltrukket av jorda med en tyngdekraft på 400 N. . Din tyngde er altså 400 N.

Hvis du reiste til månen, ville du fremdeles ha en masse på 40 kg. Men her ville tyngden din være mye mindre enn på jorda! Ettersom månen har mindre masse enn jorda, vil du ikke bli ,/ så sterkt tiltrukket av månen. På månen er tyngdens akselerasjon bare 1.6 m/s pr sekund, dvs ikke mer enn omtrent en sjettedel av hva den er her på jorda. Tyngden din på månen blir da i 40.1.6 N, dvs 64 N.

masse: 40 kg masse: 40 kg tyngde: 400 N tyngde: 64 N

Nå skal det sies at "i det daglige" snakker vi om at en ting "veier en kilo", og ikke at den "veier ti newton". Og jeg har ikke tenkt å prøve å forandre på dette. Men uansett kan det jo være kjekt å vite at masse og tyngde er to forskjellige ting! .

Da tror jeg det er på tide å snakke litt om luftmotstand! Det er flere grunner til at jeg har ventet til slutt med dette. For det første er det mange tilfeller der luftmotstanden er så liten at vi ikke trenger å bekymre oss om den. For det andre er det litt vanskeligere å forklare dette med luftmotstand. Men la oss likevel gjøre et forsøk!

I likhet med tyngdekraften så er luftmotstanden også en kraft. I hvilken retning virker luftmotstanden? Jo, i stikk motsatt retning av den veien som noe beveger seg. Men hva er det som bestemmer om luftmotstanden blir stor eller liten? Vel, vi har vel alle prøvd å gå eller løpe mot vinden med en oppslått paraply. Det blir mye lettere hvis vi slår sammen paraplyen (selv om vi kanskje blir våtere...). Altså kan vi slå fast at luftmotstanden øker hvis vi gjør overflaten på tvers av bevegelsesretningen større.

Hva betyr farten for luftmotstanden? Veldig mye, faktisk! Prøv med en ganske stor oppslått paraplyen dag det ikke er altfor mye vind. Du holder paraplyen foran deg og begynner å gå sammen med en kamerat uten paraply. Det går nok greit å holde følge så lenge dere spaserer eller jogger ganske rolig. Men prøv å springe om kapp så fort dere kan! Da vil du nok erfare at luftmotstanden øker kraftig, og at kameraten din drar i fra!

Tidligere har vi vært innom en størrelse som ikke ble dobbelt så stor, men hele 4 ganger større hvis farten ble dobbelt så stor, nemlig bevegelsesenergien. Luftmotstanden oppfører seg også slik: Hvis du springer bortover veien og øker farten fra for eksempel 2 m/s til 4 m/s blir luftmotstanden hele fire ganger så stor.

Da har vi vært innom de to viktigste størrelsene som bestemmer hvor stor luftmotstanden vil bli, altså overflaten på tvers av bevegelsesretningen og farten. I tillegg kommer selvsagt formen på det som beveger seg gjennom lufta. Har dere lagt merke til at mange nye biler ligner ganske mye på hverandre, selv om de er av forskjellig merke? Det er fordi bilprodusentene prøver å forme bilene slik at luftmotstanden blir minst mulig, og dermed bensinforbruket også så lite som mulig. Nye biler har "mykere" former enn de fleste eldre biler, vi sier at de har en aerodynamisk form.

Det er kanskje ikke så vanskelig å forstå at en slik aerodynamisk formet bil får mindre luftmotstand enn en som er helt "flat" i fronten, for da kan luften strømme "pent og pyntelig" forbi bilen. Det samme gjelder forresten også for en rakett eller ei pil som har buet form i spissen, noe dere helt riktig er inne på i det dere har skrevet.

Det er ganske vanskelig å regne ut hvor stor forskjellen blir i luftmotstand for to biler med forskjellig form. Det kan faktisk være så komplisert at en ikke klarer å regne ut svarene med blyant og papir men må bruke datamaskiner for å beregne de riktige svarene.

Men la oss heller bruke litt tid på å prøve å skjønne det vi snakket om først, nemlig at luftmotstanden blir større når farten øker, og at den blir større når størrelsen på tvers ("

trestykket 30 m opp i lufta. Spørsmålet vi må stille er derfor:

Hvor stor er da luftmotstanden for et trestykke med en bestemt masse og form?

Hvis luftmotstanden er mye mindre enn tyngdekraften, kan vi trygt se bort fra den. Hvis luftmotstanden ikke er mye mindre enn tyngdekraften, kan vi derimot ikke se bort fra den. Da må dere antagelig ha en enda litt større startfart enn 25 m/s.

La oss anta at vi har ei lita trekule med diameter lik 1 cm. Det skulle jo bli omtrent det samme tverrsnittet som for ei pil, og burde derfor gi oss en brukbar "pekepinn" på om luftmotstanden er stor eller liten i forhold til tyngdekraften.

Massen til ei slik trekule er ca 0.25 g, dvs 0.00025 kg. Tyngdekraften som virker på kula er altså $0.00025 \cdot 10 \text{ N}$, dvs 0.0025 N. Ikke rare greiene! La oss regne ut luftmotstanden når kula har en fart på 25 m/s. Tverrsnittet av kula er ca 0.75 cm^2 , som er det samme som 0.000075 m^2 . Hvis kula holder jevn fart i 1 sekund, kolliderer den med $0.000075 \cdot 25 \text{ m}^3$ luft, dvs ca 0.0019 m^3 luft i løpet av dette sekundet. Det er det samme som 1.9 liter, eller en luftmasse på $1.3 \cdot 1.9 \text{ g}$, dvs ca 2.5 g eller 0.0025 kg. På dette sekundet økes luftmolekylenes fart med 25 m/s, altså får de en akselerasjon på 25 m/s pr sekund. Luftmotstanden blir dermed en kraft i mot kulas bevegelse på $0.0025 \cdot 25/4 \text{ N}$, dvs ca 0.016 N. (Husk, vi skulle dele med omtrent 4 hvis "tingen" hadde kuleform i stedet for flat front.)

\) Og det var jo ikke akkurat lite i forhold til tyngdekraften! Tvert i mot, mer enn 6 ganger større enn tyngdekraften, faktisk! Foreløpig konklusjon blir derfor at vi ikke kan se bort fra luftmotstanden.

Men nå var det jo ikke ei kule dere hadde tenkt å skyte opp! Ei pil, eller et eller annet med raketform, er nok mye smartere, for da kan vi gjøre trestykket mye tyngre, dvs tyngdekraften mye større, uten at vi øker luftmotstanden noe særlig. Dere kan jo fremdeles ha et tverrsnitt med en diameter på omtrent 1 cm. Hvis for eksempel massen økes fra 0.25 g til 25 g, blir tyngdekraften 100 ganger større, dvs 0.25 N. Og da er luftmotstanden mye mindre enn tyngdekraften!

Hvor lang må ei pil med diameter 1 cm være for å ha en masse på 25 g? Det kommer litt an på hva slags tre den er laget av. Vi kan f.eks. tenke oss at vi bruker bjørk. 1 liter bjørk veier ca 500 g. Det betyr at volumet av pila må være 25/500 liter, dvs 0.05 liter eller 50 cm³ (kubikkcentimeter). Hvis tverrsnittet er 0.75 cm^2 , må altså pila ha en lengde lik $50/0.75 \text{ cm}$, dvs ca 67 cm. Og da tror jeg vi har tatt i så det holder. Sannsynligvis kan vi nok se bort fra luftmotstanden også med ei litt kortere pil, for eksempel 50 cm. Hvis diameteren fremdeles er 1 cm, blir pila da noe lettere, la oss si omtrent 20 g.

Hvordan oppnå en start fart på 25 m/s?

Det aller siste jeg tenkte jeg skulle si litt om er hvordan vi skal klare å få gitt pila (eller hvordan nå trestykket ser ut!) en startfart på hele 25 m/s.

Vi har vært inne på det tidligere: Vi må bruke stor kraft slik at vi får tilført pila mye energi. Hvor mye energi? Jo, det kan vi regne ut! Vi var enige om at bevegelsesenergien var lik massen ganget med farten ganget med farten en gang til, og til slutt delt på to. Vi vil ha en fart på 25 m/s, mens massen er 20 g, dvs 0.02 kg. Vi må altså tilføre pila en energi $0.02 \cdot 25 \cdot 25/2 \text{ J}$, dvs 6.25 J. Jeg tror ikke vi greier det bare med armen og hånda. Problemet er å få så stor fart på armen og dessuten er det vanskelig å få pila til å gå rett oppover.

Men med ei bue tror jeg nok det kan gå bra! La oss se litt nærmere på kreftene som virker og energien som blir tilført pila når vi skyter med pil og bue.

akkurat når vi har sluppet pila: akkurat når pila forlater snora:

I figuren til venstre har vi tegnet situasjonen akkurat i det vi har sluppet pila. Vi brukte krefter J for å stramme snora. Før vi slapp pila, var den helt i ro. Det betyr at til sammen virket det ingen krefter på pila. Det betyr derfor at snora virker på pila med akkurat like stor kraft som den vi brukte for å holde snora stram. Vi dro nedover, snora dro oppover! Tyngdekraften virker hele tiden, med retning nedover, så vi får litt hjelp av den til å stramme snora. (Men vi må nok bruke

veldig stor kraft sammenlignet med tyngdekraften som virker på den lette pila...) I figuren har jeg tegnet inn snor kreftene som piler, en langs snora på skrå oppover mot høyre og en langs snora på skrå oppover mot venstre. Til sammen virker snorkrafta rett oppover, for den delen som trekker mot venstre "nulles ut" av den som trekker mot høyre.

Men nå har vi altså nettopp sluppet pila, og da er det bare snorkrafta og tyngdekrafta som virker på den. Snorkrafta er mye større enn tyngdekrafta og "vinner". Dermed akselereres pila oppover og øker farten helt til den forlater snora, i figuren til høyre.

Når vi strammer snora, "lagres" det energi i snora (og også i selve buen, som bøyes når vi drar i snora). Denne energien er en slags stillingsenergi. Når snora slippes, overføres stillingsenergien i snora til bevegelsesenergi for pila. Vi regnet ut at vi trengte 6.25 J med bevegelsesenergi for å få stor nok startfart. Det betyr altså at vi må stramme snora så hardt at vi får lagret minst .

6.25 J med stillingsenergi i den stramme snora. Det er litt vanskelig å si nøyaktig hvor stor kraft buen må spennes med og hvor langt buesnora rna strekkes, for det avhenger av hva buen er laget av (både snora og selve buen), og hvor stram snora var før vi begynte å trekke den nedover. Men uansett tror jeg nok at dere er sterke nok til å få lagret tilstrekkelig med energi i en slik bue, bare selve buen er "spenstig" nok og snora stram nok i utgangspunktet.

Men vær forsiktige! Pil og bue kan jo være et farlig våpen, og her er det snakk om stor fart på pila, 25 m/s eller 90 km i timen! Dere får diskutere med læreren deres, kanskje han eller hun kan hjelpe dere med å gjøre eksperimentet på en trygg måte.

15 .

Kort oppsummering!

Dette ble veldig mye informasjon på en gang, og mye å holde styr på! La oss derfor prøve å oppsummere de viktigste tingene helt til slutt:

Tyngdekraft er den kraften som jorda trekker på trestykket med. Tyngdekraften har hele tiden retning nedover mot bakken og øker jevnt med mMsen til trestykket.

Luftmotstand er den kraften som lufta virker på trestykket med fordi trestykket må dytte unna lufta foran seg når det farer gjennom lufta. Luftmotstanden har hele tiden retning mot fartsretningen og øker jevnt med tverrsnittet av trestykket og "farten ganger farten" til trestykket. Luftmotstanden er like stor for to "ting" som er like store, f.eks. en fotball og en ballong. Men ettersom fotballen har mye større mMse enn ballongen, blir fartsreduksjonen størst for ballongen.

Et trestykke har stillingsenergi som øker jevnt med høyden over bakken. Hvis trestykket "--" har fart, har det også bevegelses energi, som øker jevnt med "farten ganger farten".

Newton fant ut at for å endre farten til et trestykke, må det virke krefter på trestykket. Jo større kraft, desto større fartsøkning (akselerasjon). Og dessuten:

Luftmotstanden for to trestykker med like stort tverrsnitt er like stor, selv om de har forskjellig masse. Men fartsreduksjonen på grunn av luft motstanden blir størst for det letteste trestykket. Vi kan ofte se bort fra luftmotstand i forhold til tyngdekraften, i hvert fall hvis trestykket ikke er altfor lett, ikke har for stort tverrsnitt, ikke har altfor stor fart, og har en avrundet (aerodynamisk) form.

Ser vi bort fra luftrnotstanden, må vi gi trestykket en startfart på omtrent 25 m/s for å v få det 30 m over bakken. Hvis vi nøyer oss med 20 m, trenger vi en startfart på ca 20 m/s. Hvis vi vil ha det 40 m opp i lufta, må startfarten være ca 28 m/s.

Jo større mMse trestykket har, desto større energi må vi gi det, og desto større kraft må vi bruke ved "oppskytingen". På den annen side: Jo mindre masse trestykket har, desto større virkning får luftmotstanden. (Selv om luftmotstanden i seg selv ikke endrer seg når vi endrer trestykkets

masse.) Vi må derfor bruke et trestykke med "passe stor" masse.

Pil og bue kan være en mulighet for å nå opp til 30 m.

Helt til slutt: Dere er ikke de eneste som har holdt på med "trestykker som farer gjennom lufta"! For 13 år siden, i 1992, ble de olympiske sommerlekene arrangert i Barcelona i Spania. Da ble den olympiske ilden tent under åpningsseremonien ved at en bueskytter skjøt en brennende pil opp i "stadionfakkelen". Toppen av fakkelen lå mer enn 50 m bortenfor bueskytteren, og mer enn 20 m over bakken, så her måtte buen spennes nøyaktig hardt nok, og samtidig måtte "startretningen" være helt riktig for at pilen skulle treffe på riktig sted. Dere kan lese mer om dette og finne bilder på for eksempel <http://www.archeryhistory.com/jarrowspicsjolympic.jpg> <http://www.arco92.htm>



Dette har jeg funnet ut

Resultatlogg 1, 17. januar, Elev 1

Elev 1:

Hva gjorde jeg?

I dag har jeg vært på sløyden og laget en pil som var rundt på toppen. Jeg har filt den og pusset den. Så gikk jeg ut og prøvde å hive den over flaggstangen. Det klarte jeg. Flaggstangen er omtrent 10 meter høy. Senere gikk vi bort til Ulsmågbanen og festet en snor i pilen og slynget pilen oppover. Da gikk den mye høyere.

Hva vet jeg nå?

Jeg tror jeg skal klare å få pilen min 30 meter oppi luften. Vi prøvde med pil og bue, men fikk det ikke til, men med snor og slynging fikk jeg trestykket 20 meter opp i luften.

Resultatlogg 1, 17. januar, elev 2

Hva gjorde jeg?

Jeg gikk inn på sløyden og fant meg et langt trestykke. Så tegnet jeg et omriss med en gråblyant på den ene flaten. Jeg laget omrisset nesten som en pil uten å tenke på hvorfor. Jeg lagde en spiss på toppen, så lagde jeg en lang hals og en trekant bakerst. Jeg trodde den ville gå høyt opp på grunn av at den så ut som en pil. Jeg tror at luften går ut på sidene slik at luftmotstanden blir liten.

Jeg gikk ut på skoleplassen og vi prøvde å kaste trestykkene over 30 meter. Ingen klarte det. Frode klarte bare å kaste mitt trestykke litt over flaggstangen.

Hva vet jeg nå

Vi klarer ikke å kaste et trestykke over 30 meter med bare hendene. Vi trenger hjelp...

Resultatlogg 1, 17. januar, elev 3

Hva gjorde vi?

Jeg pussa litt på et trestykke, men har ikke peiling på om jeg får trestykket mitt 30 meter opp i luften. Jeg tror det går i dass. Jeg er også veldig redd for at jeg skal treffe noen med trestykket mitt.

Hva vet jeg nå

Jeg har egentlig ikke peiling på hva jeg driver med, men jeg ser at ved å slynge trestykket kommer vi kanskje 20 meter opp. Jeg kom kanskje 15. meter.

Resultatlogg 1, 17. januar, elev 4

Hva gjorde jeg?

Jeg har spikket og pusset til trestykket ble helt rundt og buet fremme, spiss bak. Først prøvde vi å hive stykket over flaggstangen med bare nevene og det gikk i grunnen helt fint. Så prøvde Bjørnar å fyre den opp med pil og bue, men det gikk dårlig. Noen prøvde å slynge den opp med et tau. Det gikk bedre.

Hva vet jeg nå?

Vi fant ut at ved å slynge pinnen kom vi høyere enn ved å skyte den opp med pil og bue.

Resultatlogg 1, 17. januar, elev 5

Hva gjorde jeg?

Jeg var på sløyden og lagde en pil. Jeg visste ikke hvorfor jeg lagde den som en rakett, men jeg tror kanskje den da får litt mindre luftmotstand. Jeg tror nok pilen må ha en spiss. Kanskje? Nei, jeg vet ikke. Jeg tror nok ikke den må være tyngre et sted for da kommer den bare til å styrte. luftmotstand tror jeg vi må sørge for at det blir lite av. Så gikk jeg og skrev et brev til hjelperene våre. Jeg ble ikke helt ferdig. Jeg tror neppe jeg klarer å slynge en trebit lengre enn 12 meter neste gang. Kanskje det har med vinden å gjøre?

Hva vet jeg nå?

Jeg fikk ikke så mye ny kunnskap for jeg var inne og skrev på dataen da de andre var ute for å prøve pilene sine. Kanskje det hadde vært en mulighet å slynge pilene oppover i luften. Det hadde Andreas gjort og det gikk bra.



De første pilene vi laget.

Resultatlogg 2, 17. april, elev 1

Hva gjorde jeg?

Jeg fikk ikke prøvd min pil, men jeg har likevel tro på min pil. Hvis ikke min pil er god nok, vil helt sikkert noen av de andre sine piler være gode nok. Det vi gjorde var å ta et fiskesnøre og feste det til klatrestativet. Så festet vi den andre enden i fotballmålet lenger nede. Avstanden var 35 meter. Vi slyngnet pilene fiskesnøret. Anniken sinpil kom lengst opp, den traff til og med klatrestativet så det kom merke.

Resultatlogg 2, 17. april, elev 2

Jeg laget en pil som var avlang og buet på toppen. Den var 17,5 cm lang. Jeg ville ha pilen minlang for jeg tenkte på å bruke pil og bue og da er jo ofte pilen nesten en halv meter. Så festet

jeg to øyeskruer til pilen og slynget den oppover fiskesnøret. Pilen min kom langt. Jeg hadde plassert hakket der jeg festet snøret langt oppe på pilen.

Resultatlogg 2, 17. april, elev 3

Først spisset jeg tuppen og pusset den til den ble glatt og fin. Så klippet jeg ut tre små biter av papp og to store biter av papp. Jeg laget noen hakk i pilen og limte bitene inn i hakkene. Så pyntet jeg den og tegnet litt på den. Den så ut som en romferje.

Resultatlogg 1, 17. januar, elev 4

Jeg laget pilen min med en bue i spissen og resten av pilen var rund. Jeg laget pilen buet fremme for da blir det mindre luftmotstand. Jeg pusset den godt slik at den ble glatt og fin, ikke taggete. Jeg skrudde to øyeskruer i den og hang den på senen. Jeg prøvde å slynge den på skrått oppover og den kom nesten helt opp. Når jeg slyngte pilen opp med en pinne hadde jeg hakket nesten helt på midten. På siste forsøk tok jeg i av all kraft.

Resultatlogg 2, 17. april, elev 4

I forhold til pilen jeg laget sist gang har jeg nå spikret en spiker i toppen. Jeg har også laget den litt mindre enn den forrige. Jeg har filt den litt på toppen og på bunnen. Har også pusset med sandpapir. Jeg tror at denne pilen vil komme lengre opp i luften. Et pil og bue eksempel: Pilen skytes opp i luften første gang. Andre gang går den lengre. Dette har jeg tenkt på nå da jeg laget min andre pil. Jeg tror at den vil gå lengre nå enn forrige gang. Jeg håper at vi klarer å gjennomføre hele forsøket. Jeg har laget en slags runding rundt pilen. Jeg skal pusse hele pilen.

Resultatlogg 2, 17. april, elev 5

Jeg laget pilen min med en bue i spissen. Den var flat bak. Den er litt over 20 cm. lang. Jeg skrudde noen øyeskruer foran og bak og festet pilen på senen og slyngte den opp. Pilen kom ikke så langt. Hakket i pilen der hvor slyngtauet festes var litt for stort.

resultatlogg, 27. april, samlelogg

Etter å ha eksperimentert med å sende trestykkene langs en sene er tiden moden for å sende trestykkene rett opp i luften. Det fine med en sene var at den holdt trestykket på plass hele tiden. Hvis vi bruker kastekjepp og slyngtau for å sende trestykket rett opp, vil trestykket vri seg på tvers for deretter å bli bremsset ned av luftmotstanden som Øyvind Guldahl advarte oss mot?

Vi oppdaget alle noe viktig. I tidligere forsøk med sene kunne ikke pilene "stikke av". Vi påførte dem en kraft og kraften fikk pilen til å gå bare en vei; langs senen. Når vi plutselig skulle la pilen gå oppover i fri luft oppdaget mange av oss det samme.

Mange hadde denne gangen valgt å lage piler som var raketformete. Vi hadde skåret inn hakk i pilene slik at slyngtauet fikk feste. Alle fikk velge selv hvor hakket skulle være. Vi slynget opp pilene ved blokkene.

Maja sin pil gikk veldig langt opp, kanskje 20 meter? Den var omtrent 30 cm lang og hadde hakket på den øvre delen av trestykket. Etter å ha prøvd alle pilene så vi tre viktige lys:

Det er viktig at ikke trestykket blir for tungt.

Katinka hadde en tung pil med fint hakk, men den var vanskelig å få høyt opp. Maja hadde en veldig lett pil og kom høyt opp.

Det er viktig at slyngtau hakket ligger på trestykkets fremre del.

Mange av oss elever hadde valgt å legge slyngtau hakket nesten helt bakerst på trestykket. Dette førte med seg at trestykket ble utstyrlig i starten, bøyde seg ned til en side, og fanget luft som Øyvind Guldahl advarte oss mot.

Trestykket trenger noe som kan holde spissen opp og akterenden ned.

For mange trestykker bøyde av for tidlig. Hadde det vært mulig å lage et trestykke som holdt stabil retning selv under lav fart? Det var da Anders begynte å snakke om fuglefjærer. Brukte ikke indianerne dette da...?



Bjørnar er klar til utskytning av pilen sin.

resultatlogg, 28. april, samlelogg

Dette var siste forsøk. Vi brukte to timer på sløydsalen for å bli ferdige med pilene våre. Det er i grunnen stress å arbeide mot tidsfrister. Rapporten skulle være ferdig og klar til innlevering. Ingen av pilene så langt hadde vært i nærheten av 30 meter. Frode mente at alle burde lage trestykket som en pil med en finne bak for å holde den opp mot luften som strømmet mot. Mange valgte denne løsningen. Noen laget fortsatt raketter, runde pinner, og valgte å lime på vanlige fjærer bak som haleror. Første oppskytning fant sted kl. 0930. Skoleplassen var tom og Frode gjorde seg klar med kastekjeppen og slyngtauet. De fleste av pilene fikk god fart i starten, men kom veldig tidlig på tvers av luftstrømmen, og farten ble bremsset ned. Noen falt ned til bakken og knakk.....

Alle gikk inn og arbeidet for å lage trestykkene enda lettere, samtidig som halefennene bak måtte være gode. Frode arbeidet iherdig med en egen pil han hadde tro på og hadde nesten ikke tid til å hjelpe resten av gjengen med pussing og bearbeiding. Vi gikk ut og gjorde oss klar til et siste forsøk. Skulle det hele ende i katastrofe? Skulle alle disse timene med forsøk, flikking og pussing ende i ingenting.

Vi sendte Glenn-Rudi, Fredrik og Martin opp til skolen for å få godt overblikk over fotballbanen som lå lenger nede. Samtidig kunne de kikke over til boligblokken som pilene måtte over. De var

dommere. Frode slynget opp ene pilen etter den andre. De fleste kom et stykke på vei, men dro avgårde til en side, flerret opp og kom seilende mot bakken som håpløse kråker.

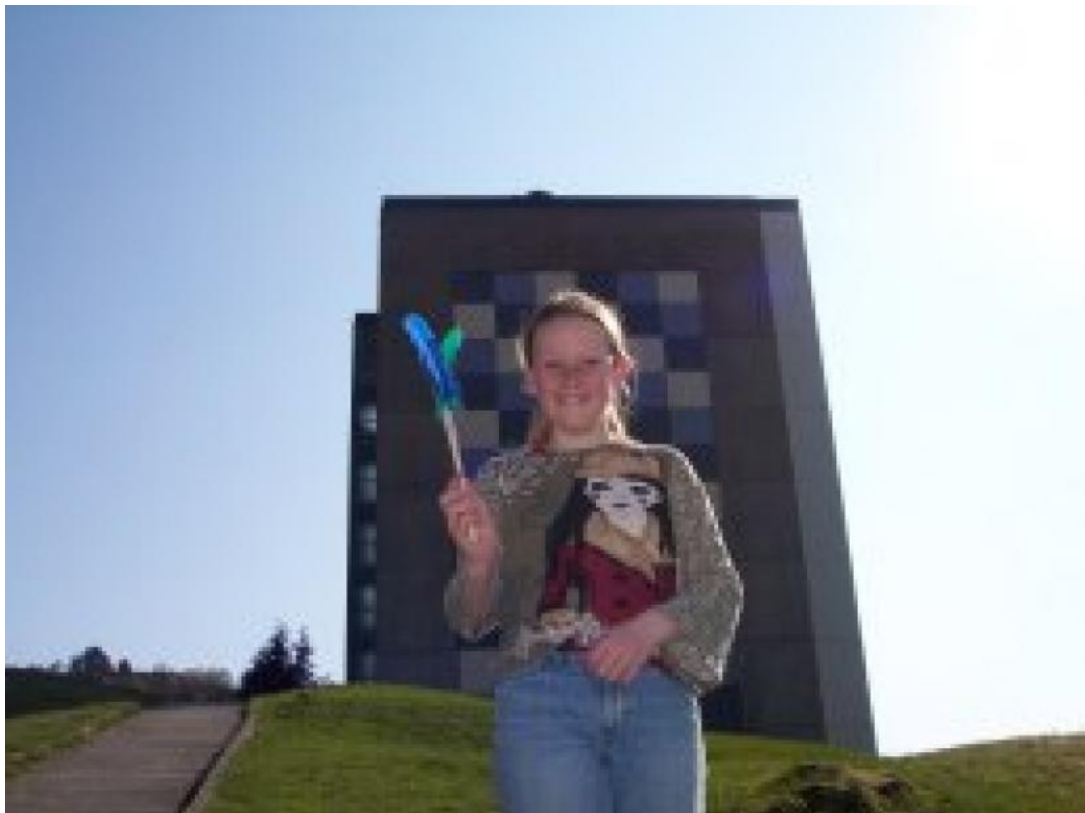
Det var da Kristin kom med sin pil, en anderledes pil. Pilen var en liten stump av et trestykke, nesten som en blyant. I enden hadde hun limt på to fjær. Frode ropte opp til dommerene om de var klar noe de var. Frode brukte alle krefter og slynget pila oppover.

Vi skal love dere alle at den gikk. For det første lå den helt dønn rolig i luften, tuppen opp og fjærene ned. Den steg og steg og steg før den snurret rundt, og kom sakte nedover som et lønnefrø.

Dommerene fra haugen ropte.

Den var over tretti meter opp i luften.....

Kristin hadde klart det! Vi hadde alle klart det sammen!



Kristin klarte det. Lærer hadde helt andre tanker i hodet hvordan man skulle klare å slynge et trestykke 30 meter opp i luften. Kristin gikk sine egne veier og heldigvis for det...

Hva forteller hjelperene oss om hypotesene?

Hypotese 1: Vi må gi trestykket veldig mye fart.

Øyvind:

Mener at hypotesen vår er riktig, men han mener at vi heller burde si at vi skal bruke stor kraft på trestykket.

Amund:

Mener at hypotesen er helt riktig

Jon Andreas:

Mener at hypotesen er riktig, men pussig nok sier også Jon Andreas at vi bør heller si at vi skal bruke stor kraft på trestykket i stedet for å si Vi må gi trestykket vårt veldig mye fart.

Hypotese 2: Trestykket må ikke være lengre enn 10 cm.

Øyvind:

Mener at denne hypotesen er feil. Trestykket kan godt være lengre enn 10 cm. Øyvind snakker faktisk om en lengde på rundt en halv meter hvis vi lager noe som ligner på en pil.

Amund:

Amund er ganske uklar når det gjelder om trestykket skal være mer eller mindre enn 10 cm. Han mener at en tynn og strømlinjeformet gjenstand vil flyte bedre gjennom luften enn en tykk og klumpete gjenstand

Jon Andreas:

Han mener at pilen godt kan være lengre enn 10 cm, men spissen må være buet for å minske luftmotstanden.

Hypotese 3: Vi må passe på at luftmotstanden er liten

Øyvind:

Mener at dette er veldig viktig. Pilen må ligge i lengderetningen.

Amund:

Jo større trestykket er jo større blir luftmotstanden og jo mer kraft må vi gi trestykket for å komme opp 30 meter.

Jon Andreas:

Mener at dette er en viktig hypotese.

Hypotese 4: Trestykket må ha form som en rakett

Øyvind:

Mener at denne hypotesen er riktig.

Amund:

Mener at den ikke nødvendigvis må ha form som en rakett, men at den må være buet i spissen i tillegg til at den er tynn.

Jon Andreas:

Er helt enig med Amund. Trestykket må ikke ha form som en rakett, men den ha en buet spiss i tillegg til at selve kroppen på trestykket er tynt.

Hva vet vi nå om hypotesene?

1.

Vi må gi trestykket veldig mye kraft

Dette er viktig, men som helperene sier så må vi bruke stor kraft på trestykket. Derfor er det viktig å ha et trestykke som ikke veier så mye. Jo mer vekt, jo mer kraft for å nå samme høyde.

2.

Trestykket må ikke være lengre enn 10 cm. Spissen må være buet.

Hjelperene forteller oss at trestykket godt kan være lengre. Alle pilene vi laget var lengre selv om Kristin sin pil kanskje bare var 20 cm. Men blir den for lang, blir den også for tung. Derfor henger kanskje Hypotese 1 og Hypotese 2 litt sammen.

3.

Vi må passe på at luftmotstanden blir liten.

Hjelperene mener denne hypotesen er viktig. Det tror vi også. Det er ikke nok at luftmotstanden er liten. Trestykket må også være slik formet at det holder seg stabilt i fartsretningen.

Luftmotstanden må derfor virke like kraftlig på begge sider av trestykket hele veien oppover i luften.

4.

Trestykket må ha form som en rakett.

Kristin sitt stykke hadde form som en rakett. Det er ikke mange raketter som flyr avgårde med fjær i baken. Vi måtte ha fjærer for å holde trestykket på rett kjøll oppover. En raketform er nok ikke dumt.

Endelig konklusjon

For å få et trestykke over 30 meter opp i luften må man:

1. Påføre trestykket stor kraft. Et tungt trestykke må påføres mye kraft og et lett trestykke mindre kraft.
2. Luftmotstanden må være liten og trestykket må være slik laget at luftmotstanden virker med like stor kraft på begge sider av trestykket.
3. Trestykket kan ha form som en rakett.



Fortell til andre

Lærere i Natur og miljø, Ulsmåg skole

Lærere som underviser i natur og miljø ved skolen vår får den endelige rapporten vår.

Nysgjerrigpermetoden

Rapporten vår kommer til å ligge på nettet i tiden fremover. Vi håper at så mange som mulig kan lese den.