

Lärarhandledning

Kraftshow

Annie Gjers & Felix Falk

2013-10-22



Innehållsförteckning

1	Inledning	3
2	Experiment med förklaringar	4
2.1	Månen och gravitationen	4
2.2	Blyplankan	4
2.3	Dubbelkon med sjunkande tyngdpunkt.....	5
2.4	Vagnarna	5
2.5	Den fallande koppen.....	6
2.6	Det vandrande myntet	7
3	Följdfrågor	8
3.1	Varför ramlar inte molnen ner?	8
3.2	Vad händer om en rymdraket krockar med månen?	8
3.3	Fungerar verkligen månen som en pendel?	8
3.4	Är det inte tyngdlöst i rymden? Då finns väl ingen gravitation?	8
3.5	Marken puttar väl inte på mig just nu?.....	8
4	Förslag på vidare aktiviteter.....	10
4.1	Tyngdpunkt	10
4.1.1	Aktivitet: Luta mot väggen	10
4.1.2	Aktivitet: Hitta tyngdpunkten genom friktion	10
4.1.3	Aktivitet: Undersöka tyngdpunkter.....	10
4.1.4	Aktivitet: Kaplatorn	11
4.2	Friktion och Newtons tredje lag	12
4.2.1	Aktivitet: Dragkamp	12
5	Newtons lagar	14

1 Inledning

Kraftshowen består av korta, intresseväckande experiment om mekaniska krafter. Den tar ca 15-20 minuter och har som målsättning att väcka intresse och ge upphov till frågor snarare än att ge utförliga förklaringar. Det huvudsakliga fysikinnehållet är gravitation, tyngdpunkt, friktion samt Newtons tredje lag om kraft och motkraft.

Vi har sammanställt denna lärarhandledning så att du som lärare enklare ska kunna arbeta vidare med de delar som passar för din klass. Detta dokument riktar sig till både hög- och mellanstadielärare och till lärare med olika grad av förkunskaper.

Förklaringarna är ofta uppdelade i en enkel variant och en variant som använder mer facktermer och förutsätter mer förkunskap. Dessa varianter kallas enkel respektive teoretisk förklaring i dokumentet. Den teoretiska förklaringen är ofta en påbyggnad av den enkla varianten. Även de enkla förklaringarna förutsätter någon grundkunskap om kraftbegreppet och Newtons lagar. Se kapitel 5 för sammanfattning av Newtons lagar.

Vi tackar Ragnar Svensson som designat flera av experimenten och skrivit många av förklaringarna i en tidigare variant av showen. Vi har här omarbetat hela eller delar av de olika förklaringarna.

Dokumentet går först igenom de experiment som genomförs på showen. Därefter tar vi upp vanliga följdfrågor som kan uppstå. Slutligen ger vi förslag och idéer på fortsatta aktiviteter om mekaniska krafter som berör samma områden som showen.

2 Experiment med förklaringar

Detta avsnitt innehåller beskrivningar och förklaringar för de sex experiment som ingår i Universeums Kraftshow.

2.1 Månen och gravitationen

Denna aktivitet handlar om gravitation med huvudfrågan ”Varför faller inte månen ner?”. Experimentet består av fyra delar och innehåller en pendel (månen) och en boll (jorden):

1. Släpp bollen för att demonstrera att den faller till marken.
2. Tag pendeln och ta upp en elev på scen. Håll kulan intill elevens näsa. Sträck snöret så att du håller änden snett ovanför kulan. Släpp och låt kulan pendla fram och tillbaka.
3. Sätt jorden på sitt stativ och pendla månen in i jorden.
4. Ge månen en hastighet och låt månen färdas i en bana runt jorden.

Enkel förklaring

Pendelns rörelse är ett resultat av en konstant gravitationskraft nedåt. Kulan accelereras av gravitationen ner till lägsta punkten och bromsas sedan lika snabbt upp till en lika hög punkt på andra sidan. Detta upprepas sedan om och om igen.

När månen (eller en satellit) rör sig runt jorden är den utsatt för en enda relevant kraft - gravitationskraften mot jorden. Tack vare att månen har hastighet vinkelrätt mot jorden kommer den inte att falla ned utan den faller i en bana runt jorden. Om månen skulle stoppas skulle gravitationen göra att den föll rakt ner. Om gravitationen skulle upphöra skulle månen åka rakt fram och försvinna iväg från jorden.

Teoretisk förklaring

Illustrationen i showen med månen som en kula har naturligtvis brister, men kraftsituationen blir faktiskt den att kulan känner av en kraft in mot jordgloben, som ett resultat av de två krafter som verkar på kulan – en kraft snett uppåt ifrån tråden och en kraft rakt ned på grund av jordens gravitation. Med rätt hastighet ger pendelutslaget en centripetalacceleration som håller kulan i en cirkulär bana.

För en utförlig bild av den fritt svängande pendelns kraftsituation och rörelse, se [wikipedia](https://en.wikipedia.org).

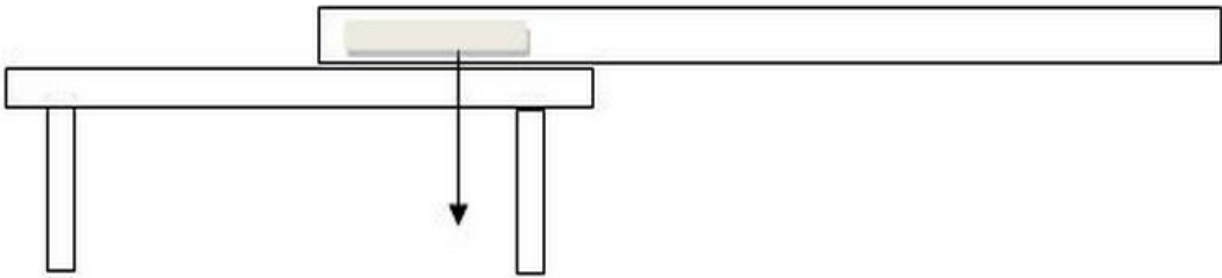
2.2 Blyplankan

Detta experiment behandlar begreppet tyngdpunkt. En plankan med inlagt bly balanseras på kanten av ett bord eller liknande.

Enkel förklaring

När gravitationen verkar på en kropp kan man ofta förenkla situationen genom att införa begreppet tyngdpunkt. Tyngdpunkten för en kropp med samma massa överallt ligger i geometriskt centrum. För en plankan betyder det ”i mitten”. När plankan ligger på bordet måste tyngdpunkten ligga ovanför bordsskivan. I detta experiment är massan inte jämnt fördelad. Det

är en stor mängd bly infälld i ena änden av plankan. Tyngdpunkten ligger därför långt ifrån mitten och då ligger plankan kvar trots att mycket mer än halva skjuter ut från bordet.



Tyngdkraften verkar genom tyngdpunkten som ligger långt från geometriskt centrum på grund av blyet som är infällt i plankan.

2.3 Dubbelkon med sjunkande tyngdpunkt

En cylinder släpps högst upp på en ramp som består av två skenor där avståndet mellan skenorna är större högre upp på rampen än längre ned. Cyklern rullar förstås nedåt. Därefter släpps en dubbelkon (två koner vars basytor sitter ihop) på samma ställe på rampen varpå dubbelkonen kommer att stå stilla. Sedan släpps dubbelkonen längst ner och kommer då att rulla åt motsatt håll - uppåt längs rampen.

Enkel förklaring

Skenorna har en lutning nedåt, mot riktningen som dubbelkonen rullar. Att den trots detta kan rulla åt andra hållet beror på att skenorna är längre isär i de övre ändarna. Detta gör att tyngdpunkten för dubbelkonen faktiskt sjunker under färden ”uppåt”.

Teoretisk förklaring

Kontaktpunkt är där dubbelkonen vilar mot skenorna. Vi antar symmetri eftersom det är sant om man inte släpper slarvigt. När konen rör sig på skenorna flyttas kontaktpunkten utåt på dubbelkonen. Dubbelkonens lutning och hur mycket skenorna går isär bestämmer hur mycket dubbelkonen sjunker jämfört med skenornas position. I detta experiment blir denna sänkning större än skenornas lutning åt andra hållet, därför kan dubbelkonen rulla ”uppåt”.

2.4 Vagnarna

Denna aktivitet tar upp Newtons tredje lag - att varje kraft har en motriktad och lika stor motkraft. Utförandet består utav tre delar:

1. Två frivilliga elever placeras sittande på var sin vagn vända mot varandra. De ena får uppgiften att hålla upp sina händer och behålla dem i samma läge. Den andra eleven ska använda sina händer för att putta iväg den första eleven. Den puttande eleven åker naturligtvis bakåt samtidigt som den andra eleven.
2. Sedan får alla elever trycka sin handflata mot någon annans handflata för att känna den motriktade kraften.

3. Slutligen görs experimentet med vagnarna igen, fast en av eleverna får hålla en fot i marken.

Enkel förklaring

Denna övning handlar helt enkelt om Newtons tredje lag, att varje kraft har en motriktad och lika stor motkraft. Dessa krafter verkar på olika objekt. Det vill säga när den ena eleven trycker på sin klasskamrats hand trycker handen tillbaka på den första eleven lika mycket. Vid resonemang som detta är det viktigt att betrakta ett objekt i taget för att inte skapa förvirring.

I sista övningen är kraften mellan personernas händer fortfarande lika stor och motriktad. Det som gör att den med foten i marken står kvar är den kraft som uppstår från friktion mot underlaget. Friktionens kraft och tryckkraften från handen tar ut varandra och personen står still. Den andra personen har ingen kraft som håller emot och glider därför iväg av tryckkraften mellan händerna. Det spelar ingen roll vems muskler som i första hand skapar krafterna.

2.5 Den fallande koppen

Detta experiment visar på friktion mellan snöret och pennan. Pennan hålls nästintill horisontellt och snöret med kopp och mutter placeras över pinnen. Muttern hålls långt från träpinnen så att koppen hänger precis under träpinnen och snöret är parallellt med marken. Sedan släpps muttern och koppen börjar falla. Muttern snurrar runt och virar snöret runt träpinnen. Koppen stannar innan den når golvet.

Enkel förklaring

När muttern släpps börjar både den och koppen att falla, men muttern får ett snett fall så att den börjar rotera kring pinnen. Snöret viras många varv runt pinnen så att friktionen ökar och koppen låses fast.

Teoretisk förklaring

Om man betraktar situationen noggrant visar det sig att det finns två saker kan bromsa koppen - dels friktionen som förklarar ovan och dels kraften i snöret som styrs av rotationshastigheten.

Rotationsradien för muttern minskar i takt med att snöret viras upp och koppen faller. Rotationshastigheten ökar därför. När hastigheten ökar vid cirkelrörelse krävs en större kraft (centripetalkraften) i snöret och vid något tillfälle är denna kraft större än koppens tyngd så att koppen bromsas. Med tillräcklig friktion och nog lång tråd lindar tråden upp sig med varv på varv så att friktionen gör att tråden låses. Annars kommer snöret börja glida när rotationen upphör och koppen går ett osäkert öde tillmötes.

Vi har i vår show valt material så att friktionen blir dominerande. För att observera rotationseffekten kan man ta en glattare sytråd och göra snöret något kortare.

2.6 Det vandrande myntet

Detta experiment demonstrerar kroppars tröghet, i det här fallet hur friktionen inte ”hänger med” för att hålla fast myntet i asken.

Experimentet görs med en tom tändsticksask och ett mynt mellan askens skal och lådans botten. Myntet sticker ut lite men sitter fast ordentligt. Tändsticksasken hålls med myntet nedåt och asken slås ovanifrån med hammaren i små stötar. Myntet kommer för varje slag att vandra uppåt för att slutligen ramla ut på ovansidan.

Enkel förklaring

När hammaren slår på tändsticksasken kommer den att få en stark acceleration nedåt. Om myntet hade suttit helt fast hade det följt med. Men som situationen är kan myntet röra sig mellan askens väggar, även om friktionen är stor så att det snabbt bromsas upp. Detta gör att myntet kommer att hoppa en kort bit uppåt (eller egentligen asken hoppa en kort bit nedåt) för varje slag som hammaren gör, för att sedan ligga stilla mellan varje slag.

Detta kan jämföras med en spårvagn som startar ryckigt när man inte håller i sig eller sitter ner. Du kommer att ramla bakåt i vagnen eftersom du inte hinner få samma acceleration precis när den startar. Sen kommer du snabbt upp i samma hastighet som vagnen och rör dig inte längre bakåt i förhållande till den.

3 Följdfrågor

Det är fullt möjligt att det kommer upp frågor som vi inte hinner eller kan svara på under showen. Några av dessa har samlats här med förslag på förklaringar.

3.1 Varför ramlar inte molnen ner?

Här får man prata om att luft faktiskt består av någonting och att saker som är lättare än luften kan sväva precis som vissa saker flyter i vatten. Detta leder in på ett helt område om tryck och Arkimedes princip med många möjliga roliga upplägg som inte har plats i denna text.

3.2 Vad händer om en rymdraket krockar med månen?

Vad händer om en av våra rymdraketer krockar med månen, kan månen då inte bromsas och ramla ner som det visades i experimentet? Man kan visa på storleksskillnaden med till exempel ett linfrö eller ett sockerkorn som är mycket större än en rymdraket skulle vara jämfört med månen som den tråkula vi använde. Även om man kastar fröet ganska hårt kommer det inte att bromsa månen så mycket att det märks.

3.3 Fungerar verkligen månen som en pendel?

Modellen med en pendel som måne är långt ifrån exakt. För högstadiet kan det vara värt att resonera om skillnaden och möjligen fokusera mer på vad olika hastigheter ger för resultat. Vi talar här om en hastighet vinkelrätt mot jorden. Skulle månen inte ha någon hastighet skulle månen falla ner mot jorden. Med för stor hastighet skulle månen fara iväg från jorden. Med precis rätt hastighet skulle månen gå i en perfekt cirkel (bortsett från tidvatten och övriga himlakroppar). Vid någon annan hastighet skulle månens bana bli elliptisk.

3.4 Är det inte tyngdlöst i rymden? Då finns väl ingen gravitation?

Tyngdlösheten i rymden är något som inte diskuteras i showen. Det är en svår tankevändning hur den uppstår. Vi tar exemplet med satelliter runt jorden. Gravitationen drar oss ner mot jordens mitt. När vi står på jorden håller marken håller emot. Men i rymden finns ingenting som håller emot, så man borde ramla rakt ner. Eftersom satelliten som åker runt jorden har en hastighet så ramlar de inte ner. Man upplever sig som tyngdlös eftersom alla saker runt omkring rör sig på samma sätt som man själv.

Teoretiskt

Eftersom satelliter går i cirkelbanor och konstant ”faller” i sin bana runt jorden är det samma känsla som fritt fall. Gravitationen finns alltså där även när man är tyngdlös. Det är normalkraften som saknas.

3.5 Marken puttar väl inte på mig just nu?

Newtons tredje lag, att alla krafter har en lika stor och motriktad motkraft, kan vara svår att ta till sig. Det är en förklaringsmodell som ofta går emot elevernas intuition. På showen har eleverna sett hur det fungerar på vagnar och när man trycker med händerna, men det finns inte tid att

resonera om de fall som är lite svårare att genomskåda. Till exempel uppkommer ofta frågor som ”Om golvet puttar på mig, borde jag inte ramla iväg då?”.

Här kan ett experiment i flera steg vara till hjälp för tanken. Om eleverna håller handen rakt ut och lägger en bok där, så måste de jobba för att hålla den uppe. De måste hålla emot med lika stor kraft som tyngdkraften på boken. Detta kan de flesta elever acceptera. Sen kan man lägga boken på något som deformeras, till exempel en fjäder. Nu är det fjädern som måste hålla emot med lika stor kraft som boken är tung. Detta kan ta i ytterligare ett steg med något som komprimeras bara lite, för att sedan lägga boken på ett bord och säga att kraften fortfarande finns där även om det inte syns eftersom bordet är så hårt. Om vi bara la tillräckligt mycket tyngd på skulle det antagligen börja bukta och tillslut gå sönder. Man kan också titta på fotens eller rumpans deformation när man står eller sitter jämfört med när man inte gör det.

Krafterna i Newtons tredje lag verkar på olika föremål. I ovanstående experiment trycker boken på det den ligger på.

För högstadiet kan experimentet med fördel kopplas till Newtons första eller andra lag - att krafterna på ett föremål måste vara noll om det inte accelererar. För personen som står på golvet finns en gravitationskraft som drar nedåt och en normalkraft från golvet som håller emot så att kraftresultanten blir noll.

4 Förslag på vidare aktiviteter

Här har vi samlat förslag på aktiviteter som du som lärare kan använda för att arbeta vidare med de begrepp som togs upp i showen.

4.1 Tyngdpunkt

4.1.1 Aktivitet: Luta mot väggen

Denna aktivitet syftar till att lära sig känna tyngdpunkt samt när man har balans och inte.

Låt eleverna ställa sig med sidan mot en slät vägg. Den inre foten ska vara placerad längs med och tryckas mot listan vid golvet. Be dem lyfta på den yttre foten. Alla kommer naturligtvis att ramla. Detta kan sedan användas för att starta ett samtal om vad som behövs för att man ska balansera.

Teoretisk förklaring

För att ett föremål ska stå stabilt måste tyngdpunkten vara på (eller under eller över) stödytan. Stödyta är all yta mellan de punkter som ett föremål vilar på, till exempel ett bord har en stödyta som rektangeln mellan alla fyra ben. För en människa som står upp är det hela fötterna och all yta däremellan, när man lyfter på en fot blir stödytan bara den fot som står kvar i marken.

4.1.2 Aktivitet: Hitta tyngdpunkten genom friktion

Denna aktivitet är enkel att utföra och hanterar både tyngdpunkt och friktion. Kan även användas för att tala om jämvikt och Newtons tredje lag, för den som är bekväm med de områdena och har en klass på rätt nivå.

Ta olika avlång föremål med samma friktion över hela längden. Enkla exempel är långa papprör eller sopkvastar. Låt eleverna hålla armarna framåt och långt isär och lägga ett föremål över armarna. Detta görs förslagsvis två och två. Be sedan eleverna att långsamt föra den ena armen mot den andra. Elevens armar kommer att stanna vid tyngdpunkten och balansera föremålet. Det är en ganska intressant känsla när man försöker flytta ena armen men det är den andra som rör sig.

Enkel förklaring

Föremålet kommer att vila tyngst på den arm som är närmast tyngdpunkten. Eftersom friktionen är beroende av hur tungt något ligger mot ytan kommer den att vara störst vid den arm som är närmast tyngdpunkten. Om du försöker flytta den arm där friktionen är störst kommer istället föremålet att röra sig och glida på den andra armen. Därför kommer det att kännas som att ”fel” arm rör sig.

4.1.3 Aktivitet: Undersöka tyngdpunkter

Tyngdpunkter är något som vi alla har erfarenhet av, och som kan undersökas med många enkla föremål. Här ges korta idéer utan förklaringar:

- Balansera olika enkla objekt och hitta tyngdpunkterna.
- Gunga gungbräda med variation i antal personer och positioner för att få balans. Balans innebär att tyngdpunkten ligger över fästpunkten.
- Små gungbrädor i klassrummet och vikter för att få testa och se hur det hänger ihop.

Mer teoretiska:

- Bygga föremål där tyngdpunkterna ligger under ytan som håller upp föremålet.
- Diskutera och testa kring begreppet stödyta.
- Diskutera och testa hur man hittar tyngdpunkt med hjälp av snören.
- Diskutera och testa tyngdpunkter som ligger utanför föremålet.

4.1.4 Aktivitet: Kaplatorn

Denna aktivitet kan utföras som tävling i klassen på mellan- eller högstadienivå. Förklaringen är möjligen mest lämpad för högstadiet, även om det kan ha visst värde att prata om det även i yngre åldrar.

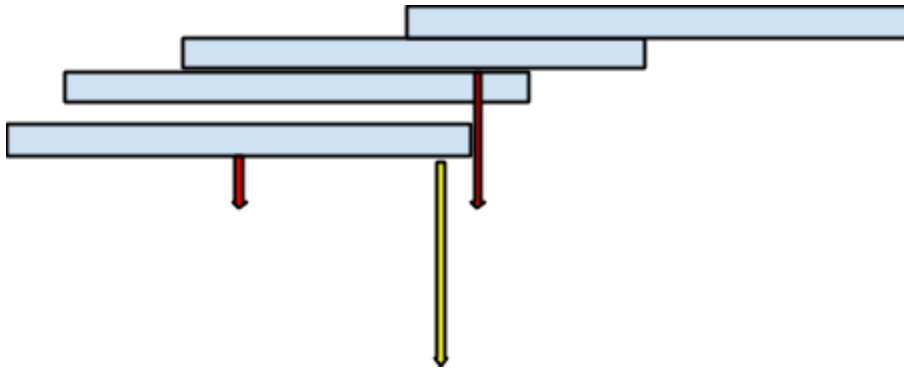
Varje person får begränsat eller obegränsat antal kaplastavar och uppgiften att inom en viss tid bygga ett kaplatorn där den yttersta klossen sticker så långt ut över den understa som möjligt, se bild. Man får bara lägga klossarna parallellt ovanpå varandra. Detta demonstreras med fördel för klassen innan så att alla är överens om reglerna.

Efter tävlingen kan en diskussion hållas om vilken taktik som verkar ha lett till längst torn.

Enkel förklaring

Det spännande är att man i teorin kan bygga hur långt ut som helst med tillräckligt antal kaplastavar. Nyckeln är att bygga tornet ”uppifrån”. Man lyfter alla klossar man har och lägger så långt ut som går att balansera på den understa klossen. Vi förutsätter här att vi bygger åt höger.

Som en praktiskt längdenhet väljer vi en kaplastavslängd. En beräkning av tyngdpunkterna kommer att ge deras avstånd från nedersta klossens högra kant till $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{8}$ och så vidare.



Teoretisk förklaring

Beräkning av tyngdpunkter görs enklast genom att jämföra tyngdpunkt på den figur som innehåller en kloss mindre (på nedersta klossen vänstra kant, röd pil till höger i bilden) och den nedersta nyss tillagda klossen (mitten på nedersta klossen, röd pil till vänster i bilden). De klossar som ligger överst väger n gånger mer än den enda klossen längst ner, och tyngdpunkten blir alltså $\frac{1}{n} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{2n}$ från nedre klossens högra kant (gul pil i bilden). n är antalet klossar som ska läggas på den nya nedersta klossen. Hur långt ut den översta klossen kan ligga summeras alltså till:

$$\sum_{i=1}^n 1/(2i)$$

Det intressanta med den serien är att den inte konvergerar, det vill säga den blir oändligt stor när n går mot oändligheten. (Även om det knappast bevisas på högstadienivå kanske man kan troliggöra det?) Det går alltså i teorin att bygga hur långt ut som helst från understa byggklossen.

4.2 Friktion och Newtons tredje lag

I showen används begreppet friktion utan närmare förklaring. Därför kan klassen behöva tala om vad friktion är både för att förstå showen och den föreslagna dragkampsaktiviteten nedan.

4.2.1 Aktivitet: Dragkamp

Denna aktivitet kan genomföras på högstadiet eller mellanstadiet för att fortsätta uppleva och prata om kraft, motkraft och friktion.

Till detta experiment behövs två lag av elever och ett lämpligt underlag, till exempel gymnasalsgolv. Det ena laget har skor på sig medan det andra endast har strumplästen. Vid dragkampen mellan lagen vinner de med skor lätt. Låt gärna eleverna byta roller (strumpor och skor).

Materiel: Långt rep. Bra golv, testa friktionen först!

Enklare förklaring

För att kunna dra i det andra laget utan att själv bli puttade ditåt måste man ha en motkraft

någonstans ifrån. Enda sättet att få till en sådan kraft är från friktion mot underlaget. Den kraft som kommer från friktionen vid lagens fötter styr därför vem som vinner! (Styrkan i armarna hos lagen spelar ganska liten roll.)

Teoretisk förklaring

Enligt Newtons tredje lag är krafterna som dragkampslagen utövar på varandra via repet lika stora och motriktade. Att betrakta kraften i repet hjälper därför inte för att bestämma åt vilket håll systemet accelererar. Bästa sättet att undersöka vilket lag som drar hårdast är via friktionen mot underlaget. Den resulterande kraften kommer att vara sammanslagningen av de två friktionskrafterna. Därför kommer friktionen, inte styrkan hos deltagarna, att styra vem som vinner dragkampen. (Egentligen finns en liten kraftskillnad på olika ställen i repet, men eftersom repet har liten massa i jämförelse med deltagarna spelar detta ingen roll för resonemanget.)

5 Newtons lagar

Newtons lagar består av de tre rörelselagarna samt gravitationslagen

Newton's första lag

En kropp förblir i vila eller konstant hastighet så länge kraftresultanten är noll.

Exempel: Cyklar du med konstant hastighet på plan mark påverkas du och cykeln av luftmotstånd och friktion, som är krafter mot rörelsen. Samtidigt utövar du en kraft framåt som är lika stor så att kraftresultanten är noll. Om vi hade sluppit allt luftmotstånd och friktion hade cykeln rullat på i all evighet utan att du behövt trampa. Ett exempel på farkost som rör sig framåt utan att tappa fart är rymdsonden Voyager 1 som lämnat solsystemet och fortsätter ut i vintergatan.

Newton's andra lag

En kropp som utsätts för en kraftresultant accelereras.

Om kraftresultanten har värdet F på **en** kropp med massa m så kommer kroppen att accelerera och accelerationen är $a = F/m$.

Exempel: När du kör iväg med en bil ger du gas och därmed en kraft som accelererar bilen, ju mer gas desto mer kraft och därmed mer acceleration. Om du belastar samma bil med en husvagn så kommer massan öka och då minskar accelerationen.

Newton's tredje lag

Two kroppar påverkar varandra med lika stora men motriktade krafter.

Exempel: När du sitter i soffan påverkar du soffdynan med en kraft nedåt (som gör att dynan trycks ihop) samtidigt som soffdynan påverkar dig med en lika stor kraft uppåt (som gör att din rumpa trycks ihop lite grann).