

Gravitācijas likums

Kas ir gravitācija? **Visi ķermeņi**, lai kur tie atrastos — uz Zemes, Saules sistēmā vai Visumā — **savstarpēji pievelkas**. Šo pievilkšanos sauc par **gravitāciju**. Pievilkšanās spēku sauc par gravitācijas spēku. Saules gravitācijas ietekmē veidojusies Saules sistēma un notiek visu Saules sistēmas ķermeņu (planētu, komētu, asteroīdu u.c.) kustība ap Sauli. Gravitācijas mijiedarbība pastāv arī starp Mūsu Galaktiku un citām galaktikām Visumā. Zemes gravitācija ir cēlonis tam, ka visi virs Zemes pacelti ķermeņi krīt zemē — virzienā uz Zemi. **Kad runā par gravitācijas spēku, kas darbojas uz Zemes, tad parasti saka — Zemes gravitācijas spēks vai arī — Zemes pievilkšanas spēks**. Zemes pievilkšanas spēka dēļ ķermeņi ar savu svaru darbojas uz atbalsta virsmām un nostiepj piekares. Virs Zemes pacelts ķermenis brīvi krīt Zemes pievilkšanas spēka iedarbībā. Arī Zemes mākslīgo pavadoņu un vienīgā dabiskā Zemes pavadoņa Mēness kustību nosaka Zemes pievilkšanas spēks.

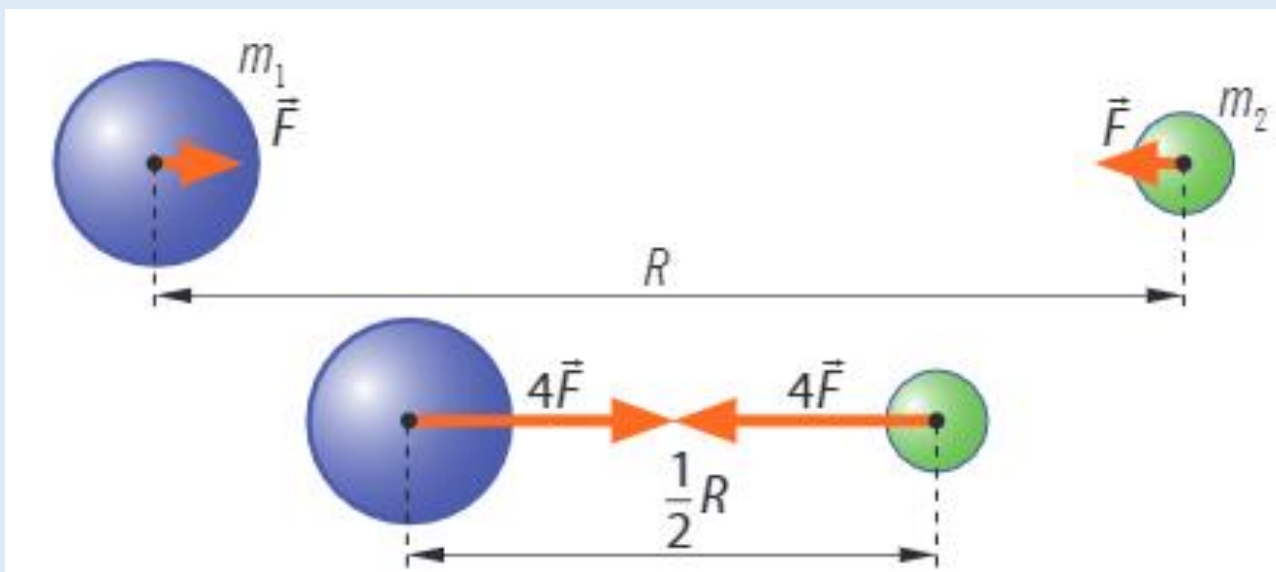
Gravitācijas spēka iedarbībā ķermeņi krīt paātrināti virzienā uz Zemi. Zemes virsmas tuvumā brīvās krišanas paātrinājums ir $9,8 \text{ m/s}^2$.

Savukārt, ja ķermenis atrodas uz atbalsta vai ir iekārts saitē, tas ar savu svaru P spiež uz atbalstu vai nostiepj saiti. Šādā gadījumā ķermeņa svaru aprēķina, tā masu sareizinot ar brīvās krišanas paātrinājumu: $P = mg$.

Tiklīdz cilvēks **brīvi krīt, tas ir bezsvara stāvoklī**.

Ķermeņa **masa** ir nemainīgs katra ķermeņa raksturlielums.

Lai starp ķermeņiem pastāvētu gravitācijas mijiedarbība, tiem nav nepieciešams saskarties. Ķermeņi var atrasties jebkurā attālumā R viens no otra. Gravitācijas spēka lielums nav atkarīgs ne no ķermeņu vielas, ne no ķermeņu lieluma vai formas. To nosaka tikai **ķermeņu masa m un to savstarpējais attālums R** .



Izrādās, ka gravitācijas spēks ir lielāks, ja lielākas ir ķermeņu masas. Tajā pašā laikā gravitācijas spēks strauji samazinās, palielinoties attālumam R starp ķermeņiem.

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$$

m_1, m_2 — ķermeņu masas
 F — gravitācijas spēks
 R — attālums starp ķermeņu masas centriem
 G — gravitācijas konstante
 $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$

Divi ķermeņi savstarpēji pievelkas ar spēku, kas ir proporcionāls abu ķermeņu masu reizinājumam un apgriezti proporcionāls ķermeņu savstarpējā attāluma kvadrātam.

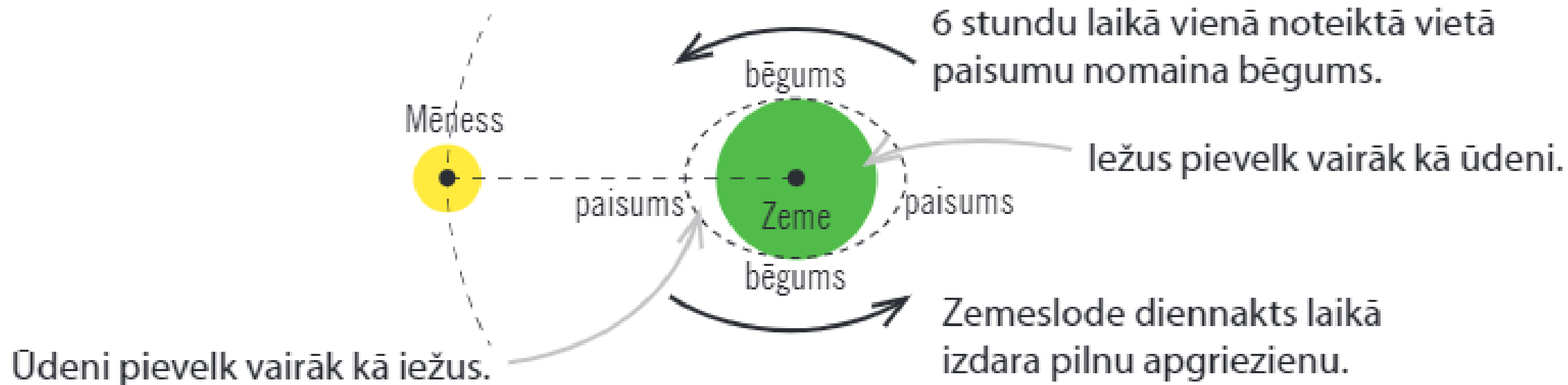
Gravitācijas mijiedarbība pastāv arī **starp diviem cilvēkiem**, kas atrodas uz Zemes, lai gan tieši nav novērojama. Tas ir **tādēļ**, ka cilvēku masa ir ļoti maza salīdzinājumā ar Zemes masu. **Starp Zemi un cilvēku darbojas ievērojami lielāks gravitācijas spēks** nekā starp diviem cilvēkiem. Tas darbojas pa taisni, kas savieno Zemes masas centru un cilvēka masas centru. Gravitācijas mijiedarbība ir abpusēja: ar cik lielu spēku Zeme pievelk cilvēku, ar tikpat lielu spēku cilvēks pievelk Zemi.

Ap katru ķermeni pastāv gravitācijas lauks. Ķermeņa masa ir gravitācijas lauka avots.

Saules masa ir miljoniem reižu lielāka par Zemes un citu planētu masu, tāpēc Saules gravitācijas lauks nosaka visu Saules sistēmas ķermeņu kustību. Saule Zemi pievelk ar milzīgu spēku

Tāču skaidrs, ka Saules gravitācijas “saite”, ar ko tā notur Zemi orbītā, ir ļoti stipra. Zemei tuvākais debess ķermenis ir tās dabīgais pavadonis Mēness. Mēness masa ir aptuveni 80 reižu mazāka par Zemes masu un, tātad, tikpat reižu vājāks ir Mēness gravitācijas lauks. Mēness gravitācijas un Zemes diennakts rotācijas mijiedarbības izraisīta parādība ir plūdmaiņas — paisumi un bēgumi.

Kāpēc rodas paisumi un bēgumi?



Mēness gravitācijas lauks uz Zemes izraisa paisumus un bēgumus.

Brīvās krišanas paātrinājums

Aplūkosim planētu, uz kuras dzīvojam — Zemi. Jebkuru ķermeni, kura masa m , Zeme pievelk ar spēku

$$F = G \frac{M_z m}{R^2}$$

$$a = \frac{F}{m}$$

$$a = g = \frac{F}{m} = G \frac{M_z}{R^2}$$

$$g = G \frac{M}{R^2}$$

. Visi ķermeņi uz planētas bezgaisa telpā krīt vienādi paātrināti ar **brīvās krišanas paātrinājumu** g

$$\begin{aligned} M & \text{— planētas masa} \\ R & \text{— planētas rādiuss} \\ G & = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \end{aligned}$$

Brīvās krišanas paātrinājumu uz citām Saules sistēmas planētām un to pavadoņiem nosaka planētas **masa** un **rādiuss**.

$$\text{Uz Mēness } g = 1,62 \text{ m/s}^2$$

Mēness pievelk Zemi tik pat stipri, kā Zeme Mēnesi. Bet Zemei ir 81 reizi lielāka masa nekā Mēnesim, tādēļ Zemei piemīt daudzreiz lielāka inerce. Ievērojot 2. Ņūtona likumu var secināt, ka ar vienādu spēku Zemi ir daudz grūtāk izkustināt no sākotnējās trajektorijas nekā Mēnesi, tādēļ **Mēness riņķo apkārt Zemeslodei.**

| Debesu ķermenis | Brīvās krišanas paātrinājums, m/s^2 | Diametrs, km | Attālums līdz Saulei, miljoni km | Masa, kg | Masas attiecība pret Zemi |
|-----------------|---------------------------------------|--------------|----------------------------------|----------------------|---------------------------|
| Merkurs | 3,7 | 4878 | 58 | $3,3 \cdot 10^{23}$ | 0,055 |
| Venēra | 8,87 | 12103 | 108 | $4,9 \cdot 10^{24}$ | 0,82 |
| Zeme | 9,8 | 12 756,28 | 150 | $6,0 \cdot 10^{24}$ | 1 |
| Mars | 3,7 | 6794 | 228 | $6,4 \cdot 10^{23}$ | 0.11 |
| Jupiters | 24,8 | 142984 | 778 | $1,9 \cdot 10^{27}$ | 317,8 |
| Saturns | 10,4 | 120536 | 1427 | $5,7 \cdot 10^{26}$ | 95 |
| Urāns | 8,87 | 51118 | 2871 | $8,7 \cdot 10^{25}$ | 14,4 |
| Neptūns | 10,15 | 49532 | 4498 | $1,02 \cdot 10^{26}$ | 17,1 |
| Plutons | 0,66 | 2390 | 5906 | $1,3 \cdot 10^{22}$ | 0,0022 |
| Mēness | 1,62 | 3473,8 | 0,3844 (līdz Zemei) | $7,35 \cdot 10^{22}$ | 0,0123 |
| Saule | 274,0 | 1391000 | - | $2 \cdot 10^{30}$ | 332900 |

Kosmiskie ātrumi

Lai pavadoņi varētu atrasties noteiktā orbītā ap masīvāku ķermeni, tad pavadoņiem ir jāpārvietojas ar noteiktu ātrumu. Ja ātrums būs pārāk liels, tad pavadoņi aizlidos prom no orbītas. Bet ja ātrums būs pārāk mazs, tad pavadoņi gravitācijas dēļ nokritīs uz masīvāka ķermeņa.

Pavadoņa orbitālais kustības ātrums ir atkarīgs no masīvā debesu ķermeņa masas un orbītas attāluma attiecībā pret masīvā ķermeņa masas centru. Orbitālā kustības ātruma aprēķinu formulu var iegūt, apvienojot vispasaules gravitācijas likuma formulu un rotācijas kustības formulas

Pavadoņa orbitālo kustības ātrumu sauc par **pirmo kosmisko ātrumu**, kuru aprēķina

$$v_1 = \sqrt{G \cdot \frac{m_{pl}}{R_0}}$$

v_1 - pirmais kosmiskais ātrums, m/s;

G - gravitācijas konstante, $G = 6,6720 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2}$;

m_{pl} - planētas vai zvaigznes, ap kuru rotē pavadoņi, masa, kg;

R_0 - planētas vai zvaigznes, ap kuru rotē pavadoņi, rādiuss, m.

$$v_1 = \sqrt{G \cdot \frac{m_Z}{R_Z}} = \sqrt{6,672 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5,976 \cdot 10^{24}}{6378140}} = 7906 \frac{m}{s} = 7,91 \frac{km}{s}$$

Lai raķete vai mākslīgais pavadonis varētu pārvietoties pa orbītu ap Zemi tam ir jāsasniedz **pirmais kosmiskais ātrums** - $\sim 7,9$ km/s.

Lai raķete varētu izlidot no Zemes orbītas, tad tai ir jāsasniedz **otrais kosmiskais ātrums**.

Otrais kosmiskais ātrums ir apmēram 1,4 reizes lielāks nekā pirmais kosmiskais ātrums un to aprēķina pēc formulas

$$v_2 = \sqrt{2} \cdot v_1 \text{ jeb izvērstā veidā } v_2 = \sqrt{2G \cdot \frac{m_{pl}}{R_0}}$$

Otrais kosmiskais ātrums Zemes tuvumā ir vienāds ar **11,19** km/s.

Lai cilvēka radītā raķete vai cita iekārta spētu izkļūt laukā no Saules sistēmas, tad tai ir jāpārvar Saules gravitācija un jāsasniedz **trešais kosmiskais ātrums**.

Trešo kosmisko ātrumu aprēķina attiecībā pret Sauli

$$v_3 = \sqrt{2G \cdot \frac{m_S}{R_S}}$$

Trešais kosmiskais ātrums Zemes tuvumā ir **16,7** km/s

Ķermeņa **masa** ir atkarīga no molekulu un atomu daudzuma ķermenī un to apzīmē ar "m" mēra kilogramos **kg**. Bet **svars** ir spēks ar kādu ķermenis iedarbojas uz citiem ķermeņiem gravitācijas rezultātā, un to apzīmē ar "P" un mēra Ņūtonos **N**.

Ķermeņa svaru mēs izjūtam. kad cenšamies ķermeni pacelt vertikāli augšup, bet ķermeņu masu mēs izjūtam kā inerci, kad tiecamies ķermeni izkustināt no vietas.

Ķermeņa svars ir spēks, ar kuru ķermenis spiež uz virsmu vai nostiepj iekari, kad tajā karājas.

Ķermeņa svars uz Zemes ir vienāds ar smaguma spēku, ja ķermenis atrodas miera stāvoklī vai vienmērīgā taisnvirziena kustībā. Ja ķermenis atrodas paātrinātā kustībā, tad ķermeņa svars un smaguma spēka vērtība var arī atšķirties.

Ķermeņa svaru parēķina pēc formulas **$P = m \cdot g$**

Tātad ķermeņa svaru var noteikt gravitācijas laukā tikai tad, kad ķermenis neatrodas bezsvara stāvoklī.

Saules sistēmā ir astoņas planētas un katrai planētai ir savs brīvās krišanas paātrinājums. Tas nozīmē, ka uz katras no planētām vienam un tam pašam ķermenim, būs atšķirīgs svars.

Uz Zemes brīvās krišanas paātrinājums ir 6 reizes lielāks nekā uz Mēness, tādēļ kosmonauta svars uz Mēness būs 6 reizes mazāks nekā uz Zemes.

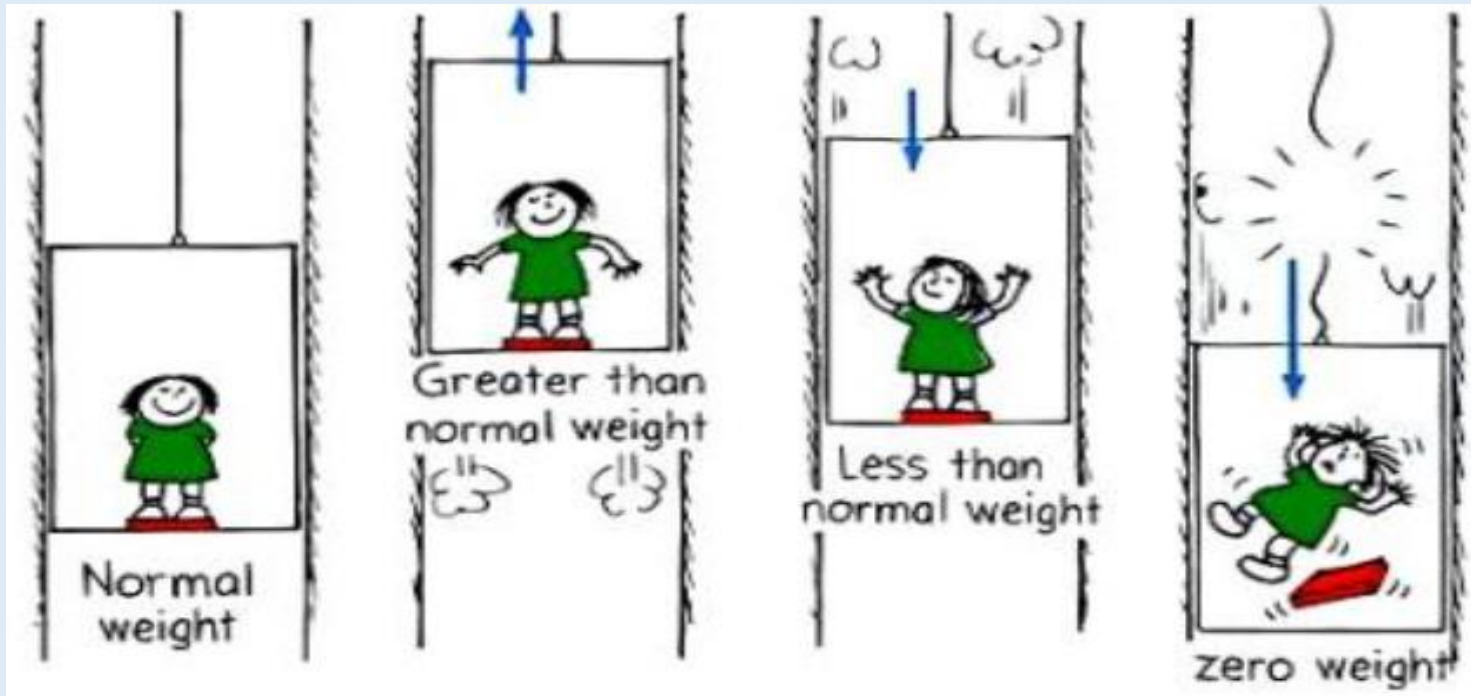
Ja ar mums pierastiem svāriem kosmonautu nosvērtu uz Mēness, tad svaru ciparnīca nerādītu 120 kg, bet gan tikai 20 kg.



| Debesu ķermenis | Brīvās krišanas paātrinājums, m/s ² |
|-----------------|--|
| Merkurs | 3,7 |
| Venēra | 8,87 |
| Zeme | 9,8 |
| Mars | 3,7 |
| Jupiters | 24,8 |
| Saturns | 10,4 |
| Urāns | 8,87 |
| Neptūns | 10,15 |
| Plutons | 0,66 |
| Mēness | 1,62 |
| Saule | 274,0 |

Ja ķermenis kustas paātrināti vertikālā virzienā, tad rodas ķermeņa svara izmaiņas.

- 1) Ja lifts ir nekustīgs vai vienmērīgi kustas, tad paātrinājums ir vienāds ar nulli. Šajā gadījumā cilvēka **svars** ir normāls un vienāds ar smaguma spēku un to aprēķina šādi **$P = m \cdot g$**
- 2) Ja lifts kustas paātrināti uz augšu vai samazina savu ātrumu kustībā uz leju, tad paātrinājums ir vērsts uz augšu. Šajā gadījumā cilvēka **svars palielinās** un to aprēķina šādi **$P = m \cdot (g + a)$**
- 3) Ja lifts kustas paātrināti uz leju vai samazina savu ātrumu kustībā uz augšu, tad paātrinājums ir vērsts uz leju. Šajā gadījumā cilvēka **svars samazinās** un to aprēķina šādi **$P = m \cdot (g - a)$**
- 4) Ja cilvēks atrodas objektā, kurš brīvi krīt, tad kustības paātrinājums ir vērsts uz leju un ir vienāds ar brīvās krišanas paātrinājumu $a = g$. Šajā gadījumā cilvēka **svars** ir vienāds ar nulli **$P = 0$**



Bezvara stāvokli izjūt kosmonauti Orbitālajā kosmiskajā stacijā, jo tā atrodas brīvā kritienā attiecībā pret Zemi. Orbitālā kosmiskā stacija nepārtraukti cenšas nokrist uz Zemi, bet tās kustības ātrums tik liels, ka tā vienmēr aizkrīt garām Zemei. Visi Zemes orbītā esošie ķermeņi atrodas brīvā kritienā, bet to kustības ātrums ir vienāds ar pirmo kosmisko ātrumu (7,91 km/s), tādēļ tie nevar nokrist uz Zemi.