

Hröðun.

Hugsaðu þér tvo bíla, vörubíl og lítinn sportbíl sem bíða á rauðu ljósi. Þegar ljósið breytist í grænt taka bílarnir af stað samtímis. Sportbíllinn er hins vegar mun sneggri og eftir skamma stund er hann kominn á mesta löglega hraða. Það má vera að vörubíllinn nái á endanum sama hraða og sportbíllinn en það tekur hann mun lengri tíma. Munurinn á hreyfingu bílanna er ekki hraðinn, ekki heldur lokahraðinn heldur hversu ört þeir auka hraðann. Það hugtak í eðlisfræðinni sem lýsir þessu kallast hröðun.

Hröðun er skilgreind sem hraðaaukning á tímaeiningu og segir okkur hversu mikið hraðinn breytist á hverri sekúndu. Á jöfnuformi verður skilgreiningin:

$$\text{hröðun} = \frac{\text{hraðabreyting}}{\text{tími sem tekur að breyta hraða}}$$

Með táknum verður það:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Táknið fyrir hröðun er a sem kemur úr ensku (hröðun = acceleration).

Takið eftir að táknið fyrir hraðabreytingu er Δv (lesið: delta v). Táknið Δ er gríski bókstafurinn delta (stórt) og er notað sem tákn fyrir breytingu. Breyting er alltaf reiknuð sem mismunur lokagildis og upphafsgildis og verður það þá fyrir hraða:

$$\Delta v = \text{lokahraði} - \text{upphafshraði} = v - v_0$$

þar sem v stendur fyrir lokahraða og v_0 stendur fyrir upphafshraða.

Sama gildir fyrir tímann. Við notum Δt sem tímabilið sem það tekur hlutinn að breyta hraða sínum. Það reiknum við líkt og hraðann:

$$\Delta t = \text{lokatími} - \text{upphafstími} = t - t_0$$

Af þessu sjáum við að formúluna fyrir hröðun má setja upp:

$$a = \frac{v - v_0}{t - t_0}$$

Í dæmareikningi höfum við oft $v_0 = 0$ m/s og $t_0 = 0$ s sem einfaldar dæmin mjög.

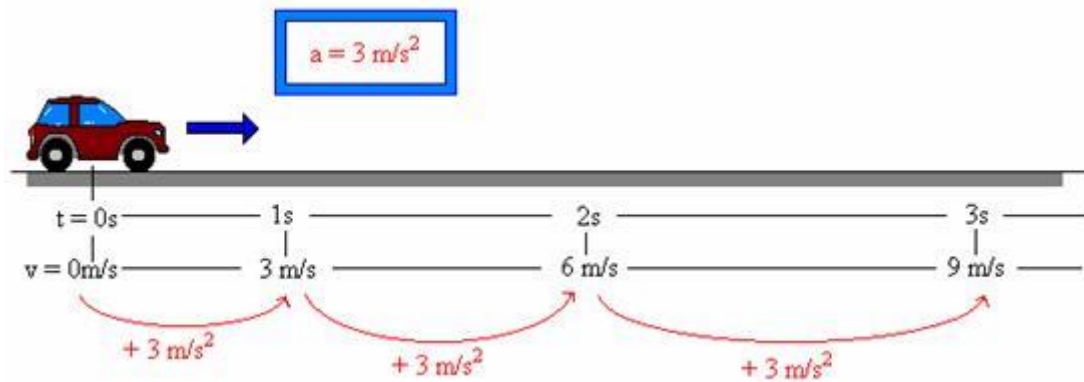
Eining hröðunar.

Einingu hröðunar getum við fengið beint út frá formúlunni sem skilgreinir hröðun. Hraðinn er mældur í m/s en tíminn í s. Þetta gefur einingu hröðunar í SI-kerfinu:

$$\text{Eining hröðunar} = \frac{\text{m/s}}{\text{s}} = \text{m/s}^2$$

Merking hröðunar

Hröðun segir til um hversu mikið hraði breytist á hverri sekúndu sem líður. Ef bíll tekur af stað úr kyrrstöðu með hröðunina 3 m/s^2 þá verður hraði hans eftir 1 s orðinn 3 m/s, eftir 2 s er hann 6 m/s, eftir 3 s er hann 9 m/s o.s.frv.



Dæmi:

Ef vörubifreið byrjar í kyrrstöðu og nær hraðanum 80 km/klst á 30 s. Hver er hröðun bifreiðarinnar?

Svar:

Fyrst þurfum við að breyta einingunni á hraðanum, úr km/klst yfir í m/s:

$$80 \text{ km/klst} = \frac{80}{3,6} \text{ m/s} = 22,22 \text{ m/s}$$

Þá vitum við að upphafshraðinn er 0 m/s, lokahraðinn er 22,22 m/s og tímabilið er 30s. Þetta gefur:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{22,22 - 0}{30} = \frac{22,22}{30} = 0,74 \text{ m/s}^2$$

Dæmi:

Við upphaf tímamælingar er hraði sportbíls 10 m/s. Við lokin, 10 s seinna, er hraðinn orðinn 35 m/s. Hver er hröðun bílsins á tímabilinu?

Svar:

Hér getum við reiknað hröðunina beint:

$$a = \frac{v - v_0}{t - t_0} = \frac{35 \text{ m/s} - 10 \text{ m/s}}{10 \text{ s}} = \frac{25 \text{ m/s}}{10 \text{ s}} = 2,5 \text{ m/s}^2$$

Stefna hröðunar - hröðunarvektor

Líkt og hraði er hröðun stefnuháð stærð, þ.e. hún er vektor. Til að sýna það ætti formúlan fyrir hröðun að vera:

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

Eins og fyrir hraða þurfum við að nota vektor til að tákna stefnu hröðunnar í tveimur og þremur rúmvíddum en í einni vídd getum við notað formerki. Aftur gildir þá sú meginregla að ólík formerki tákna ólíkar stefnur.

Hröðun og breytingar á hraða

Ef við hugsum okkur bíl sem eykur hraða sinn úr 10 m/s í 25 m/s á 5 s þá má reikna hröðunina á eftirfarandi hátt:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t - t_0} = \frac{25 \text{ m/s} - 10 \text{ m/s}}{5 \text{ s}} = \frac{15 \text{ m/s}}{5 \text{ s}} = 3 \text{ m/s}^2$$

Takið eftir því að bæði hraðabreytingin og hröðunin hafa jákvætt formerki sem leiðir til aukins hraða bílsins.

Ef við breytum dæminu þ.a. bíllinn hægir hraðann úr 25 m/s í 10 m/s þá verða útreikningar hröðunnar:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t - t_0} = \frac{10 \text{ m/s} - 25 \text{ m/s}}{5 \text{ s}} = \frac{-15 \text{ m/s}}{5 \text{ s}} = -3 \text{ m/s}^2$$

Hraðabreytingin og hröðunin verða neikvæð og merkir það að bíllinn hægir á sér.

Neikvætt formerki þarf þó ekki alltaf að merkja að hlutur hægir á sér. Það á aðeins við ef upphafshraðinn er jákvæður. Ef upphafshraðinn væri líka neikvæður myndi neikvæð hröðun leiða til hraðaaukningar. Almennt getum við sagt að ef hröðun og upphafshraði hafa sama formerki þá eykst hraði hlutarins en ef upphafshraði og hröðun hafa gagnstæð formerki þá minnkar hraði hlutarins.

Þyngdarhröðun

Hröðun hlutar í frjálsum falli við yfirborð jarðar er alltaf sú sama. Með frjálsum falli er átt við fall án mótstöðu eða núnings, þar með talið loftmótstöðu. Þessi hröðun kemur því ekki fram í venjulegu falli heldur verður það að vera í lofttæmi. Ef hluturinn fellur í lofti þ.a. á hann verkar loftmótstaða, ræðst hröðunin af mismun þyngdarkraftsins sem á hlutinn verkar og loftmótstöðunnar.

Í lofttæmi verður hröðunin alltaf sú sama og er:

$$g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Stærð þyngdarhröðunar við yfirborð jarðar ræðst af massa jarðar og radíus. Á öðrum hnöttum verður þyngdarhröðunin önnur eins og sjá má af töflunni hér til hliðar.

Hnöttur	Massi (kg)	Radíus (km)	Þyngdarhröðun (m/s^2)
Jörð	$5,97 \cdot 10^{24}$	6378	9,81
Tunglið	$7,16 \cdot 10^{22}$	1738	1,57
Merkúr	$3,34 \cdot 10^{23}$	2439	3,73
Venus	$4,87 \cdot 10^{24}$	6052	8,93
Mars	$6,39 \cdot 10^{23}$	3393	3,83
Júpiter	$1,90 \cdot 10^{27}$	71398	26,9
Satúrnus	$5,69 \cdot 10^{26}$	60000	11,5
Sólin	$1,99 \cdot 10^{30}$	696000	274

Ef hröðun er mikil getur hún haft mikil áhrif á líkamann. Flest höfum við fundið fyrir vægum áhrif hröðunar, í lyftum, bíl sem tekur af stað eða flugvél sem hefur sig til flugs af flugbraut. Ef hröðunin er mikil og langvarandi getur hún leitt til meðvitundarleysis, vegna blóðskorts í heila eða jafnvel dauða. Flugmenn á hraðfleygum flugvélum upplifa í dýfum eða kröppum beygjum margfalda þyngdarhröðun jarðar. Ef hún nær því að verða 6g (sexföld þyngdarhröðun) geta menn lent í því að missa meðvitund. Hröðun sem nær 10g og varir í 1 s eða meira getur dregið menn til dauða. Hins vegar geta menn þolað allt að 100g í 0,1 s eða skemmri tíma.