

Fysikpapper | Om Newtons "lagar"

Detta är ett alternativt sätt att införa och förklara Newtons "lagar". Notera att det inte är fråga om lagar utan istället byggstenar till fysikalisk teori om kroppar och rörelse – en mekanik. Newtons mekanik fungerar utmärkt¹, man kan bygga både datorer och rymdfärjor efter den, men motivationen för och sättet att förstå Newtons mekanik har förändrats sedan gubben dog. Heureka ger en ganska historisk introduktion av Newtons mekanik, därav tex. ordet "lagar" (jfr. "naturlagar"). Här kommer en modernare version, som – tycker jag – också kan vara lättare att förstå. Fundera över vilket sätt du förstår bäst!

Rörelsemängd

För att förstå hur kroppar som rör sig beter sig är det väldigt användbart att införa ett begrepp som heter rörelsemängd (mer om detta kommer i fysik B). Rörelsemängden för ett föremål är produkten av dess massa och dess hastighet. Rörelsemängden brukar betecknas med p (eller ibland q).

$$p = mv \quad (1)$$

Har vi flera föremål kan vi addera deras rörelsemängder för att få den totala rörelsemängden, bara deras hastigheter anges relativt samma referenssystem (dvs av samma observatör)².

Nu gör vi ett grundläggande antagande – ett Axiom:

Rörelsemängden bevaras alltid! (bevaras skrivs oftast konserveras här)

Detta axiom – grundläggande antagande/hypotes - måste vi motivera experimentellt om det skall kunna användas till något. – och ännu har ingen lyckats genomföra ett experiment där rörelsemängden *inte* bevarats! Försök gärna själv, om du lyckas kullkastar du hela Newtons mekanik och mer därtill ☺.

Vad innebär det nu att rörelsemängden bevaras? Antag att vi gör ett enkelt experiment. Ta två valfria människor som väger ungefär lika mycket (har samma massa), säg Frida och Lisa. Sätt tjejnerna på var sin kontorsstol på hjul. Ge Frida hastigheten $v_{Före}$ (tex 2m/s) i riktning mot Lisas stol. När Frida träffar Lisas tar de tag i varandra och fortsätter tillsammans över golvet – med hastigheten $v_{Efter} = v_{Före}/2!$ (1m/s). **Testa!**

Alltså: Rörelsemängden från början, Fridas massa gånger hennes hastighet ger den totala rörelsemängden innan krocken (Lisas hastighet, och därför även hennes rörelsemängd, är noll). Rörelsemängden bevaras, eftersom den totala massan som rör sig är dubbelt så stor efter krocken så måste hastigheten vara hälften så hög,

$$p_{Före} = p_{Efter} \quad (2)$$

$$m_{Frida}v_{Före} = (m_{Frida} + m_{Liss})v_{Efter} \Rightarrow \text{Om } m_{Frida} = m_{Lisa} \text{ så måste } v_{Efter} = v_{Före}/2.$$

Den totala rörelsemängden är alltså samma före och efter krocken. Eftersom massan ökar vid krocken så måste hastigheten minska. Denna princip gäller alltid!

Newtons andra lag: $F=ma$

Nu skall vi titta lite närmare på vad som händer ovan. **Det är nu viktigt att vi skiljer olika föremål (kallas ibland system) från varandra!** Frida och hennes stol är ett "föremål" och Lisas med sin stol ett annat. När man talar om krafter, som vi nu skall göra, är det mycket viktigt att man håller reda på vilket föremål kraften man talar om verkar på.

Frida har före krocken rörelsemängden $p_{Frida} = m_{Frida}v$, dvs. samma som den totala rörelsemängden. Efter att krocken skett har hon bara halva denna rörelsemängd – eftersom Lisa har fått den andra halvan. Denna överföring av rörelsemängd är nyckeln till Newtons andra lag.

Försök nu tänka igenom själva krocken steg för steg. När Fridas hand, som antagligen kommer först, möter Lisa hand kommer de att tryckas ihop. **Frida kommer att trycka med en kraft på Lisa som kommer att ge Lisa ökande hastighet** (dvs ökar Lisas rörelsemängd). **Samtidigt kommer Lisa att påverka Frida med en kraft som bromsar Frida** (dvs minskar Fridas rörelsemängd). När de efter en liten stund nått samma hastighet fortsätter de tillsammans utan att påverka varandra med några större krafter. De fortsätter med var sin halva av Fridas rörelsemängd före krocken.

Slutsats: En kraft på ett föremål är samma sak innebär att föremålets rörelsemängd ändras!

¹ Det är en rätt vanlig missuppfattning att Newtons fysik är omodern och "ersatt" av modernare modeller som kvantmekanik och relativitetsteori. Newtons klassiska mekanik fungerar fortfarande utmärkt och är fortfarande ofta den bästa metoden att modellera vardagliga händelser och förlopp, där hastigheterna är betydligt lägre än ljushastigheten (vilket är rätt snabbt) och delarna större än atomer (vilket är rätt litet).

² Notera att, eftersom hastighet är en vektor så måste även rörelsemängd vara en vektor, i samma riktning.

Jonn Lantz

I stället för fysik förvirring

jonn.lantz@lme.nu

031 825210

Vi kan då **definiera** kraft som rörelsemängdsändring per tidsenhet. Dvs kraften från Frida på Lisa är precis så mycket rörelsemängd som överförs per sekund från Frida till Lisa.

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \Leftrightarrow F = m \frac{\Delta v}{\Delta t} = ma, \quad (3)$$

förutsatt att massan är konstant.

Denna definition av kraft ger alltså direkt Newtons andra lag, $F=ma$. Kraft ger ändrad rörelsemängd, dvs. ändrad hastighet, dvs. acceleration! Notera att kraft måste vara en vektor i samma riktning som accelerationen!

Newton's tredje lag: kraft och motkraft

Om axiomet att rörelsemängden alltid bevaras håller så måste den totala rörelsemängden hela tiden vara konstant under krocken (*vilket lätt kan kollas i ett enkelt experiment*). Alltså måste Frida under krockförloppet hela tiden överföra lika mycket rörelsemängd (per sekund) till Lisa som Lisa får av Frida – vilket ju låter logiskt. Alltså måste kraften från Frida på Lisa (*som ger Lisa ökande hastighet*) vara lika stor som kraften från Lisa på Frida (*som bromsar Frida*), fast med motsatt riktning. **Alltså måste varje kraft i ett sånt här förlopp ha en motkraft med samma storlek men motsatt riktning.** Detta är Newtons första lag, som alltså följer av att rörelsemängden alltid bevaras. Men – glöm aldrig att det är jätteviktigt att veta vilket föremål som respektive kraft verkar på! Rita alltid figurer! *Försök gärna komma på ett händelseförlopp där rörelsemängden skulle kunna bevaras utan att en kraft behöver någon motkraft! Är det möjligt?*

Newton's första lag: tröghetslagen

Även denna ”lag” följer av axiomet om bevarad rörelsemängd. Denna lag kan formuleras som att *det alltid finns ett referenssystem där ett föremål inte rör sig, om det inte påverkas av någon nettokraft*. Mao, *det finns inget (annat) sätt att ändra ett föremåls (tex. en bil, ett äpple eller en eskimå) hastighet utan att det påverkas av en kraft*. Om rörelsemängden är noll står föremålet stilla (sett från en observatör som inte rör sig relativt föremålet). *Testa gärna: sätt en person, tex. Henrik, på en stol med hjul och vänta och se om ekipaget börjar röra sig (utan att något puttar på). Inte så troligt, eller hur!?! Hjälper det om Henrik vevar med armarna eller rör sig (utan att nudda marken)?*

Eftersom rörelsemängden måste förbli konstant kan inte föremålet (Henrik och stolen) börja röra sig – om inte det påverkas av en yttre kraft som ger det rörelsemängd (hastighet) åt något håll. Detta ger den första ”lagen”.

Alltså, vi har nu härlett Newtons tre lagar utifrån det enkla, och enda(!), antagandet att rörelsemängden alltid bevaras³! Ägt!

Enkla övningar om rörelsemängd och kraft.

1. Genomför experimentet ovan med två lika tunga elever (eller två lika tunga vagnar).
2. Placera en kraftmätare på varje föremål (dvs varje elev/vagn) riktade mot varandra som får ta stöten. Mät hur dessa krafter ser ut som funktion av tiden. Tölka!
3. En pistolkula på 20 gram skjuts in i en skurk (i en Hollywoodfilm) med 900km/h. Kulan stannar i skurken som stod still och nu kastas bakåt, som skurkar gör i filmer... Räkna ut vilken hastighet skurken får om han (skurkar är oftast män) väger 90kg.
4. Hitta på ett eget, mindre våldsamt, exempel och lös det.
5. Hur kan två lika tunga människor röra sig för att den totala rörelsemängden skall bli noll?
6. Bambi på hal is. Kan Bambi komma in till stranden? Vad krävs för att hon skall lyckas?

³ Att rörelsemängden bevaras (konserveras) verkar vara det närmaste en ”naturlag” vi kan komma (just nu) – men det är fortfarande en hypotes som kan motbevisas. Rörelsemängden bevaras i alla fysikteorier vi har – Newtons fysik, kvantfysik, speciell relativitetsteori, kvantfältsteori (*en sammanslagning av kvantmekanik och speciell relativitetsteori*), allmän relativitetsteori (*beskriver gravitation*) och strängteori, etc.

Jonn Lantz

I stället för fysik förvirring

jonn.lantz@lme.nu

031 825210

Svar:
1. Det bör funka...
2. De bör vara lika med motsatt tecken.
3. 5,6cm/s Hollywood ljuger ©
5. I motsatt riktning med samma