

ლექცია 6

დინამიკა

ნიუტონის კანონები

მექანიკა

კინემატიკა



როგორ მოძრაობენ
სხეულები

დინამიკა



რატომ მოძრაობენ
სხეულები





დინამიკა

- Isaac Newton (1643 - 1727)

Principia Mathematica (1687). სამი მოძრაობის კანონი:

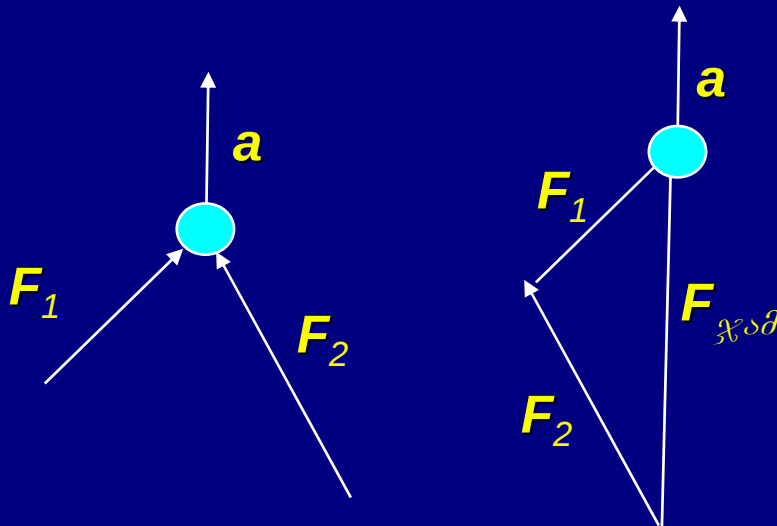
კანონი 1: სხეული უძრავია ან მოძრაობს მუდმივი სიჩქარით ათვლის ინერციულ სისტემაში თუ მასზე გარეშე ძალა არ მოქმედებს.

კანონი 2: $\mathbf{F}_{\text{ჯამური}} = \Sigma \mathbf{F} = m\mathbf{a}$

კანონი 3: $\mathbf{F}_{A,B} = -\mathbf{F}_{B,A}$

- რა არის ძალა ?

- ძალა არის სხეულებს შორის ურთიერთქმედების დამახასიათებელი სიდიდე.
- ძალა ვექტორია, რადგან აქვს როგორც სიდიდე ისე მიმართულება.
- შესაბამისად ძალების შეკრება ემორჩილება ვექტორების შეკრების კანონებს.

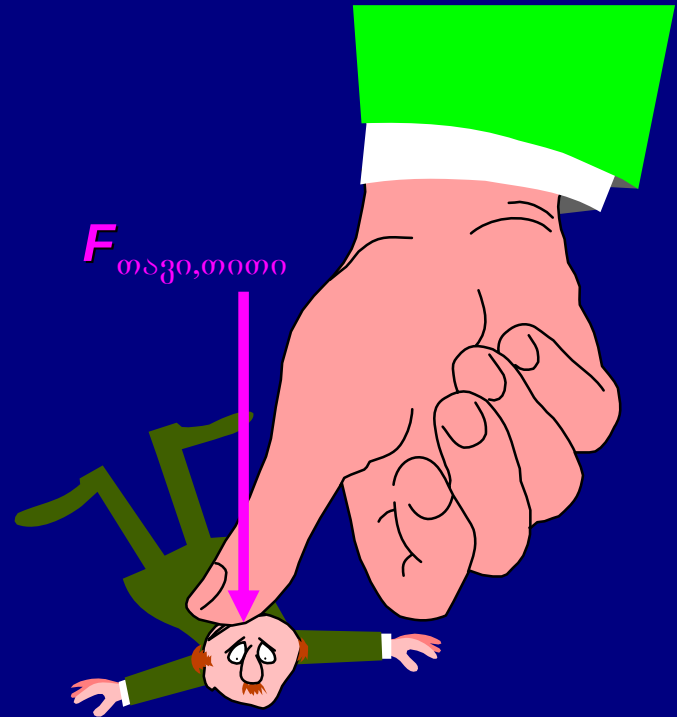


ძალა

- განვიხილავთ ორი სახის ძალას:
 - კონტაქტური ძალა:
 - » ყველაზე ნაცნობია ჩვენთვის:
 - სტუდენტი აწევა მერხს.
 - ბურთის დარტყმა...
 - ურთიერთქმედება მანძილზე:
 - » გრავიტაცია
 - » ელექტრომაგნიტური ურთიერთქმედება

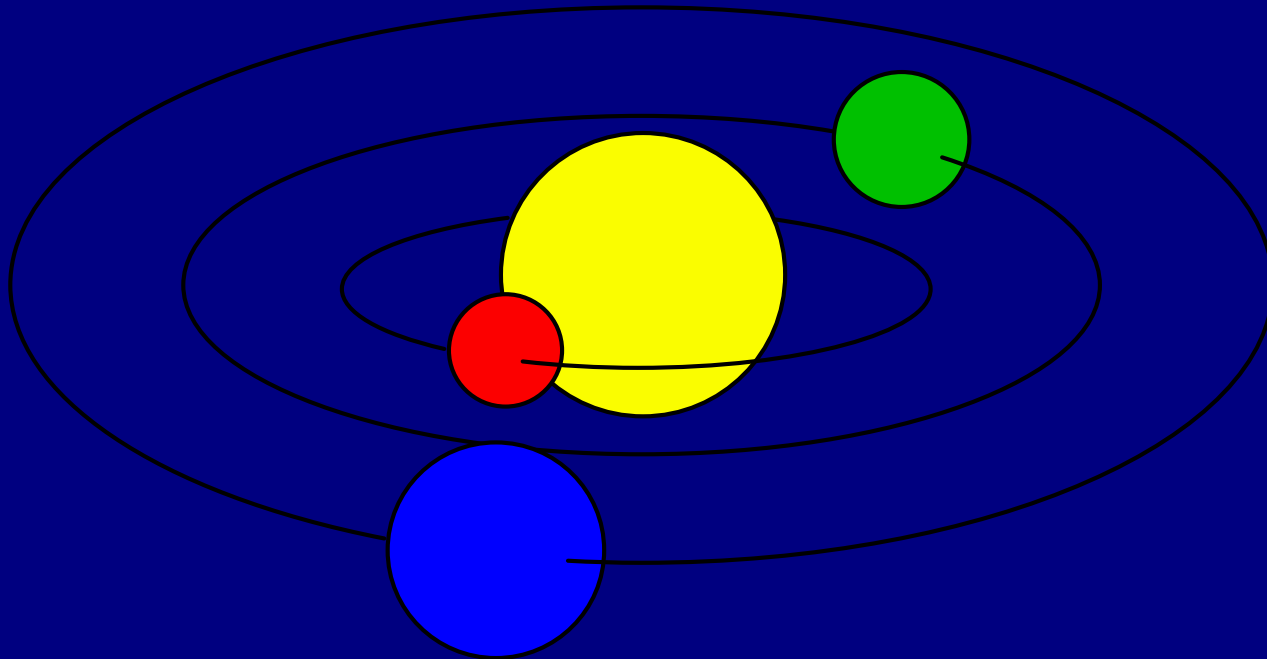
კონტაქტური ძალა:

- ჩნდება როცა სხეულები მოდიან კონტაქტში.
- აღნიშვნა : $F_{a,b}$ ნიშნავს ძალას რომელიც მოქმედებს a -ზე და გამოწვეულია b -თი

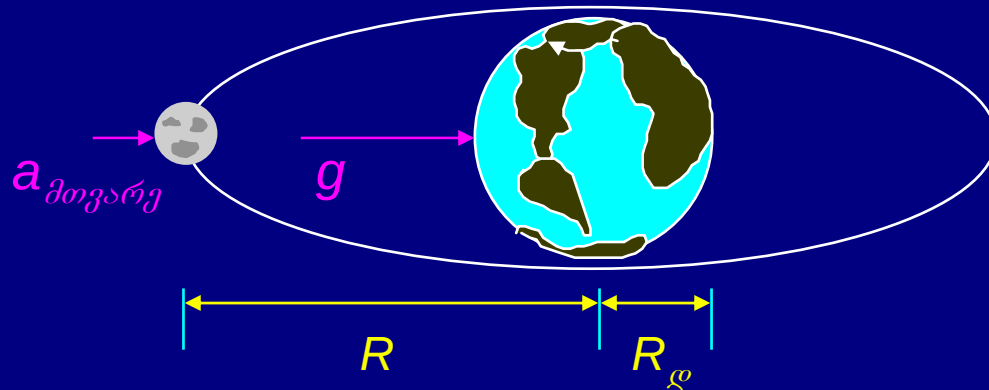


ურთიერთქმედება მანძილზე

- გრავიტაცია:



- ნიუტონმა შენიშნა, რომ $a_{\text{moon}} / g = 0.000278$
და $R_E^2 / R^2 = 0.000273$



- მსოფლიო მიზიდულობის კანონი:

$$|F_{Mm}| = GMm / R^2$$

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$$

ოთხი ფუნდამენტური ძალა (ურთიერთქმედება) ბუნებაში

1. ელექტრომაგნიტური
2. სუსტი (ელემენტარული ნაწილაკების
დაშლა)
3. ძლიერი (ბირთვებში)
4. გრავიტაცია

ნიუტონის პირველი კანონი

ინერციის კანონი

არისტოტელე მოძრაობის შესახებ

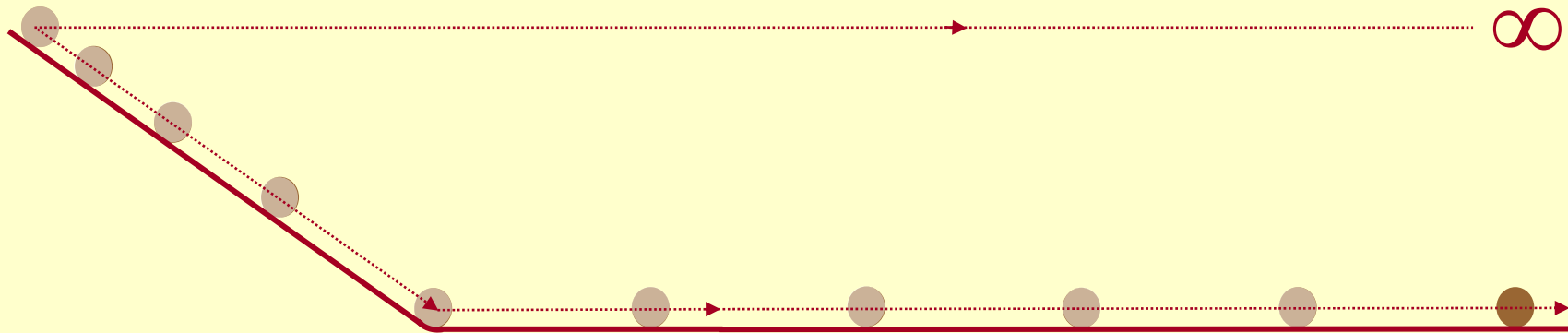
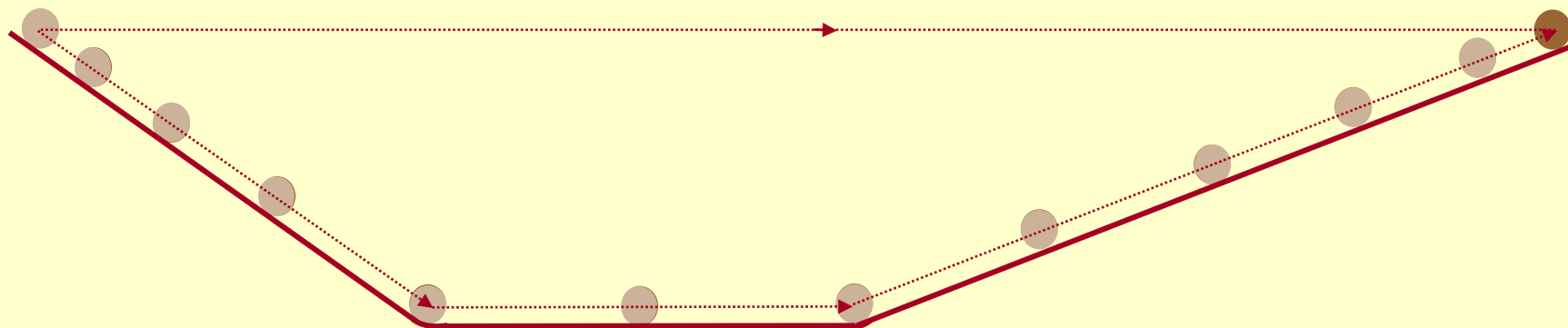
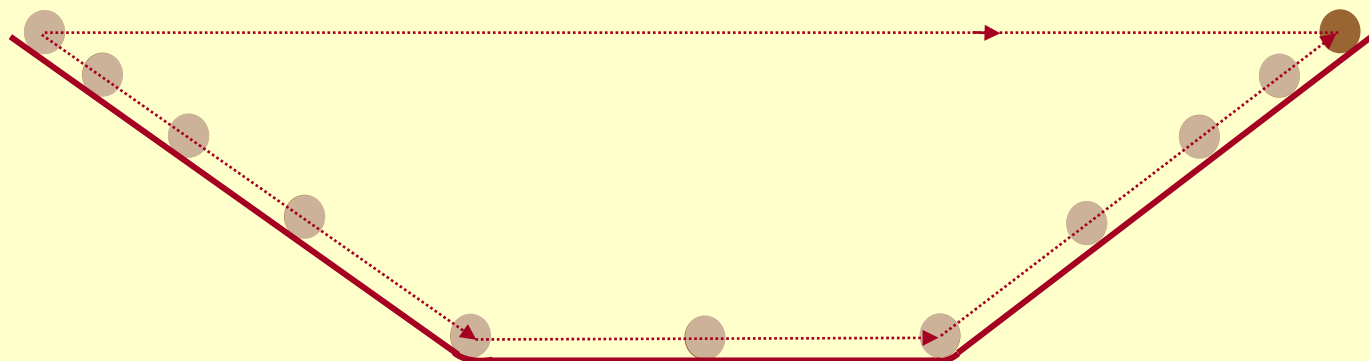
არისტოტელე ფიქრობდა, რომ
უძრაობა არის სხეულების
ბუნებრივი მდგომარეობა.

გალილეო გალილეიმ ეჭვქვეშ დააყენა
არისტოტელეს იდეები მოძრაობის შესახებ.

უძრაობა არ არის სხეულების ბუნებრივი
მდგომარეობა.

მან შემოიტანა ინერციის ცნება.

გალილეო ატარებდა ექსპერიმენტებს და
სწავლობდა სხეულების მოძრაობას დახრილ
სიბრტყეზე.



ნიუტონის პირველი კანონი

სხეული უძრავია ან მოძრაობს თანაბარი სიჩქარით ათვლის ინერციულ სისტემაში თუ მასზე მოქმედი ძალების ჯამი ნულის ტოლია.

➤ აჩქარება არ არსებობს თუ არ მოქმედებს ძალა.

ნიუტონის პირველი კანონი მართებულია მხოლოდ ინერციულ ათვლის სისტემაში !

მაგალითი: მანქანა და წიგნი.

ინერცია

ინერცია არის სხეულის თვისება წინააღმდეგობა გაუწიოს მისი სიჩქარის ცვლილებას.

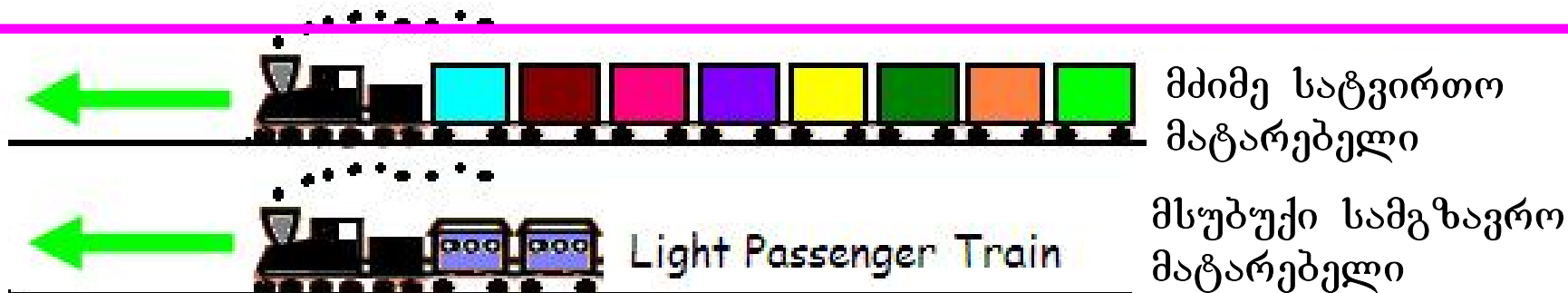
სხეულის ინერციულობას განსაზღვრავს მისი მასა. რაც უფრო დიდია სხეულის მასა მით უფრო ძნელია მისი სიჩქარის ცვლილება.



ეს სხეულები არ დაიძვრებიან ადგილიდან სანამ მათზე არ იმოქმედებს ძალა.

უძრაობა არის თანაბარი მოძრაობის კერძო შემთხვევა როცა სიჩქარე $V=0$

რომელი მატარებლის გაჩერებაა უფრო ძნელი?



მძლავრი ლოკომოტივი დაძრავს ადგილიდან ვაგონებს. რადგან ვაგონები ძალიან დიდი მასის მქონეა, მათ აქვთ დიდი ინერცია და საჭიროა დიდი ძალა, რომ შეიცვალოს მათი სიჩქარე. ხოლო თუ ერთხელ აკრიფავენ სიჩქარეს, ასევე დიდი ძალაა საჭირო მათ გასაჩერებლად.

- თუ გოლფის
ბურთს
დავარტყამთ
ჯოხს და
მოვიყვანთ
მოძრაობაში, იგი
არასოდეს არ
უნდა გაჩერდეს
თუ მასზე სხვა
ძალებმა არ
იმოქმედა.

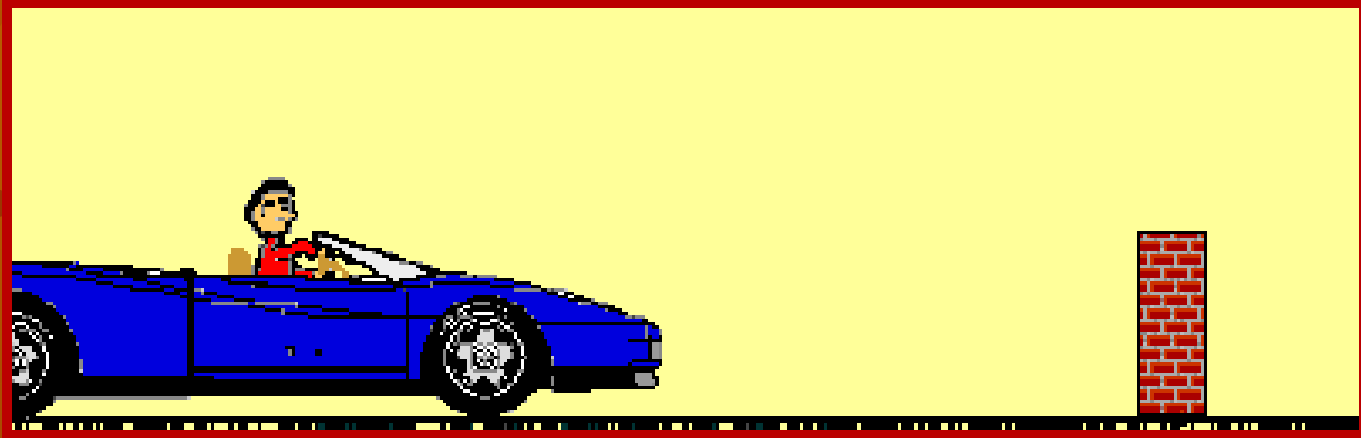


ეს ეწინააღმდეგება ჩვენს ყოველდღიურ
გამოცდილებას. რადგან ყველა
სხეულის მოძრაობა ნელდება და
საბოლოოდ უძრავი ხდება.

სინამდვილეში ეს ხდება იმის გამო,
რომ სხეულებზე მოქმედებს თვალით
უხილავი, მაგრამ რეალური ძალა,
რომელსაც ხახუნის ძალა ეწოდება.

ამ ძალას ჩვენ მომდევნო ლექციებზე
განვიხილავთ.

ნიუტონის პირველი კანონი და ინერცია



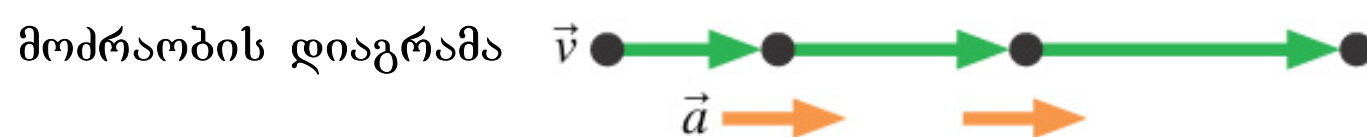
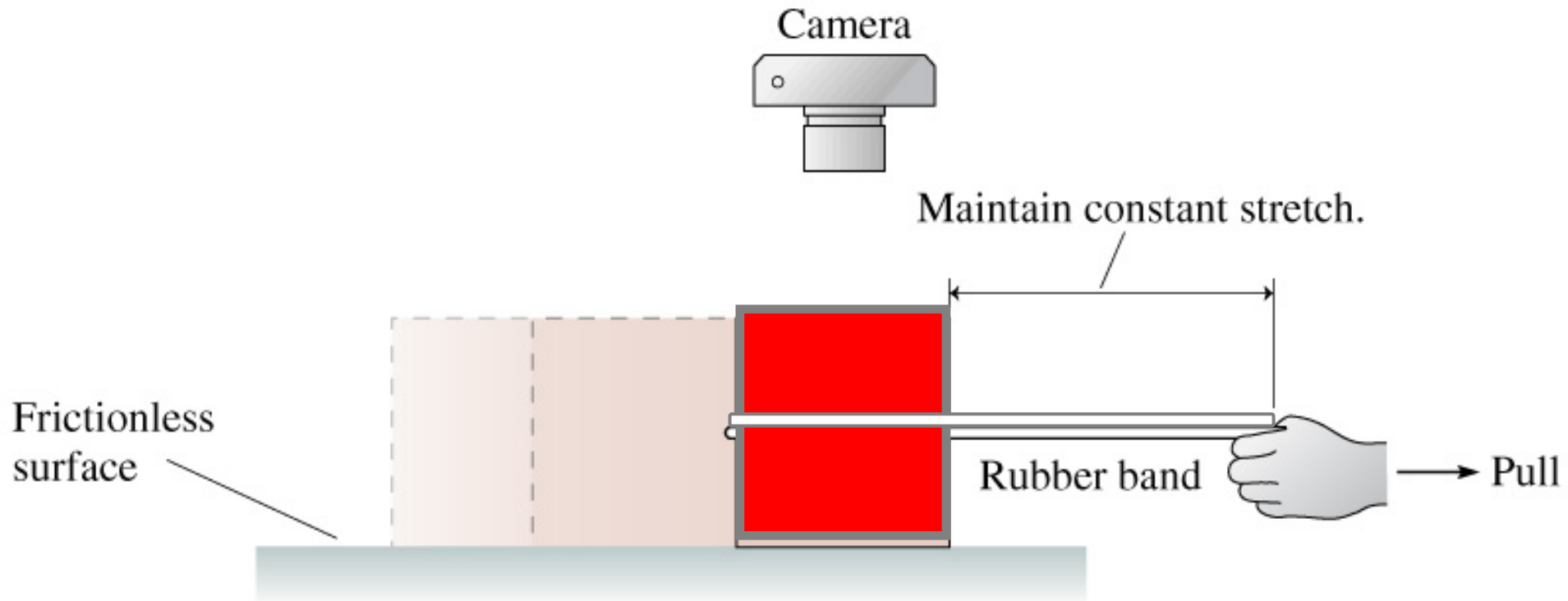
თუ მანქანა მოძრაობს 80 კმ/სთ სიჩქარით და შეეჯახება ბარიერს, მანქანაში მყოფი ადამიანი ინერციის გამო გააგრძელებს მოძრაობას 80 კმ/სთ სიჩქარით.

ეცადეთ არ აღმოჩნდეთ ამ მდგომარეობაში.
შეიკარით უსაფრთხოების ღვედები.

ნიუტონის მეორე კანონი

ნიუტონის პირველი კანონის თანახმად აჩქარება არ არსებობს ძალის გარეშე. უნდა დავადგინოთ როგორია რაოდენობრივი კავშირი აჩქარებასა ძალას შორის.

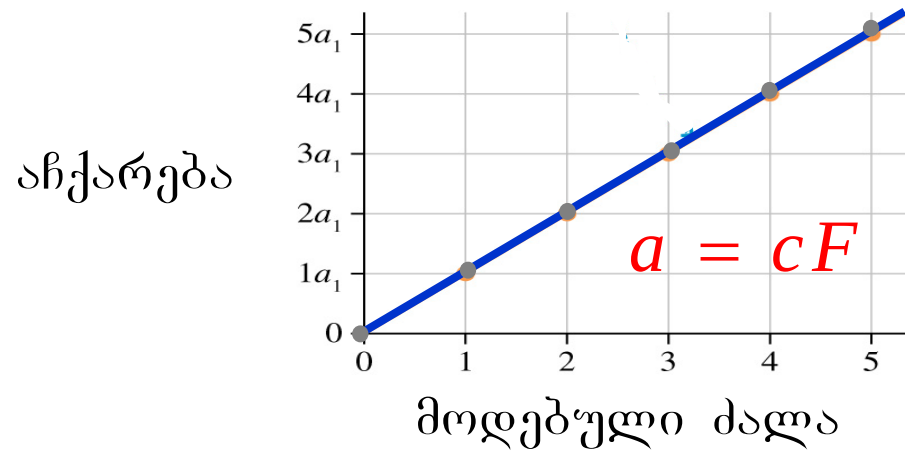
ჩავატაროთ ექსპერიმენტი: სხეული დევს ზედაპირზე რომლის ხახუნის კოეფიციენტი შეიძლება უგულებელყოთ. სხეულზე ვიმოქმედოთ მუდმივი ძალით.



პირველი დაკვირვება: სხეული მოძრაობს მუდმივი აჩქარებით თუ მასზე მოქმედებს მუდმივი ძალა.

ჩავატაროთ იგივე ექსპერიმენტი ძაღისა და სხეულის მასის სხვადასხვა მნიშვნელობისათვის.

მეორე დაკვირვება: სხეულის აჩქარება იზრდება მოდებული
ძაღის პროპორციულად.



მესამე დაკვირვება: სხეულის აჩქარება უკუპროპორციულია
სხეულის მასისა.

ნიუტონის მეორე კანონი

- ნებისმიერი სხეულისთვის:
 - აჩქარება **a** პროპორციულია სხეულზე მოქმედი ძალების ჯამისა და უკუპროპორციულია სხეულის მასისა. აჩქარება მიმართულია მოდებული ძალების ჯამის მიმართულებით.

$$\vec{a} = \vec{F}_{\text{ჯამ.}} / m \quad \longleftrightarrow \quad \vec{F}_{\text{ჯამ.}} = m\vec{a}.$$

$$\vec{F}_{\text{ჯამ.}} = \Sigma \vec{F}$$

ძალის ერთეულია $[M] \times [L / T^2] = \text{კგ} \cdot \text{მ} / \text{წმ}^2 = \text{ნ}$ (ნიუტონი)

ნიუტონის მეორე კანონი მართებულია მხოლოდ ინერციული ათვლის სისტემებისათვის.

ნიუტონის მეორე კანონი...

- ძალის კომპონენტები $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$:

$$F_x = ma_x$$

$$F_y = ma_y$$

$$F_z = ma_z$$

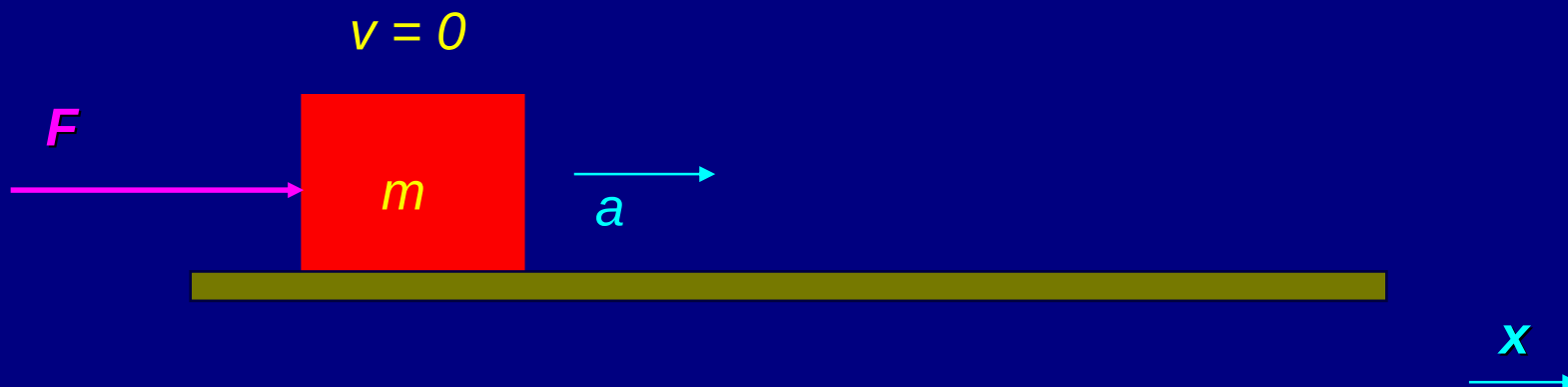
- თუ ვიცით m და F_x , ვიპოვით a_x და გამოვიყენებთ კინემატიკის კანონებს:

$$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{1}{2}a_xt^2$$

$$v_x = v_{0x} + a_xt$$

მაგალითი:

- ადამიანი მიასრიალებს მძიმე ყუთს (მასა $m = 100$ კგ) ყინულზე (ხახუნის ძალა უგულებელყოფილია). ძალა, რომლითაც მოქმედებს არის 50 N x მიმართულებით. ყუთის საწყისი სიჩქარე ნულია, როგორი იქნება სიჩქარე v , $d = 10$ მ გავლის შემდეგ?



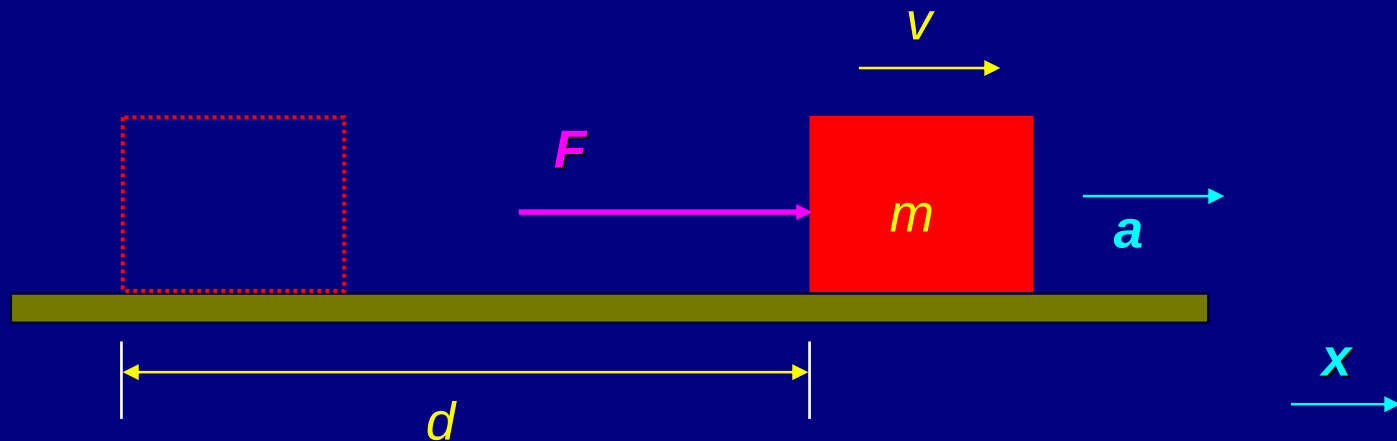
მაგალითი:

- $F = ma$.

- $a = F / m$.

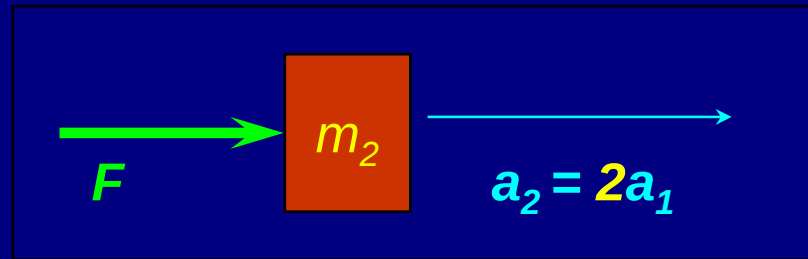
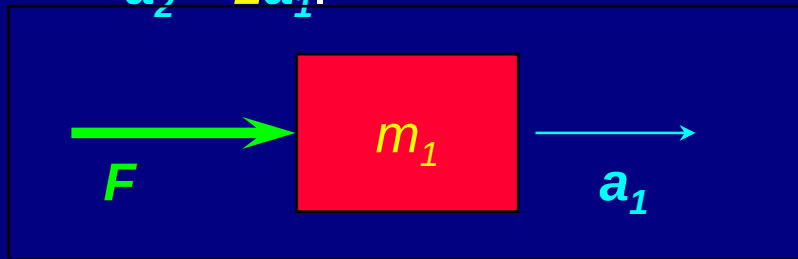
- გავიხსენოთ, რომ $v^2 - v_0^2 = 2a(x - x_0)$
ე.ი. $v^2 = 2Fd / m$

➔ $v = \sqrt{\frac{2Fd}{m}} = 3.2 \text{ მ/წმ}$

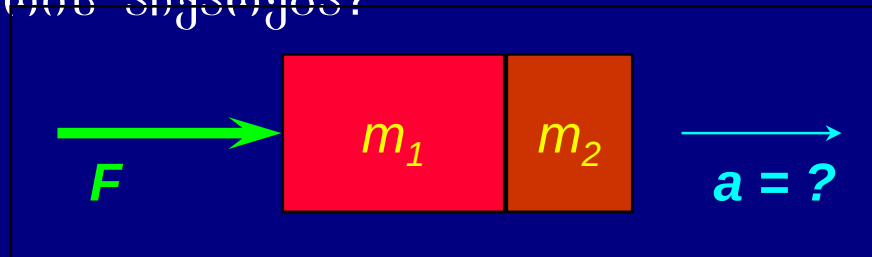


ძალა და აჩქარება

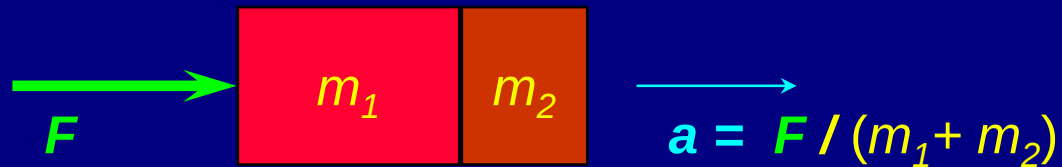
- ძალა F მოქმედებს მასაზე m_1 . ეს იწვევს აჩქარებას a_1 .
იგივე ძალა მოქმედებს მასაზე m_2 და იწვევს აჩქარებას $a_2 = 2a_1$.



- ეს ძალა მოქმედებს ორივე მასაზე m_1 და m_2 ერთდროულად.
რას უდრის აჩქარება?



ძალა და აჩქარება



- $a_2 = 2a_1$ იგივე ძალის მოქმედებისას $m_2 = (1/2)m_1$
 $\triangleright m_1 + m_2 = 3m_1/2$

- $a = (2/3)F / m_1$ $\longrightarrow$ $F/m_1 = a_1$

$\longrightarrow$ $a = 2/3 a_1$

ნიუტონის მესამე კანონი:

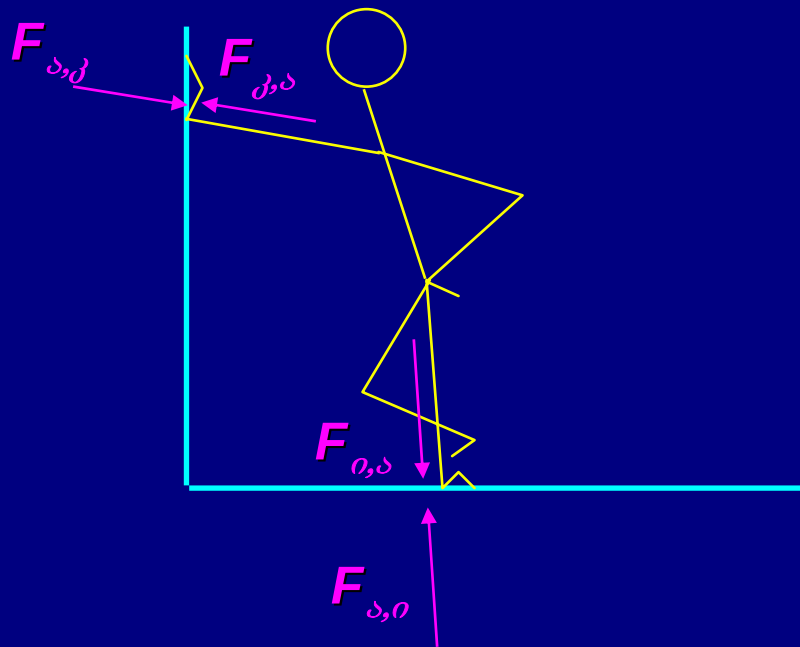
- თუ ერთი სხეული მოქმედებს მეორეზე რაღაც ძალით, მაშინ მეორე სხეულიც მოქმედებს პირველზე იგივე სიდიდის საპირისპირო მიმართულების მქონე ძალით.

ძალები ყოველთვის წყვილებად მოქმედებენ: $\mathbf{F}_{12} = -\mathbf{F}_{21}$.

- ყოველი ძალისთვის არსებობს მისი ტოლი და საპირისპირო მიმართულების ძალა. აქცია-რეაქცია.
- მაგალითად: მე ვაწვები კედელს, კედელი მაწვება მე. სტუდენტი აწვება სკამს, სკამი აწვება სტუდენტს.

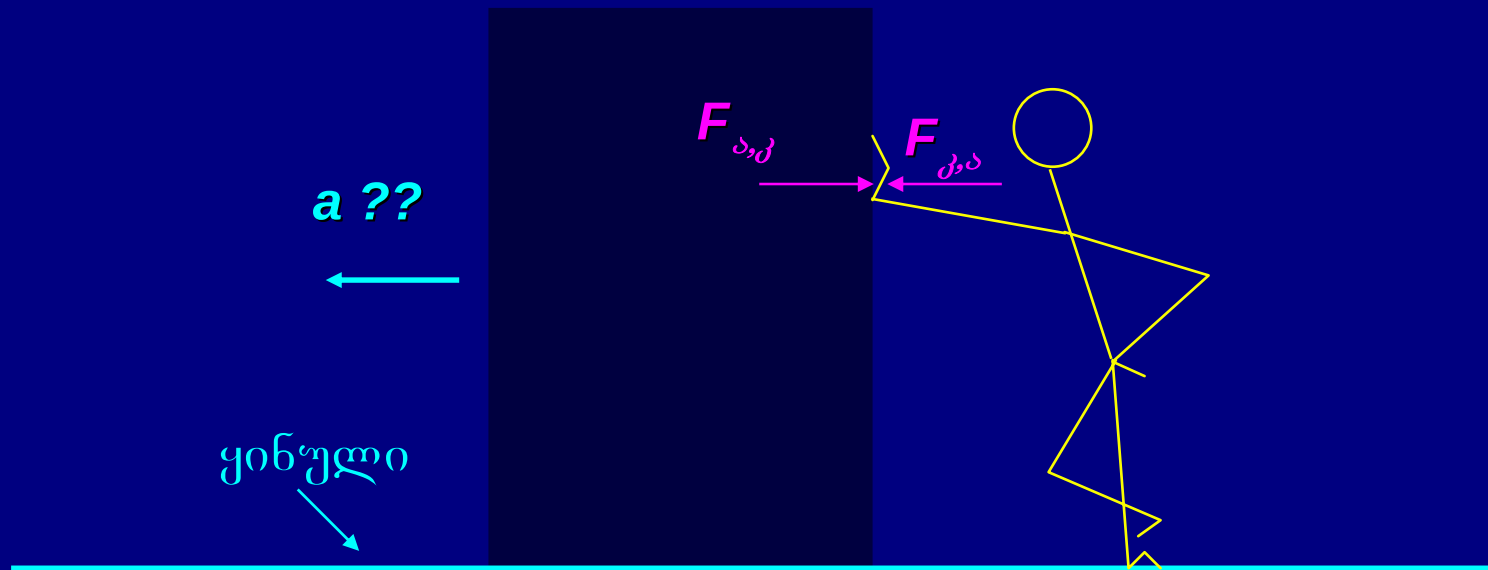
ნიუტონის მესამე კანონი...

- $\mathbf{F}_{A,B} = -\mathbf{F}_{B,A}$. ეს რატომუნდა მართებულია ასევე კონტაქტური ძალების შემთხვევაში:



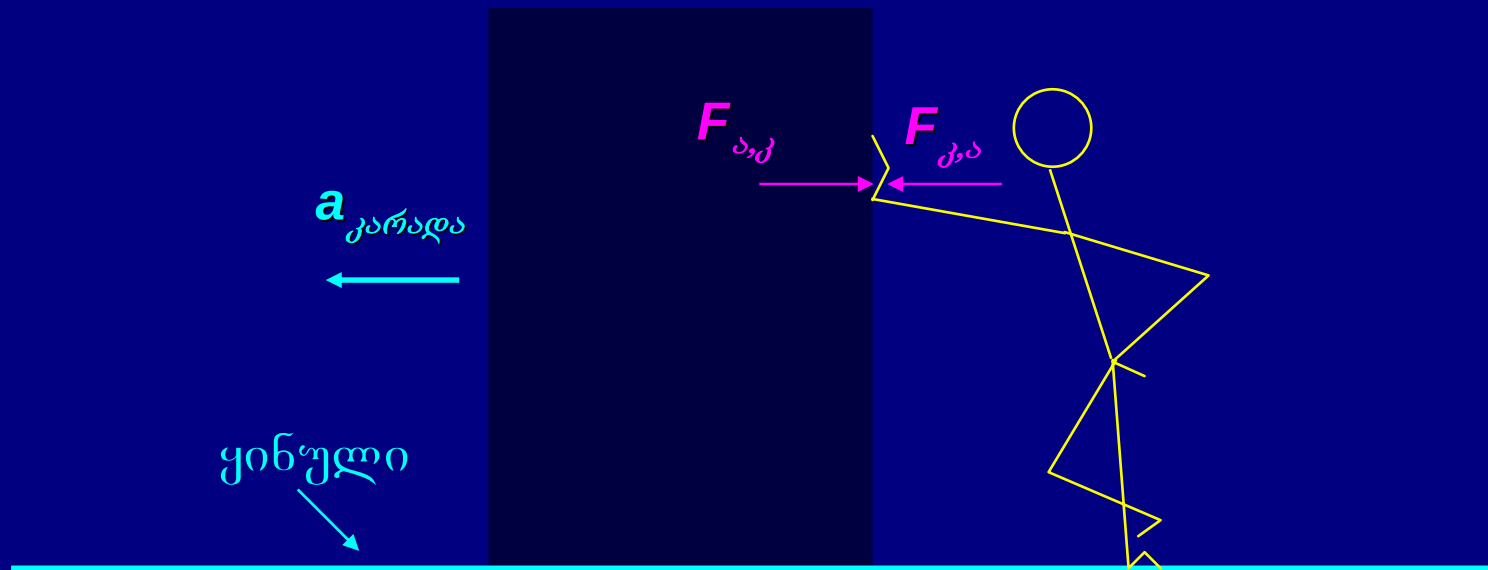
მცდარი მსჯელობის მაგალითი

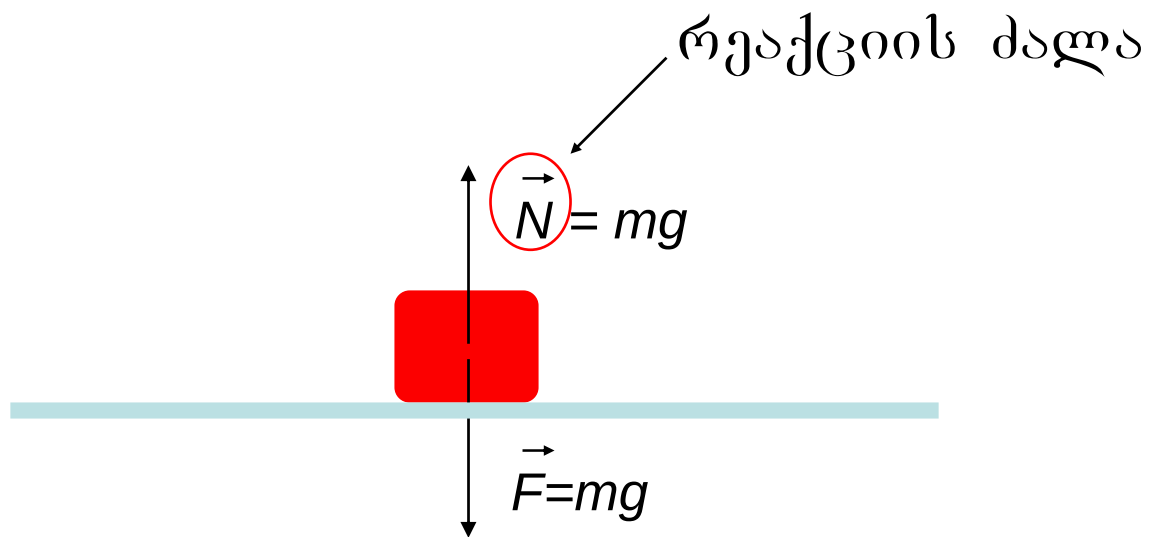
- რადგან $F_{აბ} = -F_{ბა}$, რატომ არ არის $F_{ჯამ} = 0$ and $a = 0$?



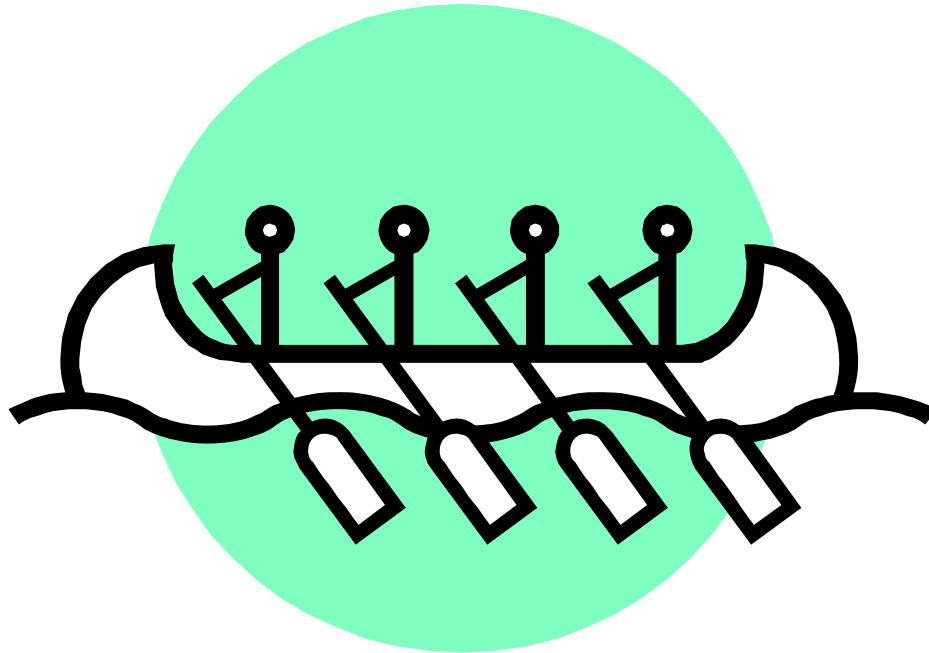
სწორი მსჯელობა

- განვიხილოთ მხოლოდ კარადა და მასზე მოქმედი ძალები!
 - $F_{\text{კარადა}} = ma_{\text{კარადა}} = F_{\text{კა}}$
 - ძალების დიაგრამა (განვიხილათ მოგვიანებით)



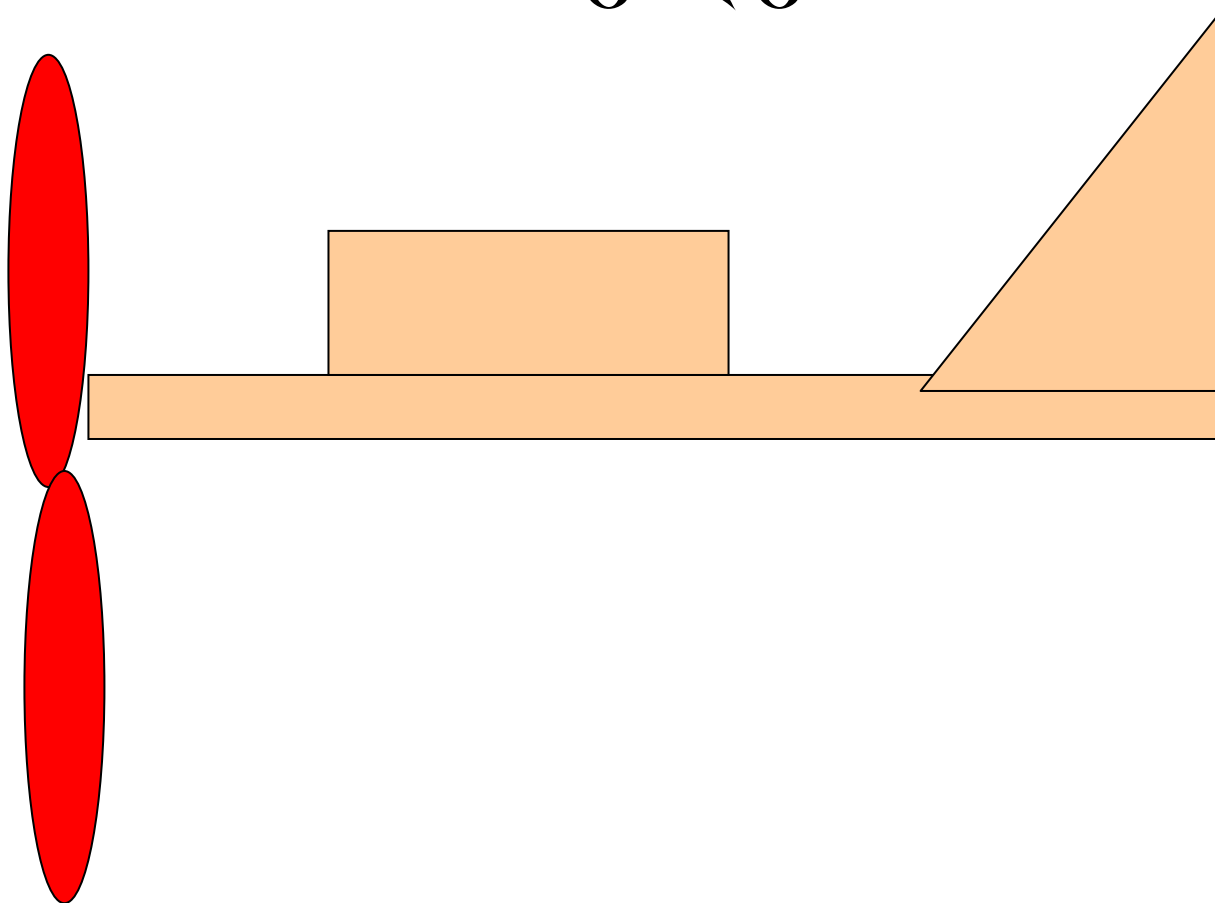


წყალს აწვებიან
ნიჩბებით...

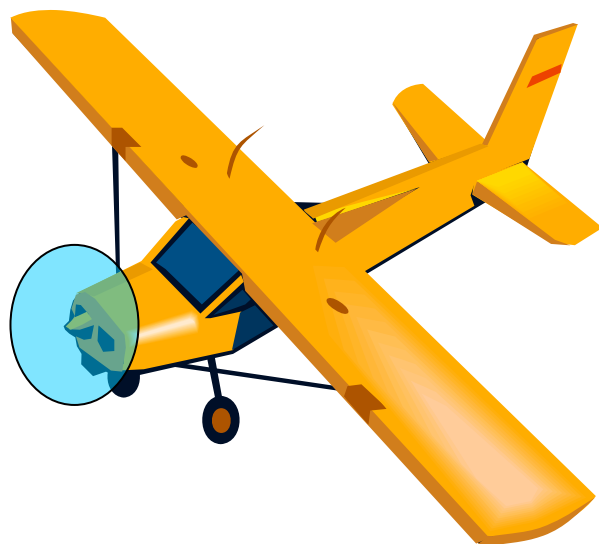


წყალი აწვება ნიჩბებს
საპირისპირო მიმართულებით
და ნავი მიდის წინ

როგორ მუშაობს პროპელერი?

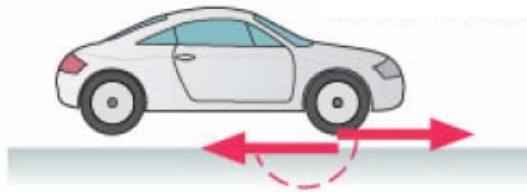


პროპელერი აწვება ჰაერს...



ჰაერი აწვება პროპელერს და მასთან
ერთად თვითმფრინავს
საწინააღმდეგო მიმართულებით და
თვითმფრინავი მიდის წინ

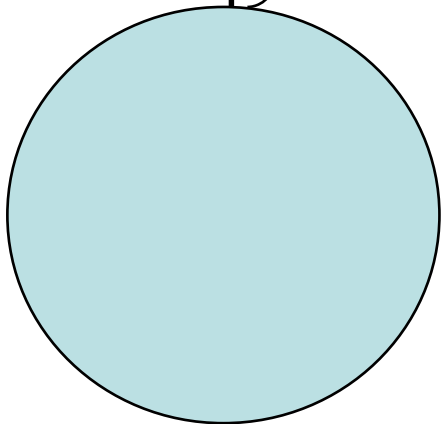
ნიუტონის მესამე კანონის მოქმედების მაგალითები:



ვაშლი და დედამიწა



$h=100\text{მ.}$



$$m_{\text{ვაშლი}} = 0.5 \text{ კგ}$$

$$m_{\text{დედ.}} = 6 \cdot 10^{24} \text{ კგ}$$

$$h = 100 \text{ მ.}$$

$$h = \frac{1}{2} g t^2; t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{20} \approx 4.5 \text{ წმ.}$$

$$F_{\text{ვაშ. დედ.}} = m g = 56.$$

$$a_{\text{დედ.}} = \frac{F_{\text{ვაშ.}}}{M_{\text{დედ.}}} = \frac{56.}{6 \cdot 10^{24} \text{ კგ}} \approx 8 \cdot 10^{-25} \text{ მ/წმ}^2$$

დედამიწის გადაადგილება :

$$d_{\text{დედ.}} = \frac{1}{2} a_{\text{დედ.}} t^2 \approx 8 \cdot 10^{-24} \text{ მ}$$

