

# **DEN NYA VETENSKAPENS FÖDELSE**

**NICOLAUS COPERNICUS 1473-1543**  
**GIORDANO BRUNO 1548-1600**  
**TYCHO BRAHE 1546-1601**  
**JOHANNES KEPLER 1571-1630**  
**GALILEO GALILEI 1564-1642**  
**ISAAC NEWTON 1642-1727**

## NICOLAUS COPERNICUS 1473-1543

Mikolai Kopernik hette en pojke som föddes i Torun i Polen 1473. När han var 18 år började han studera vid universitetet i Krakow. De lärdes språk var ju latin, och som alla studenter gjorde han om sitt namn så att det blev latinskt: Nicolaus Copernicus (på svenska stavas man ibland Kopernikus).

Vid 23 års ålder vandrade han vidare för att studera vid de berömda italienska universiteterna. Han läste juridik i Bologna och medicin och grekiska i Padua och blev så småningom doktor i kanonisk rätt i Ferrara. Kanonisk rätt kallades den katolska kyrkans rättssystem och lagar.

1503 återvände han hem till Polen. Hans morbror, som var biskop, hade ordnat ett arbete som präst och domare.

Copernicus var också översättare. Han översatte många texter från grekiska till latin. När han höll på att översätta texter om astronomi blev han mycket intresserad av innehållet. Därför fortsatte han att fördjupa sig i astronomin vid sidan av sitt vanliga arbete. Stjärnhimlen blev hans stora intresse. Visserligen byggde katolska kyrkans världsbild på vad grekerna Ptolomaios och Aristoteles sagt, men andra lärda greker framförde helt andra teorier. Frågan var vilka teorier som faktiskt överensstämde med verkligheten. Var det så säkert att jorden var universums medelpunkt? En svaghet med den teorin var att man inte kunde förklara varför planeternas rörelser på himlen gjorde så konstiga snirklar i stället för att bara gå i runda bågar.

Andra greker, som till exempel Aristarchos, hade andra teorier. Utifrån dem och sina egna funderingar och iakttagelser av stjärnhimlen kom Copernicus fram till att det måste vara så att jorden rör sig kring solen på ett år och roterar kring sin egen axel på ett dygn. (Detta visste redan de gamla mesopotamierna för 5000 år sedan, men kunskapen hade fallit i glömska, i alla fall i Europa.) 1507 tryckte Copernicus en kort presentation av sina teorier. Samtidigt arbetade han på en mycket större bok, där han skulle förklara allting noggrant. Men när boken var klar 1530 lät han inte trycka den.

Kanske var han ännu för osäker på vissa saker – han kunde förklara planeternas snirkliga banor, man fick ändå inte fram helt riktiga förutsägelser om var planeterna skulle synas. (Det berodde på att han tänkte sig planeternas banor kring solen som helt cirkelformade, medan de i själva verket är ellipsformade.)

Kanske var han orolig för vad påvens domstol skulle tycka om att en präst gav ut en sådan bok – den oron var i så fall helt befogad. Det visste han nog, eftersom han ju faktiskt doktorerat just på kanonisk rätt (den katolska kyrkans egna lagar).

Men andra som insåg vilka viktiga kunskaper Copernicus kommit fram till bönföll honom att ge ut sin bok så att alla astronomer kunde få tillgång till hans teorier. 1543 kom boken ut, eller rättare sagt böckerna, för hela verket omfattade sex band: *De revolutionibus orbium coelestium libri VI*, Sex böcker om de himmelska kretsloppen.

Copernicus dog samma dag som han fick ta emot den nytryckta boken.

## GIORDANO BRUNO 1548-1600

Vid 15 års ålder inträdde Phillippo Bruno som munk i ett dominikanerkloster i Neapel i södra Italien. När han blev munk fick han namnet Giordano. I klostret fick han en mycket god utbildning. Han läste de gamla grekiska filosofernas skrifter. En del av det som stod där stämde inte överens med kyrkans lära. Särskilt intresserad blev han av den gamla egyptiska religionen, som talade om att allt i hela skapelsen var besjälad.

Giordano funderade mycket själv. Om jorden hade en levande själ kunde den inte ligga helt stilla, den måste röra på sig, tänkte han. De gamla egyptierna tänkte sig att solen fanns i universums centrum, och så måste det förstås vara... Jorden rör sig runt solen och inte tvärt om! Det hade ju även Copernicus sagt. Giordano Bruno trodde dessutom att universum var oändligt och att det kunde finnas andra världar som liknade vår.

Sådana idéer var inte populära i klostret, eftersom de gick stick i stäv med vad man lärde ut. Giordano Bruno blev misstänkt för att vara kättare. 1576 lämnade han därför klostret, lade av sig munkkåpan, och började resa runt till de olika universiteten i Europa, framför allt i England, Frankrike och Tyskland. Många furstar hade hört talas om honom och ville gärna att han skulle undervisa vid deras universitet. I de furstendömen som anslutit sig till den nya lutherska tron kunde han hålla sig undan dem som ville ställa honom till rätta för kätteri.

Giordano Bruno var bland annat berömd för att han hade ett sätt att lära sig att memorera, det vill säga att komma ihåg väldigt mycket. Minnesteknik kallas det idag. Oftast blev han dock osams med de andra universitetslärarna på grund av sina speciella teorier, och fick dra vidare till en annan ort.

År 1591 fick han en inbjudan av en adelsman i Venedig som vill lära sig konsten att memorera. Det var första gången han återvände till ett italienskt furstendöme sedan han lämnat klostret 15 år tidigare. Men påvens domstol hade inte glömt bort sina kätterianklagelser. Han greps av inkquisitionen och fördes 1593 till Rom. Han fick sitta i fängelse och man ville att han skulle ta avstånd från sina åsikter. Han gjorde det flera gånger, men tog varje gång tillbaka. Till slut vägrade han envist att ta avstånd från det han själv ansåg vara sanningen.

Han dömdes att som kättare brännas levande på bål. När domarna läste upp domen sade Giordano Bruno:

”Ni avkunnar denna dom med större rädsla än med vad jag tar emot den.”

Den 17 februari 1600 brändes Giordano Bruno på bål på Campo di Fiori i Rom

## TYCHO BRAHE 1546-1601

Lille Tyge föddes på Knutstorp i Skåne, som på hans tid hörde till Danmark. Som 15-åring började han studera vid universitetet i Köpenhamn, och fortsatte sedan sina studier i Leipzig, Rostock och Augsburg i Tyskland. Han studerade juridik men höll i hemlighet också på med helt andra studier, nämligen i astronomi. Astronomin tog allt mer av hans tid.

Vid ett besök hemma i Skåne, hos sin morbror Sten Bille på Herrevadskloster, upptäckte Brahe den 11 november 1572 en ny, mycket ljusstark stjärna i stjärnbilden Cassiopeja. Den kallade han Stella Nova, den nya stjärnan. Han skrev en bok om den och ägnade sig därefter helt och hållet åt sin kära astronomi. (Långt senare förstod man att det var en exploderande stjärna han sett, en supernova.)

Han började undervisa i astronomi vid Köpenhamns universitet. Efter ett par år fick han ön Ven i Öresund i förläning av kung Fredrik II. Det innebar att han skulle vara kungens utsände i det området, se till att hamnar och fyror hölls i ordning, vara domare och driva in skatt från bönderna. En del av skatten fick han behålla själv. Han hade även rätt att beordra bönderna att hjälpa honom med byggarbeten och annat som han behövde.

Tycho Brahe flyttade genast till Ven och började bygga slottet Uranieborg. I slottet och i en särskild observatorieanläggning som han kallade Stjärneborg, inrättade Brahe det dittills största och bäst utrustade observatoriet i hela världen. Han utvecklade en mängd astronomiska instrument – men kikaren var ännu inte uppfunnen.

Under 21 år gjorde han observationer och förde noggranna anteckningar över allt som rörde sig på stjärnhimlen. Sina andra uppgifter som länsherre tog han inte riktigt på allvar. Det sägs också att han var hård och grym mot bönderna. Men eftersom kungen var hans vän fick han fortsätta att ägna sig åt sina observationer på heltid.

När kungen dog fanns det dock inte längre någon som tog Brahe i försvar. Han kom i konflikt med den nye kungen, Kristian IV.

På våren 1597 lämnade Tycho Brahe Ven. Han fick anställning hos kejsaren, Rudolf II. Nu kunde han fortsätta med sina observationer. Han anställde en assistent som hette Johannes Kepler. Kepler hade ansvar för att göra matematiska beräkningar utifrån Brahes observationer.

Tycho Brahe stod mitt uppe i sitt spännande arbete med att utforska stjärnor, kometer, planeternas rörelser och inte minst Mars, och höll på med att samla material till den stora bok han skulle skriva, *Theatrum astronomicum*, när han oväntat avled i Prag, knappt 55 år gammal.

Tycho Brahes Uranieborg låg snart i ruiner. Idag kan man bara se en rekonstruktion av Stjärneborg på Ven.

Brahe hade hört talas om Copernicus idéer om att jorden kretsade kring solen, men det trodde han inte på. Ändå var det hans noggranna observationer och anteckningar som efter hans död skulle bidra med bevis på att denna teori faktiskt var sann.

## JOHANNES KEPLER 1571-1630

Johannes Kepler föddes i Weil i Württemberg i Tyskland. Han studerade vid universitetet i Tübingen. Det var tänkt att han skulle bli lutheransk präst. Han hade en matematiklärare som berättade entusiastiskt om Copernicus tankar om universum. Kepler blev intresserad, och inriktade sina studier på matematik och astronomi. Han var mycket flitig, envis och nyfiken. 23 år gammal började han undervisa i dessa ämnen i Graz i Österrike. Samtidigt forskade han vidare på egen hand.

Kepler utvecklade många nya teorier om universum och sammanfattade dem i boken *Mysterium cosmographicum*, *Det kosmiska mysteriet*, 1597. De flesta av hans idéer stämde inte alls, men hans bok blev ändå mycket betydelsefull eftersom den inspirerade andra astronomer att utgå från sina egna iakttagelser och tänka helt fritt i stället för att följa de gamla grekernas upptrampade tankestigar.

Tycho Brahe tyckte mycket om Keplers bok, och det var därför han anställde honom som assistent i Prag år 1600. När Brahe dog var det Kepler som hade ansvar för Brahes otroligt omfattande material, som byggde på flera decenniers observationer. Kepler tog väl hand om detta. Han arbetade vidare med sina beräkningar, och kom snart fram till att Mars rör sig i en ellipsformad bana kring solen. Han formulerade tre lagar om universums uppbyggnad, av vilken den första lyder såhär:

Planeternas banor är ellipser med solen i ena brännpunkten.

För Kepler var det självklart att alla planeterna rörde sig runt solen. Han kunde göra noggranna beräkningar av var planeterna skulle synas i framtiden.

För att kunna studera stjärnhimlen ännu bättre började Kepler experimentera med olika linser som kunde förstora. Han satte sig noga in i hur ögat fungerar och hur ljusets bryts, och blev mycket duktig på optik. Han uppfann en kikare, ett teleskop som var ganska bra, bortsett från att bilden hamnade upp och ner.

Kepler var också mycket intresserad av musik. Han tyckte sig förstå hur planeternas rörelser och inbördes ordning stämde överens med musikens harmonier.

Kepler slapp bli utsatt för den påvliga domstolens inkquisition, eftersom han verkade i områden där furstarna infört den nya lutherska kyrkans lära. Även de lutherska prästerskapet kunde anklaga människor för kätteri, men den faran var inte lika stor för naturvetenskapsmännen. Men även i de lutherska områdena brändes människor på bål för häxeri.

Keplers liv innehöll mycket sorg. Hans fru och hans son dog. Hans mamma anklagades för att vara häxa, men räddades av Kepler. Han var ofta sjuk och hade dessutom en ögonsjukdom som gjorde att han såg dubbelt. Han var oftast fattig och dog bara 50 år gammal. Men trots sorger och motgångar fann Kepler stor lycka i sina upptäckter om universums ordning och skönhet.

## GALILEO GALILEI 1564-1642

Galileo Galilei föddes i Pisa. Hans pappa, Vincenzo Galilei, var musiker och tonsättare. Han tillverkade stränginstrument och Galileo tyckte mycket om att vara i pappans verkstad.

17 år gammal började Galileo studera vid universitetet i Pisa. Han var mycket intresserad av matematik, astronomi och mekanik. Han nöjde sig aldrig med teoretiska studier, utan vill pröva sig fram genom experiment. Han besökte ofta olika hantverkare och lärde sig mycket i deras verkstäder.

Han kunde inte avsluta sina studier, för hans pappa hade inte råd att betala det dyra universitetet. Galileo fick börja arbeta, men fortsatte sina studier på egen hand. Han arbetade som privatlärare och skrev samtidigt böcker. Så småningom fick han arbete på akademien i Florens, och sedan vid universitetet i Pisa. Då fick han höra talas om Copernicus idéer, som han tyckte var mycket intressanta. 1592 blev han matematikprofessor i Padua som ligger alldeles intill Venedig.

När han vid ett tillfälle reste med båt till Venedig och såg hur vattnet i en tunna skvalpade när båten gungade, kom han på att tidvattnet kunde ha att göra med jordklotets rörelser. Det stämde bra med Copernicus teorier.

Vid ett tillfälle fastnade hans blick på en stor hängande lampa i en kyrka. Lampan svängde hit och dit som en pendel. Galileo tog tiden på svängningarna med hjälp av sin egen puls, och kom fram till det häpnadsväckande resultatet att svängningen var lika snabb oavsett om rörelsen var lång eller kort. (Ju större vinkel, desto mer rörelseenergi. Ju mindre vinkel, desto kortare sträcka. Förhållandet mellan rörelseenergi och sträcka gör att svängningen tar lika lång tid hur stor vinkeln än är, vid samma längd på snöret.) Det var längden på snöret eller kedjan som avgjorde hur lång tid rörelsen tog. Ju längre pendeln är, desto långsammare svänger den. Han fortsatte att experimentera med detta. Bland annat kom han på att man med hjälp av pendlar av olika längd kunde fastställa hur snabb pulsen var, och därmed avgöra om en person var sjuk, eftersom pulsen då är snabbare. (Nu var han faktisk på god väg att uppfinna klockan, och flera år senare uppfann han också pendeluret.)

Sedan var det detta med kulorna. Enligt Aristoteles föll en kula snabbare ju tyngre den var. Galileo bestämde sig för att prova om det var sant. Lutande tornet i Pisa var ett perfekt ställe att experimentera på, eftersom man dels enkelt kunde släppa ner kulor från översta våningen, dels kunde rulla kulorna ner för det sluttande planet som gick i en spiral genom tornet. Det visade sig att två kulor av olika storlek och form faller eller rullar lika snabbt, även om de har olika vikt, och att man exakt kunde bestämma med vilken hastighet föremål accelererar. Om luftmotståndet är noll kommer alla föremål att falla lika snabbt, en ulltött lika snabbt som en kanonkula, sade Galilei. Detta innebar att mycket av det man lärde ut på universiteten var helt fel. Dessutom ifrågasatte de kraftigt Aristoteles logik, och som vi vet byggde katolska kyrkans världsbild just på den. Många människor blev arga på Galileo Galilei. Såväl präster som professorer försökte bevisa att han hade fel. (Grejen med kulorna är att en kula med stor massa dras snabbare mot jorden på grund av gravitationen än en liten kula, samtidigt som den gör mer motstånd mot accelerationen än en liten kula. En stor massa är visserligen tung, men den är också trög. En liten massa är inte så tung, men inte heller så trög. Det olika egenskaperna tar ut varandra. Man talar om ekvivalensen mellan den tunga och den tröga massan. Som en ekvation, där höger och vänster led blir samma, helt enkelt.)

Bland de hantverkare som Galileo tyckte om att besöka fanns glasblåsarna på ön Murano vid Venedig. Han experimenterade själv med att slipa glaslinser på olika sätt för att få dem att förstora. Ryktet spred sig att en ny sorts kikare byggd i Holland, och venetianerna gärna ville ha sådana kikare för att kunna spana in främmande fartyg. Galilei började genast bygga kikare (inte i första hand för att titta på fartyg med) och lyckades konstruera en kikare med rättvänd bild som förstörde 3 gånger starkare än de kikare som dittills konstruerats. Den skänkte han

till de styrande männen i Venedig. Självklart fortsatte han med att bygga kikare till sig själv också. Snart hade han konstruerat en som förstörde 30 gånger!

1610 upptäckte han med hjälp av sin kikare de fyra stora månar som kretsar kring Jupiter, han såg månens kratrar och dessutom en massa stjärnor som inte var synliga för blotta ögat. Hans nya upptäckter övertygade honom om att Copernicus idéer var riktiga. Jorden rörde sig kring solen på ett år och kring sin egen axel på ett dygn.

Med sin kikare kunde han även se att solen hade fläckar och att de rörde sig runt på solen, vilket tydde på att solen också rörde sig.

Nu fick han ännu fler fiender, för denna tanke stod ju helt i strid med vad både kyrkan och universiteten lärde ut. Han var dock helt övertygad om sin sanning, och dessutom om att påven Urban VIII också var en sanningens man. Därför reste han till Vatikanen i Rom för att få påvens stöd. Tyvärr gick det inte som han hoppats. 1616 fick han lova påven att inte längre lära ut Copernicus idéer som om de var en absolut sanning. Däremot kunde han få använda dem som en hypotes, en slags tankelek. Påven trodde nog att Galileo kunde ha rätt, men ansåg att denna sanning skulle orsaka omvälvningar som var svåra att överblicka. De strider som rasade efter reformationen innebar problem nog för påven; han tyckte kanske inte det var läge att stödja något som skulle ge motståndarna vatten på sin kvarn.

Galileo fortsatte att skriva om sina tankar, men försökte göra det på ett sätt som inte skulle skapa problem. I hans bok *Dialogo* som kom ut 1632, lät han tre personer diskutera fram och tillbaka kring det Galileo forskat omkring. På så sätt framställde han sina upptäckter som hypoteser, som påven hade sagt. Han lät till och med kyrkliga ämbetsmän kontrollera och godkänna bokens innehåll innan han tryckte den, för att vara på den säkra sidan. Det var bara det att alla som läste boken insåg att argumenten mot Galileis teorier var naiva och ohållbara, ibland till och med löjliga. Dessutom var boken inte skriven på latin, utan på italienska, vilket gjorde att vanliga människor kunde läsa den och att därigenom allt fler började ifrågasätta kyrkans monopol på sanningen.

Detta blev för mycket för några högt uppsatta kyrkliga ämbetsmän, som länge ryckt att påven var alltför mild mot Galileo. Boken förbjöds. Galileo kallades till Rom där en rättegång inleddes. Han stod anklagad för kätteri. Man uppmanade honom att ta tillbaka det han sagt om solens och jordens rörelser. Om han vägrade, skulle han utsättas för tortyr. Till slut svarade han: ”Jag tror inte och har inte trott på denna Copernicus uppfattning sedan jag fick besked om att jag måste överge den.” Man lade fram ett papper, som han skulle underteckna. Där stod att han, Galileo Galilei, försäkrade att han alltid hade trott på det som den heliga katolska kyrkan lärde ut och att han avsvor sig, förbannade och avskydde sina fel och kätterier.

Galilei Galilei skrev under pappret. Det sägs att han därefter tittade mot solen och sade: *Eppur si muove.*

Och ändå rör hon sig.

Det var nog påvens förtjänst att domen mot Galileo ändå blev relativt mild. Han förbjöds att ge ut fler böcker och han skulle sitta fängslad på obestämd tid. Men straffet fick han avtjäna i ett eget palats i Siena, där han satt i husarrest men ändå var fri inom sina fyra väggar. Ärkebiskopen i Siena tyckte det var en stor ära att Galileo Galilei bodde där. Han var nämligen övertygad om att Galilei hade rätt. Men han gav honom ett gott råd: nämligen att i fortsättningen ägna sig helt och hållet åt mekaniken och matematiken. Galilei följde rådet, och ägnade återstoden av sitt liv åt

att experimentera och skriva om rörelse, vila, kraft och balans.

Även på detta område kom han att lägga grunden till den moderna vetenskapen. Hans forskning handlade bland annat om hållfasthetslära, atomer, luftmotstånd och lufttryck. Han forskade också om strängar och akustik, precis som hans far hade gjort.

Han skrev en ny bok som hans vänner lyckades smuggla till Holland, där den trycktes.

Mot slutet av sitt liv var Galileo nästan blind. Man blir ju det om man tittar för länge mot solen...

Galileo var inte gift, men hade tre barn tillsammans med Maria Gamba i Florens. De två döttrarna bodde i San Marco-klostret i Florens. En dag kallade Galileo till sig sin son Vincenzo och visade honom en uppfinning som om den utvecklades och sattes i tillverkning skulle kunna ge familjen god ekonomi för all framtid: pendeluret. Tyvärr gjorde inte Vincenzo något av denna uppfinning. Det blev istället nederländaren Christiaan Huygens som konstruerade det första användbara pendeluret.

Efter några år i Siena fick Galilei återvända till sitt hus i Florens. Även där satt han i husarrest. Men han kunde träffa sina barn oftare, och det var han väldigt glad över. Särskilt mycket tyckte han om att prata med sin dotter Marie Celeste, som delade sin fars stora intresse för astronomi och som uppmuntrade honom med brev nästan varje dag under hans fångenskap.

1642 dog Galileo Galilei.

Av honom lärde vi oss att vetenskapliga sanningar bör kunna bevisas i den verklighet vi uppfattar med våra sinnen. (Det höll ända till 1905, när Albert Einstein publicerade sina artiklar om den fotoelektriska effekten, den brownska rörelsen, samt den speciella relativitetsteorin, formeln  $E=mc^2$ . Dessa upptäckter byggde mest på tankeexperiment.)



## ISAAC NEWTON 1642-1727

Samma år som Galileo Galilei dog föddes Isaac Newton, på juldagen, i Lincolnshire, i England. När Newton var 18 började han studera vid Trinity College i Cambridge. Han var väldigt intresserad av vetenskap och läste bland annat Keplers och Galileis skrifter mycket noggrant.

Oturligt nog fick universitetet stänga under två år, på grund av pesten. Då åkte Newton hem och studerade på egen hand. Han gjorde många olika experiment, bland annat med optik. Han kom på att vitt ljus bryts i regnbågens färger. Han gjorde även experiment med krafter och gravitation (tyngdkraften) och funderade en del kring planeternas rörelser.

Newton berättade för en vän att han en gång satt under ett träd och funderade. När han hörde ett äpple falla undrade han varför äpplet föll till marken, medan månen inte faller ner på jorden utan håller sig på samma avstånd till jorden hela tiden, trots att både äpplet och månen lyder under tyngdlagen. Exakt när och var detta hände vet man inte; i England finns det många träd som påstås vara avkomlingar av "Newtons äppleträd".

När han kom tillbaka till universitetet blev han snart professor i matematik, 26 år gammal. 29 år gammal, 1671, byggde han det första spegelteleskopet.

Han fortsatte att forska om såväl optik som om planeternas rörelser. 1687 publicerades hans stora verk om gravitationen: *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* (Naturfilosofins Matematiska Principer, ofta kallad *Principia*). Han skrev sitt verk, som bestod av tre böcker, på latin.

Det uppstod en del konflikter mellan Newton och andra vetenskapsmän. Ibland berodde de på att de var oense om teserna (innehållet, påståendena), men ibland handlade det om vem som hade kommit på nya rön först, och om någon tagit åt sig äran av andras forskning. Så småningom tröttnade Newton på vetenskapen. I stället ägnade han sig under några år åt politik för att förbättra universitetet. Sedan blev han chef för myntverket och utarbetade ett myntsystem som användes i mer än 100 år.

Isaac Newton ligger begravd i Westminster Abbey.

### Gravitationslagen

Två kroppar (föremål) attraherar varandra (drar sig till varandra) med en kraft (**F**) som är direkt proportionell mot deras massor  $m_1$  och  $m_2$  och omvänt proportionell mot kvadraten på avståndet  $r$  mellan dem.

Kroppar (föremål) rör sig mot varandra (attraherar varandra). Det är förhållandet mellan kropparnas massa och avståndet som avgör tyngdkraftens (**F**) styrka.

$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$  m=massa r=avstånd  
F= tyngdkraft G=gravitationskonstanten

((1906 beskrev Einstein gravitation som en egenskap hos rum och tid; som en krökning av rumtiden. Då blev det man i nästan 300 år kallat den nya vetenskapen plötsligen en gammal vetenskap.)

**Newtons första lag: tröghetslagen.**

En kropp förblir i vila eller likformig rörelse om, och bara om, summan (resultanten) av alla krafter som verkar på kroppen är noll.

**Newtons andra lag: kraftlagen eller accelerationslagen.**

Den kraft  $F$  som verkar på en kropp är proportionell mot kroppens massa  $m$  och mot kroppens acceleration  $a$ .

$F = ma$  Kraften är lika med massan gånger accelerationen eller

$a = F/m$  Accelerationen är lika med kraften delat med massan

**Newtons tredje lag: lagen om verkan och återverkan.**

Två kroppar som verkar på varandra med krafter utsätter varandra för lika stora men motsatt riktade krafter.

**Massa mäts i kilo** (kilogram, kg). Massan är densamma oavsett gravitationen.

**Tyngd mäts i newton** (N). Tyngden varierar beroende på gravitationen. En kropps tyngd på månen är t ex ca en sjättedel av dess tyngd på jorden.

En newton (N) motsvarar tyngden av ett litet äpple, ca 100 g.

**Arbete mäts i newtonmeter** (Nm). En newtonmeter (Nm) är ungefär lika med den energi (det arbete) som krävs för att lyfta det lilla äpplet (0,1 kg) 1 m upp i luften.