



*ივანე ჯავახიშვილის ხელმოწერის  
სამართლის ხელშეწყობის  
აქტივებისთვის*

# ფიზიკის შესავალი

## ლექცია 5

ნიუტონის კანონები

## წინა ლექციაში

მოდრაობა ორ ან მეტ განზომილებაში  
რადიუს ვექტორი

აჩქარების მრუდწირული მოძრაობისას  
თანაბარი წრიული მოძრაობა

ჰორიზონტისადმი კუთხით გასროლილი  
სხეულის მოძრაობა

## სხეულების მოძრაობა

რა არის სხეულის მოძრაობის მიზეზი?

რატომ მოძრაობს ბურთულა დახრილ სიბრტყეზე, მაშინ როდესაც ჰორიზონტალურ სიბრტყეზე ის უძრავია?

რატომ შეიძლება მშრალ გზაზე უფრო სწრაფად მოხვევა სველ გზასთან შედარებით?

რატომ ირხევა ზამბარაზე ჩამოკიდებული ტვირთი?

# კინემატიკა და დინამიკა

## კინემატიკა

სხეულების მოძრაობის აღწერა;  
(სიჩქარე, აჩქარება, ტრაექტორია)

## დინამიკა

სხეულების მოძრაობისა და ამ მოძრაობის  
გამომწვევი მიზეზების აღწერა;  
(სიჩქარე, აჩქარება + მასა, ძალები)

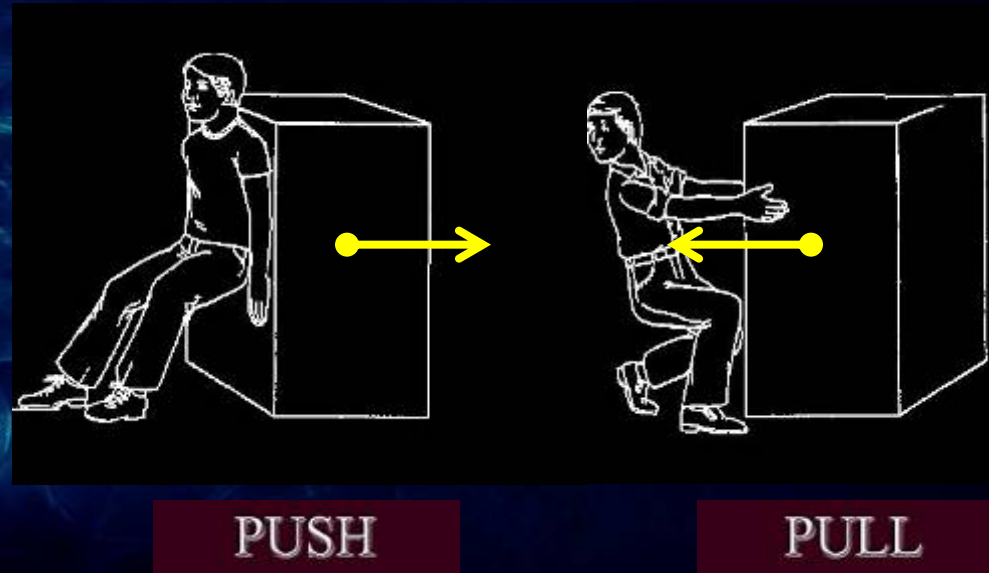
# ძალა

სხეულზე მოდებული ძალა აღწერს ორი სხეულის ან სხეულისა და გარემოს შორის ურთიერთქმედებას

## ძალა ვექტორული სიდიდეა

რა ძალით  
ვაწვებით სხეულს?

რა მიმართულებით  
ვაწვებით სხეულს?



## ძალის ტიპები

სხვადასხვა ფიზიკური ფაქტორი იწვევს სხვადასხვა ტიპის ძალის ზემოქმედებას სხეულზე

მექანიკური ძალების ძირითადი ტიპები:

სიმძიმის ძალა

ხახუნის ძალა

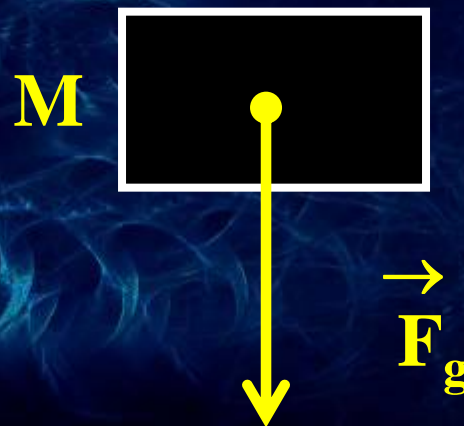
რეაქციის ძალა

დაჭიმულობის ძალა

## სიმძიმის ძალა

სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალის სიდიდე დამოკიდებულია სხეულის მასაზე ( $M$ )

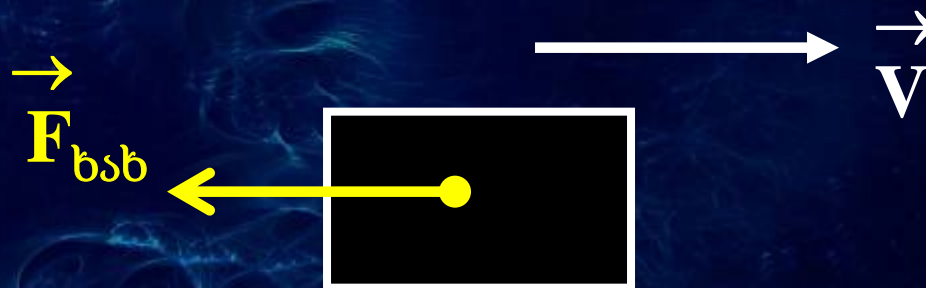
სიმძიმის ძალა დედამიწაზე მიმართულია ვერტიკალურად ქვევით



## ხახუნის ძალა

ხახუნის ძალა მოქმედებს სხეულის გარემოსთან (ან სხვა სხეულთან) შეხების ზედაპირზე

ხახუნის ძალა მიმართულია შეხების ზედაპირის პარალელურად და სხეულის მოძრაობის (სრიალის) საპირისპიროდ

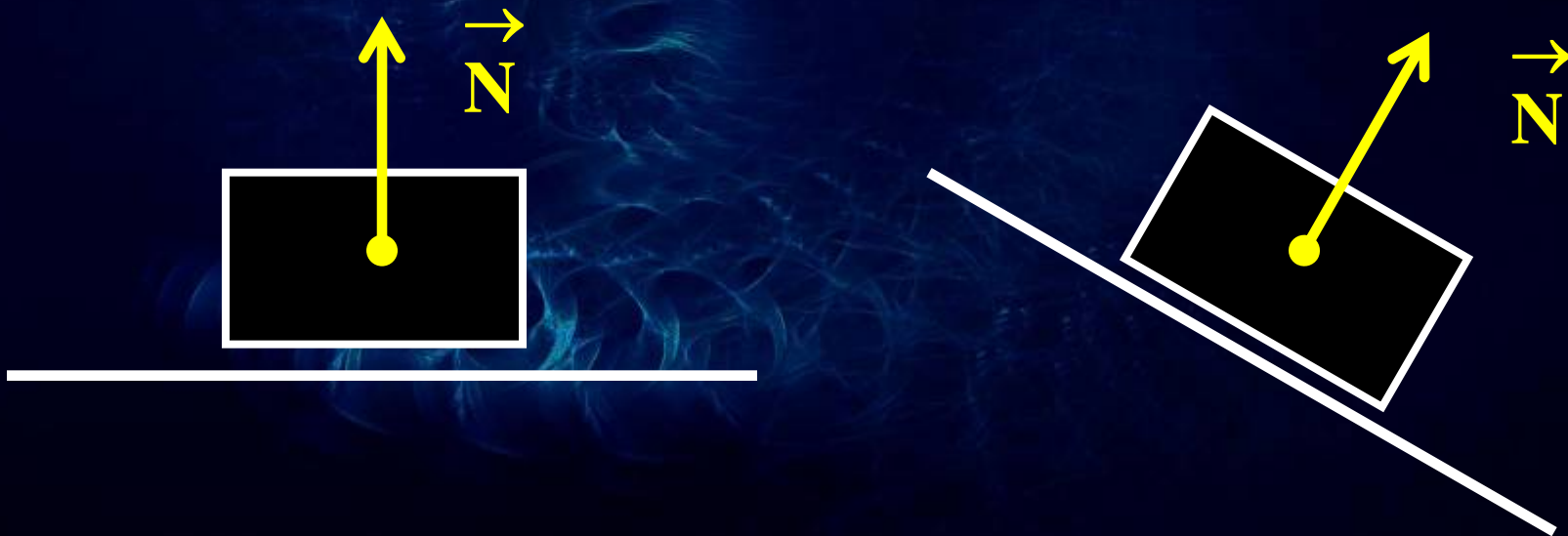




## რეაქციის ძალა

სხეულზე მოქმედებს რეაქციის ძალა თუკი სხეული შეხებაშია და აწვება რაიმე ზედაპირს

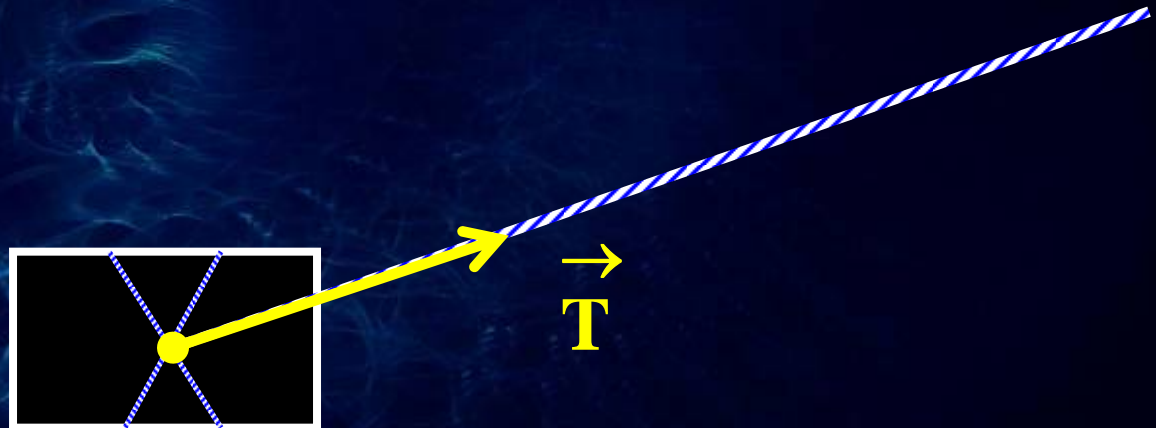
სხეულზე მოქმედი რეაქციის ძალა ზედაპირის პერპენდიკულარულია



## დაჭიმულობის ძალა

სხეულზე მოქმედებს დაჭიმულობის ძალა რომლის  
სიდიდეც განისაზღვრება სხეულზე მოდებული  
თოკის (საკიდის) დაჭიმვით

დაჭიმულობის ძალა მიმართულია თოკის (საკიდის)  
მიმართულებით



## ძალების ზედდება

სხეულზე რამოდენიმე ძალის ერთდროული ზემოქმედება შეიძლება შევცვალოთ ერთი ძალით, რომლის ქმედება ტოლფასია ყველა ძალების ქმედების

ჯამური ძალა: **ძალთა ტოლქმედი**

ძალთა ტოლქმედის პოვნა ნიშნავს სხეულზე მოქმედი ძალების შეკრებას, ანუ შესაბამისი ვექტორების ჯამის პოვნას.

## ძალთა ტოლქმედი

ერთ სხეულზე მოდებული სხვადასხვა ძალების ზედდება (სუპერპოზიცია)

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots$$

$\vec{F}_{1,2,3,\dots}$

– სხეულზე მოქმედი ძალები

$\vec{R}$

– ძალთა ტოლქმედი

$$\vec{R} = \sum \vec{F}$$

## ძალთა ტოლქმედი

სხეულზე მოქმედი სამი ძალა:  $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$

ძალთა ტოლქმედი:  $\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$

ძალების ვექტორული ჯამი:

$$R_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x}$$

$$R_y = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y}$$

ტოლქმედი ძალის მოდული:

$$R^2 = R_x^2 + R_y^2$$

## ძალთა ტოლქმედი

$\vec{F}_1$  – სიმძიმის ძალა

$\vec{F}_2$  – ამწევი ძალა

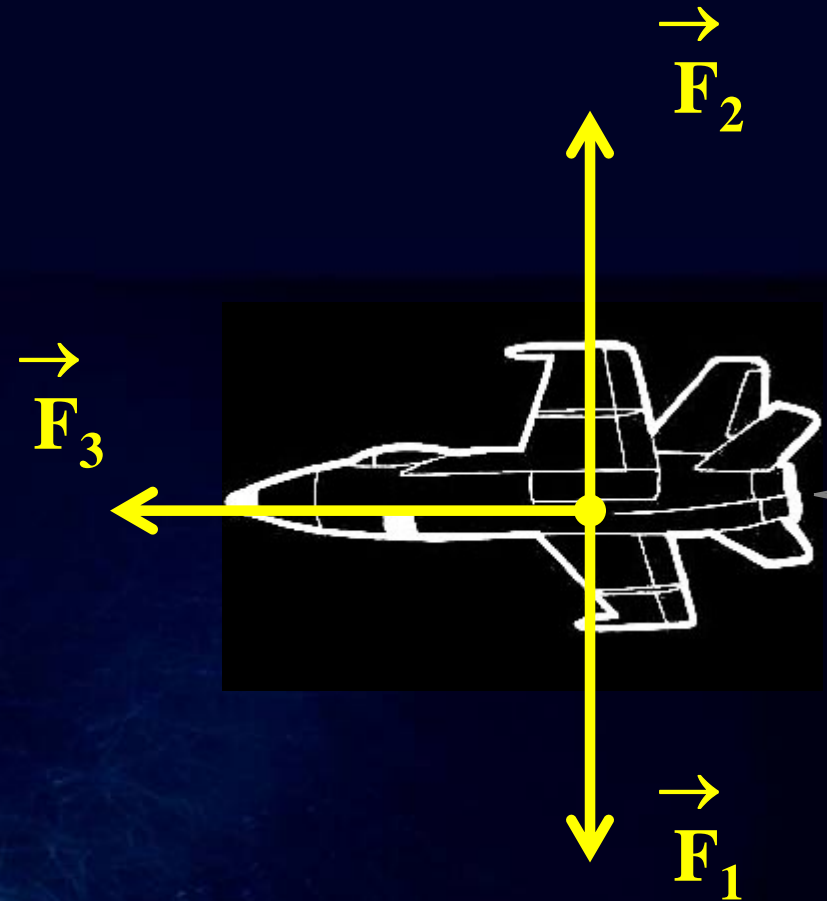
$\vec{F}_3$  – რეაქტიული ძალა

ვერტიკალური ბალანსი:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 0$$

ძალთა ტოლქმედი:

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{F}_3$$



## ინერცია

**ძალთა ტოლქმედი ნულის ტოლია:**

- უძრავი სხეული რჩება უძრავად
- მოძრავი სხეული აგრძელებს მოძრაობას მუდმივი სიჩქარით: **მოძრაობა ინერციით**

ყინულზე მოსრიალე სხეული  
შეიძლება გაჩერდეს  
ხახუნის გამო. ხახუნის გარეშე  
სხეული იმოძრავებს უცვლელი  
სიჩქარით გაუჩერებლად . . .



## ნიუტონის პირველი კანონი

არსებობს ათვლის ისეთი სისტემები რომელთა მიმართაც სხეული უძრავია ან მოძრაობს წრფივად და თანაბრად თუ მასზე მოქმედ ძალთა ტოლქმედი ნულის ტოლია.

თავისუფალი სხეული უძრავია ან მოძრაობს მუდმივი სიჩქარით

თავისუფალი: ძალთა ჯამი ნულია;

მუდმივი სიჩქარე: წრფივი მოძრაობა;

(ძრუდწირული მოძრაობა აჩქარებულია)

დაკვირვება: ათვლის ინერციული სისტემები;



# სხეულის წონასწორობა

უძრავი სხეული წონასწორობაშია თუ მასზე მოქმედი ძალების ტოლქმედი ნულის ტოლია

$$\sum \vec{F} = 0$$

ვექტორის კომპონენტებში:

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$



## ამოცანა #1

დახრილ სიბრტყეზე მყოფი 5კგ სხეული ზემოდან დამაგრებულია ზამბარიანი დინამომეტრით. სიბრტის დახრის კუთხეა 30 გრადუსი. იპოვეთ რა ძალას აჩვენებს დინამომეტრი თუკი სხეული იმყოფება წონასწორობაში.

---

მასა:  $m$  ( კგ )

სიმძიმის ძალა:  $m g$  ( კგ მ/წმ<sup>2</sup> = ნიუტონი )

## ამოცანა #1

წონასწორობა:

$$F_x + W_x + N_x = 0$$

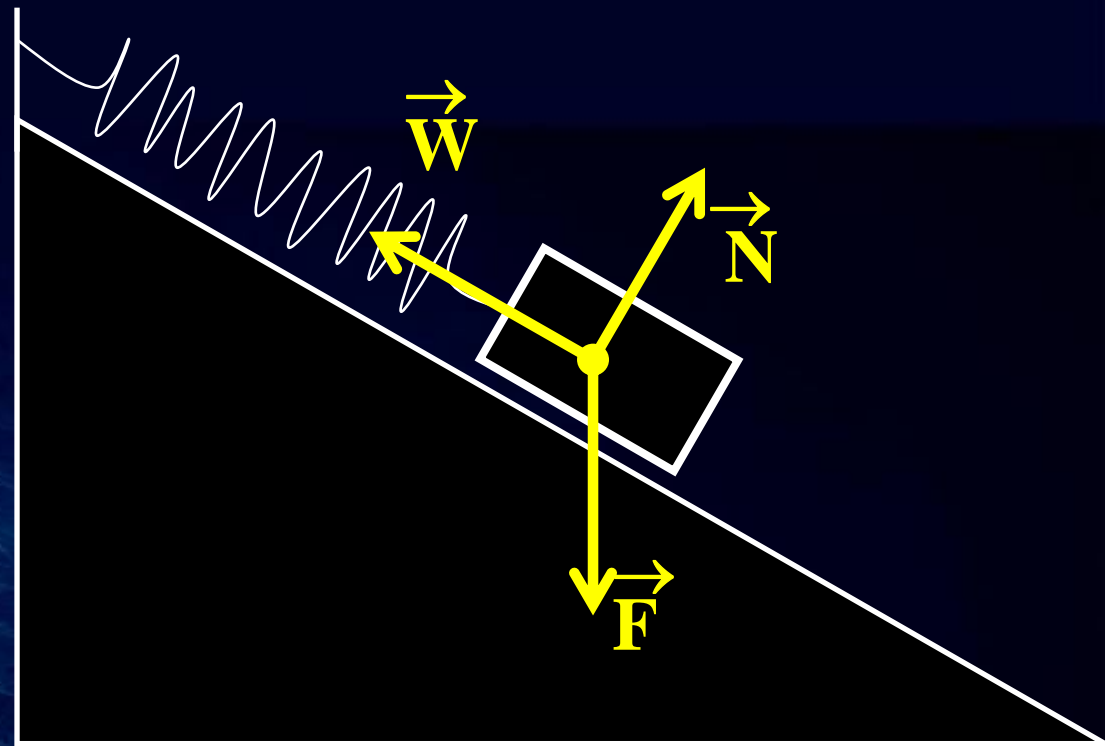
$$F_y + W_y + N_y = 0$$

$$F = mg$$

$N$  - ???

ვიპოვოთ  $W$

ავარჩიოთ ღერძები ჩვენი მიზნების შესაბამისად



## ამოცანა #1

Y ღერძი მივმართოთ  
 $\vec{N}$  რეაქციის ძალის  
 გასწვრივ და დავწეროთ  
 წონასწორობის პირობა  
 X ღერძის გასწვრივ:

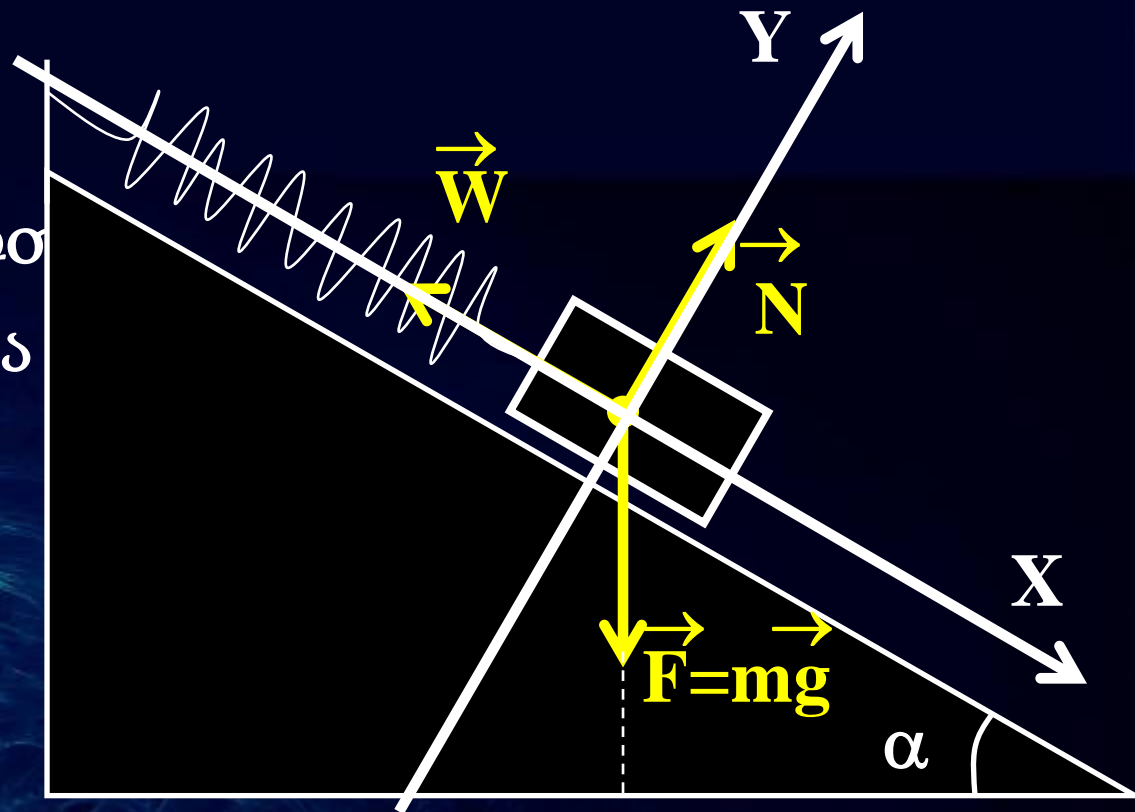
$$W_x + F_x = 0$$

$$W_x = -|W|$$

$$F_x = mg \sin(\alpha)$$

$$-|W| + mg \sin(\alpha) = 0$$

$$|W| = mg \sin(\alpha) = (5 \text{ კგ}) (9.8 \text{ მ/წმ}^2) \sin(30) = 24.5 \text{ (ნიუტონი)}$$



## ძალა და აჩქარება

სხეულის აჩქარება მიმართულია სხეულზე მოქმედი ძალის გასწვრივ

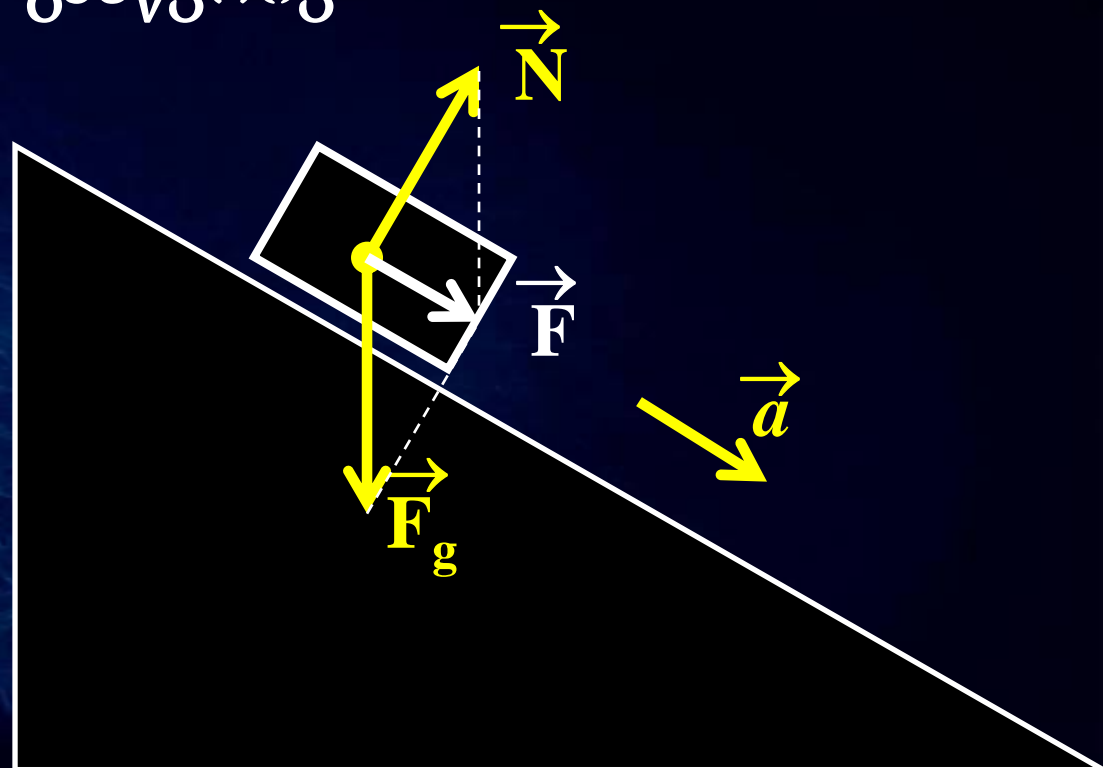
მაგალითი: ბურთის აჩქარების მიმართულება ემთხვევა მასზე ფეხის დარტყმის მიმართულებას, ანუ ბურთზე მოქმედი ძალის მიმართულებას



## ძალა და აჩქარება

თუკი სხეულზე მოქმედებს რამოდენიმე ძალა, სხეულის აჩქარება მიმართულია ძალთა ტოლქმედის გასწვრივ

სიმძიმის და რეაქციის ძალების ტოლქმედი და სხეულის აჩქარება მიმართულია დახრილი სიბრტყის გასწვრივ



## მასა და ძალა

რაც უფრო მეტი მასა აქვს სხეულს, მით უფრო გვიჭირს მისი გადაგდება. სხეული ეწინააღმდეგება აჩქარებას თავისი ინერციით, ანუ მასით.

$$F = M_1/a_1 = M_2/a_2$$

$$M_1 > M_2$$

$$a_1 > a_2$$

ძალის ერთეული SI სისტემაში: **ნიუტონი**

1 ნიუტონი არის ძალა, რომლის ზემოქმედებაც 1 კგ მასის ობიექტზე იწვევს მის 1 მ/წმ<sup>2</sup> აჩქარებას

# ნიუტონის მეორე კანონი

სხეულზე მოქმედი ძალა ტოლია სხეულის მასისა და აჩქარების ნამრავლს

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

$F$  - სხეულზე მოქმედი ძალა

$m$  - სხეულის მასა

$a$  - სხეულის აჩქარება



## ნიუტონის მეორე კანონი

სხეულის აჩქარების ვექტორი პარალელურია მასზე მოქმედი ძალის ვექტორის

$$\vec{\mathbf{F}} \parallel \vec{\mathbf{a}}$$

სხეულის აჩქარების მოდული პროპორციულია ძალის მასზე მოქმედი ძალის

$$|\mathbf{a}| \sim |\mathbf{F}|$$

სხეულის აჩქარების მოდული უკუპროპორციულია სხეულის მასის

$$|\mathbf{a}| \sim 1/m$$

## ნიუტონის მეორე კანონი

სხეულზე რამოდენიმე ძალის მოქმედებისას ნიუტონის მეორე კანონში გამოიყენება ძალთა ტოლქმედი:

$$\vec{F} = m \vec{a}$$
$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots$$

ნიუტონის მეორე კანონი ზოგადი ფორმით:

$$\Sigma \vec{F} = m \vec{a}$$

# ნიუტონის მეორე კანონი

ნიუტონის მეორე კანონი გვამცნობს სხეულზე მოქმედ ძალებსა და სხეულის აჩქარებას შორის კავშირს.

## სხეულის მოძრაობის განტოლება

ნიუტონის კანონი იძლევა ვექტორულ განტოლებას, რომელიც აისახება სამი სკალარული განტოლებით:

$$\Sigma F_x = m a_x$$

$$\Sigma F_y = m a_y$$

$$\Sigma F_z = m a_z$$

## ნიუტონის მეორე კანონი

სხეულის მასისა და აჩქარების ნამრავლი ტოლია სხეულზე მოქმედი **გარეშე** ძალების ჯამს.

სხეულის საკუთარ თავზე ზემოქმედება ვერ მიაწიებს სხეულს აჩქარებას

*მაგალითად შეუძლებელია  
ბარონ მიუნჰაუზენის ქმედება,  
რომელმაც საკუთარი თავი  
ამოათრია დალაზიდან ქიჩოთი*



## ნიუტონის მეორე კანონი

ნიუტონის მეორე კანონი სამართლიანია მხოლოდ **მუდმივი მასის** ობიექტებისათვის.

*მაგალითად რეაქტიული მოძრაობისას რაკეტა კარგავს მასას, ანუ მისი მოძრაობა არ აღიწერება ნიუტონის მეორე კანონის მარტივი ფორმით*

ნიუტონის მეორე კანონი სამართლიანია **ინერციული** ათვლის სისტემებისათვის.

*არაინერციულ ათვლის სისტემაში საჭირო გახდება დამატებითი ძალების შემოყვანა.*

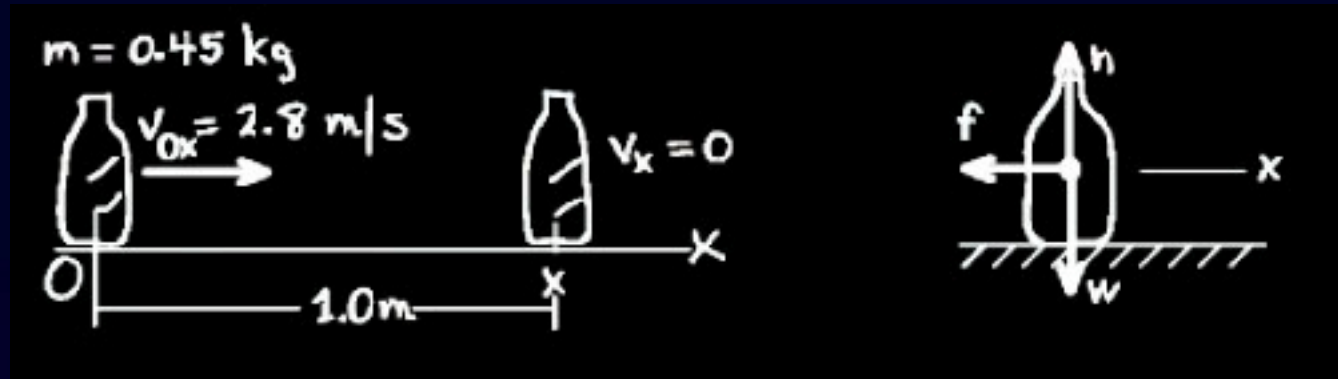
## ამოცანა #2

ბარმენი ასრიალებს ლუდის ბოთლს, რომლის მასაა 0.45 კგ ჰორიზონტალურად ბრტყელი მაგიდის ზედაპირზე. ბარმენის ხელიდან მოწყვეტის მომენტში ბოთლის სიჩქარეა 2.8 მ/წმ. მაგიდასთან ხახუნის გამო ბოთლი გადის 1 მეტრ მანძილს და ჩერდება. იპოვეთ ხახუნის ძალა.

---

*ხახუნის ძალა მიმართულია შეხების ზედაპირის პარალელურად და მოძრაობის საწინააღმდეგო მიმართულებით.*

## ამოცანა #2



მოდრაობის განტოლება  $X$  ღერძის გასწვრივ:

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

$$\mathbf{V^2 - V_0^2 = 2a (X - X_0),}$$

$$\mathbf{-V_0^2 = 2a X, \quad a = -V_0^2 / (2X)}$$

$$\mathbf{F = m a = -mV_0^2 / (2X) = -0.45 (2.8)^2 / (2) =}$$

$$\mathbf{F = -1.76 \text{ (ნიუტონი)}}$$

## ნიუტონის მესამე კანონი

სხეულები მოქმედებენ ერთმანეთზე ძალებით, რომლებიც ტოლია მოდულით და საპირისპირო მიმართულებით.

$$\vec{F}_{ab} = -\vec{F}_{ba}$$

ქმედება უდრის უკუქმედებას



# ქმედება და უკუქმედება

*ადამიანი ექაჩება თავის თავს ზავით:*

ტანზე მოქმედი ძალა:  $\vec{F}_1$

ხელზე მოქმედი ძალა:  $\vec{F}_2$

ძალთა ტოლქმედი:  $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$

ნიუტონის მესამე კანონი:  $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$

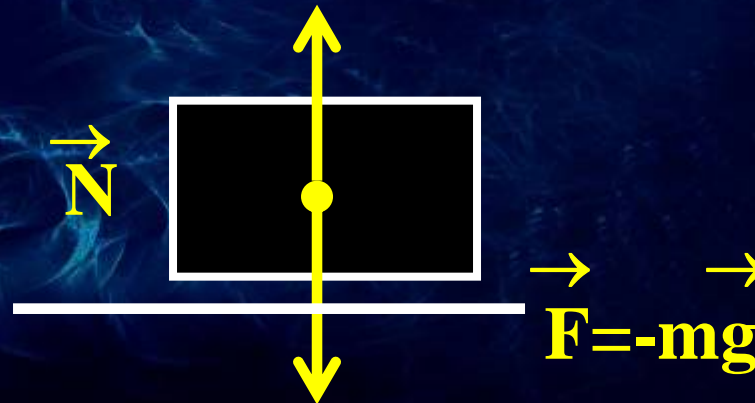
ჯამური ძალა და აჩქარება:  $\vec{F} = 0, \vec{a} = 0$

# ქმედება და უკუქმედება

სხეულზე მოქმედი რეაქციის ძალა

გაჩერებული სხეული აწვება მაგიდის ზედაპირს  $\vec{F}$  ძალით. რას უდრის მაგიდის რეაქციის ძალა?

ნიუტონის მესამე კანონით:  $\vec{N} = -\vec{F} = -m\vec{g}$



## შეჯამება

ნიუტონის პირველი კანონი:  $\sum \vec{F} = \mathbf{0}$

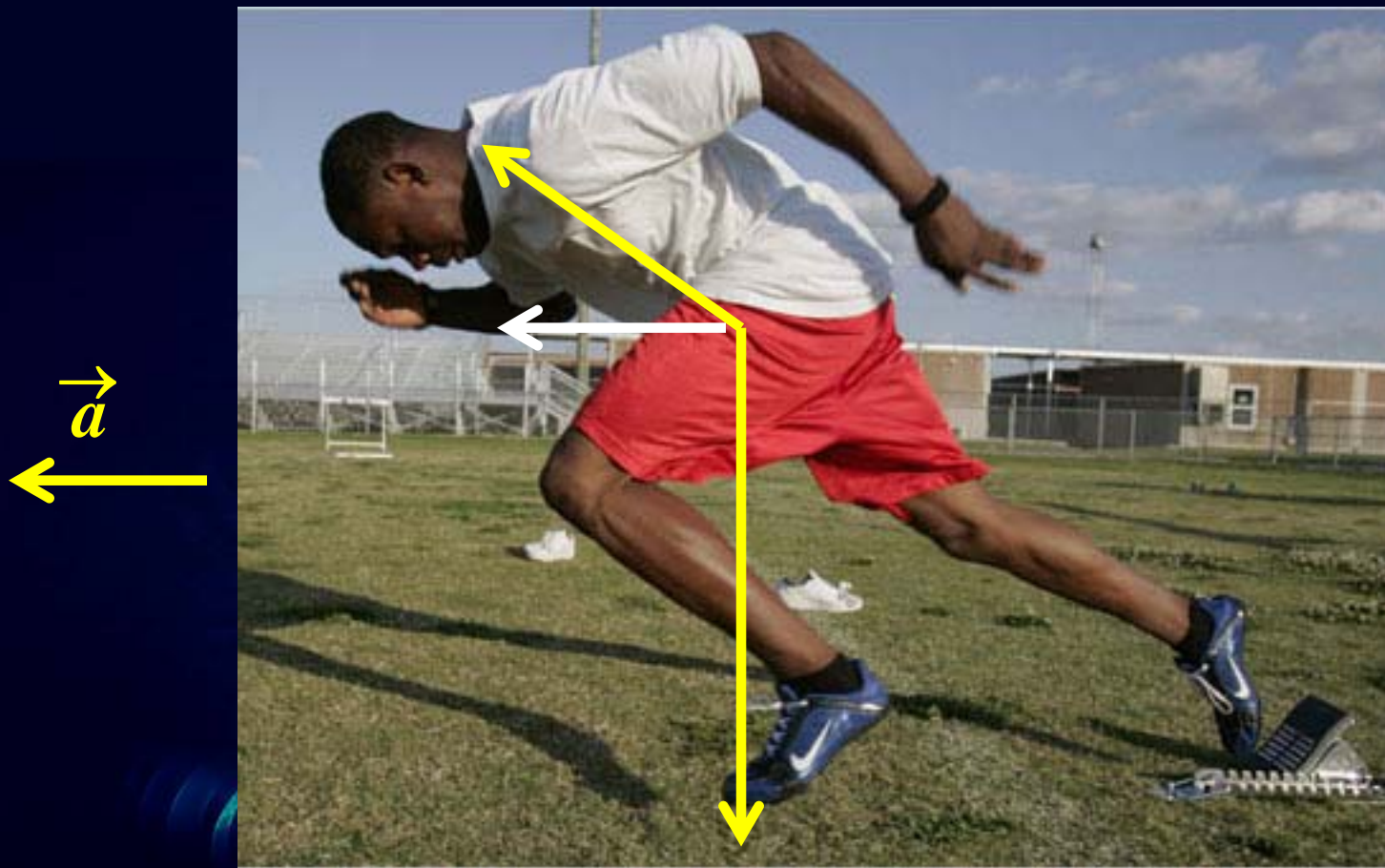
ნიუტონის მეორე კანონი:  $\sum \vec{F} = m \vec{a}$

ნიუტონის მესამე კანონი:  $\vec{F} = - \vec{F}$

კლასიკური მექანიკის ძირითადი კანონები

ნიუტონის სამი კანონი საკმარისია დინამიკური ამოცანის ამოსახსნელად.

# ძალები და მოძრაობა



# დინამიკა

ძალა და ძალის ტიპები  
ძალთა ტოლქმედი  
ინერცია

ნიუტონის პირველი კანონი  
ნიუტონის მეორე კანონი  
ნიუტონის მესამე კანონი

[www.tevza.org/home/course/phys2010](http://www.tevza.org/home/course/phys2010)

