



## ფიზიკის შესავალი - I

### ლექცია 2

აჩქარება,

თანაბრდაჩქარებული მოძრაობის კინემატიკა,  
თავისუფალი ვარდნა

### აჩქარება

აჩქარებული ეწოდება მოძრაობას ცვალებადი სიჩქარით.

აჩქარებულია მოძრაობა ზრდადი სიჩქარით;  
აჩქარებულია მოძრაობა კლებადი სიჩქარით;

ფიზიკური თვალსაზრისით სხეული მოძრაობს აჩქარებით თუკი იგი ან ჩქარდება, ან ნელდება;

აჩქარებას შეიძლება იყოს დადებითი ან უარყოფითი

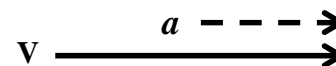
### წინა ლექციაში

ფიზიკურ ერთეულთა სისტემა: SI  
ფიზიკური ერთეულების პრეფიქსები  
განზომილებათა ანალიზი

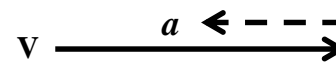
მოძრაობა  
საშუალო და მყისი სიჩქარე  
X-T დიაგრამა

### აჩქარება და სიჩქარე

სიჩქარე და აჩქარება თანამიმართულია:  
სიჩქარე მატულობს (*მოძრაობა დადებითი აჩქარებით*)



სიჩქარე და აჩქარება უკუმიმართულია:



სიჩქარე იკლებს (*მოძრაობა უარყოფითი აჩქარებით*)

## აჩქარება

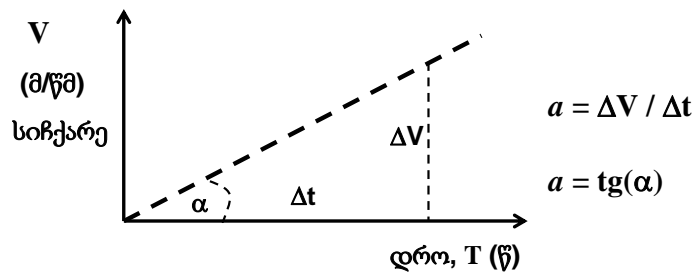
სიჩქარის ცვლილების შეგრძნება მოძრაობაში



სიჩქარის ზრდა ( $a > 0$ )    სიჩქარის კლება ( $a < 0$ )

## V-T დიაგრამა

წრფივი თანაბრად აჩქარებული მოძრაობა



აჩქარების გრაფიკული ექვივალენტი:  
დახრის კუთხე

## აჩქარება

აჩქარება არის სიდიდე, რომელიც აღწერს სიჩქარის ცვლილების სისწრაფეს

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1}$$

უძრავი ან მუდმივი სიჩქარით მოძრავი სხეული:

$$\underline{a = 0}$$

## მოძრაობა მუდმივი აჩქარებით

სიჩქარის ცვლილება:  $a = \Delta V / \Delta t$ ,  $\Delta V = V - V_0$

$$V = V_0 + a \Delta t$$

მოძრაობის საშუალო სიჩქარე:  $V_{საშ} = (V_0 + V) / 2$

განვლილი მანძილი:  $\Delta S = V_{საშ} \Delta t$

$$\begin{aligned} \Delta S &= (V_0 + V) / 2 \Delta t = (V_0 + V_0 + a \Delta t) / 2 \Delta t = \\ &= V_0 \Delta t + a \Delta t^2 / 2 \end{aligned}$$

### მოდრაობა მუდმივი აჩქარებით

საწყისი დროის მომენტი:  $t_0 = 0$ , მაშინ:  $\Delta t = t - t_0 = t$

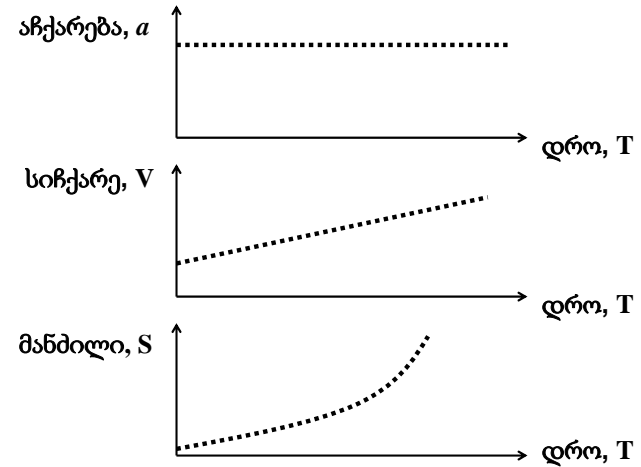
გადაადგილება:  $\Delta S = S - S_0$

სიჩქარე და გადაადგილება თანაზრადაჩქარებული მოძრაობისას:

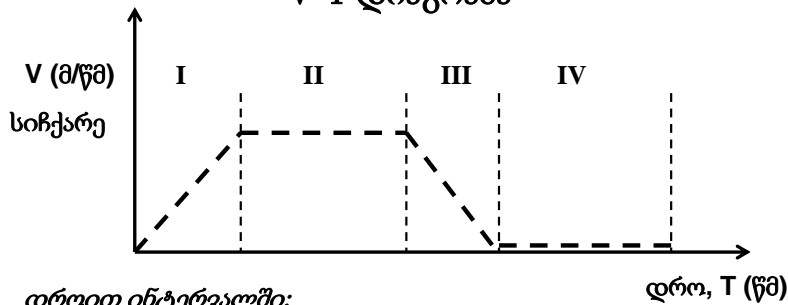
$$V(t) = V_0 + a t$$

$$S(t) = S_0 + V_0 t + a t^2/2$$

### მოდრაობა მუდმივი აჩქარებით



### V-T დიაგრამა



დროით ინტერვალში:

- I – მოძრაობა მუდმივი დადებითი აჩქარებით
- II – მოძრაობა მუდმივი სიჩქარით
- III – მოძრაობა მუდმივი უარყოითი აჩქარებით
- IV – სხეული უძრავია

### მოდრაობა ცვალებადი აჩქარებით

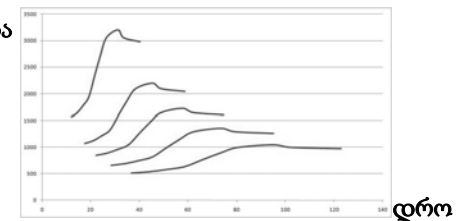
ფორმულა-1 სტარტი



მოდრაობა ცვალებადი აჩქარებით

აჩქარება

გადაცემათა კოლოფი: 1,2,3,4,5



### მოძრაობა ცვალებადი აჩქარებით

საშუალო აჩქარება:  $a = (V_2 - V_1) / (t_2 - t_1)$

მყისიერი აჩქარება:

$$a = \Delta V / \Delta t$$

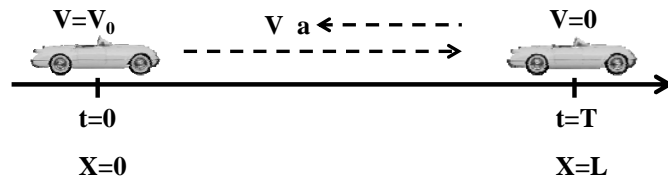
$$(\Delta t \rightarrow 0)$$

დიფერენციალური ფორმით:

$$a = dV/dt = d^2r/dt^2$$

### დამუხრუჭების კინემატიკა

რა დროში და რა მანძილში გაჩერდება მანქანა თუკი იგი იწყებს დამუხრუჭებას  $V_0$  სიჩქარეზე. მოძრაობის შენელება ხდება თანაბარი აჩქარებით  $a_0$ .



მანქანის გაჩერების დრო: T მანძილი: L

### აჩქარება და დამუხრუჭება



### დამუხრუჭების კინემატიკა

$$(V = V_0 + a t)$$

$$0 = V_0 - a_0 T$$

მანქანის გაჩერების დრო:

$$T = V_0 / a_0$$

გავლილი მანძილი:  $(X = X_0 + V_0 t + a t^2 / 2)$

$$L = 0 + V_0 T - a_0 T^2 / 2 = V_0 V_0 / a_0 - a_0 (V_0 / a_0)^2 / 2$$

$$L = V_0^2 / (2a_0)$$

სამუხრუჭე მანძილი იზრდება სიჩქარის კვადრატის პროპორციულად

## ამოცანის ამოხსნის სტრატეგია

ფიზიკური ამოცანის დამოუკიდებლად ამოხსნა

1. ამოცანის შეფასება;
2. ამოცანის ფორმულირება;
3. ამოხსნა;
4. შედეგის შემოწმება;

## ამოცანის ამოხსნის სტრატეგია

2. ამოცანის ფორმულირება;

აირჩიეთ: კოორდინატთა ღერძის მიმართულება, კოორდინატთა სათავე, დროში საწყისი მომენტი.

ჩამოწერეთ ამოცანაში მონაწილე ფიზიკური ცვლადები ( $V_0, V_1, t_0, t_1, X_0, X_1, a, \dots$ )

რომელი ცვლადია ცნობილი და რომელი უცნობი?

## ამოცანის ამოხსნის სტრატეგია

1. ამოცანის შეფასება

ყურადღებით წაიკითხეთ ამოცანა;

შეაფასეთ ფიზიკური მოდელი;  
(წრფივი მოძრაობა? მუდმივი აჩქარება?)

## ამოცანის ამოხსნის სტრატეგია

3. ამოხსნა

გამოიყენეთ კინემატიკის განტოლებები და ცნობილი ცვლადების საშუალებით გამოსახეთ (გამოთვალეთ) უცნობი ცვლადები;

პროცესი შეიძლება მოიცავდეს რამოდენიმე შუალედურ საფეხურს;

## ამოცანის ამოხსნის სტრატეგია

## 4. შედეგის შემოწმება

– შეამოწმეთ ფორმალურად მიღებული შედეგის განზომილება. ემთხვევა გამოთვლილი სიდიდის განზომილება საძიებელი ფიზიკური სიდიდის განზომილებას?

– შეაფასეთ შედეგი პრაგმატული მოსაზრებებით. რამდენად რეალისტურია მიღებული რიცხვითი შედეგი.

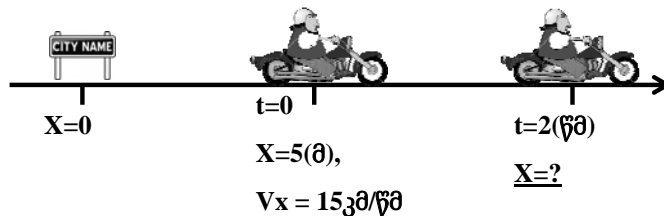
## ამოცანა # 1

## 1. ამოცანის შეფასება

მოდრაობა წრფის გასწვრივ;

მოდრაობა თანაბარი აჩქარებით;

## 2. ამოცანის ფორმულირება;



## ამოცანა # 1

მოტოციკლისტი იწყებს თანაბრად აჩქარებულ მოძრაობას როგორც კი გასცდება ქალაქის საზღვრის მაჩვენებელ ნიშანს. მისი აჩქარებაა  $4 \text{ მ/წმ}^2$ .

$t=0$  მომენტში იგი  $5 \text{ მეტრით}$  გასცდა ნიშანს და მოძრაობს  $15 \text{ მ/წმ}$  სიჩქარით.

ა) იპოვეთ მოტოციკლისტის ადგილმდებარეობა და სიჩქარე  $t=2 \text{ წმ}$  მომენტისათვის.

ბ) იპოვეთ მოტოციკლისტის ადგილმდებარეობა როდესაც მისი სიჩქარე იქნება  $25 \text{ მ/წმ}$ .

## ამოცანა # 1

## 3. ამოხსნა

$$X = X_0 + V_0 t + a t^2 / 2$$

$$\begin{aligned}
 X &= 5 (\text{მ}) + 15 (\text{მ/წმ}) 2 (\text{წმ}) + 4 (\text{მ/წმ}^2) 2^2 (\text{წმ}^2) / 2 = \\
 &= (5 + 30 + 8) (\text{მ}) = 43 (\text{მ})
 \end{aligned}$$

მანძილი 2 წამის შემდეგ:

$$X = 43 \text{ მ}$$

## ამოცანა # 1

სასარგებლო ფორმულა

$$X = X_0 + V_0 t + a t^2 / 2, V = V_0 + a t$$

$$t = (V - V_0)/a$$

$$X = X_0 + V_0 (V - V_0)/a + a (V - V_0)^2 / (2a^2)$$

$$X - X_0 = (V^2 - V_0^2) / (2a)$$

$$V^2 - V_0^2 = 2a (X - X_0)$$

## ამოცანა # 1

4. შედეგის შემოწმება

ა)  $X = 43$  მ

ბ)  $X = 55$  მ

განზომილება +

მანძილის შეფასება +

## ამოცანა # 1

$$V^2 - V_0^2 = 2a (X - X_0)$$

$$(25 \text{ მ/წმ})^2 - (15 \text{ მ/წმ})^2 = 2 \times 4 (\text{მ/წმ}^2) (X - 5 (\text{მ}))$$

$$X - 5(\text{მ}) = (625 - 225) (\text{მ/წმ}^2) / (8 \text{ მ/წმ}^2) = 400 / 8 (\text{მ})$$

$$X = 5(\text{მ}) + 50(\text{მ}) = 55(\text{მ})$$

ადგილმდებარეობა 25მ/წმ სიჩქარისას:

$$X = 55 \text{ მ}$$

## ამოცანა #2

ორი მოძრავი სხეულის კინემატიკა

ავტომობილი გაივლის შუქნიშნის წითელ შუქზე მუდმივი 15 მ/წმ სიჩქარით. დარღვევას ამჩნევს პოლიციელი მოტოციკლზე და იწყებს აჩქარებულ მოძრაობას დამრღვევის შესაჩერებლად. პოლიციელის აჩქარება მუდმივია და უდრის 3 მ/წმ<sup>2</sup>. რამდენ ხანში დაეწევა პოლიციელი დამრღვევს?

## ამოცანა #2

დამრღვევი: ინდექსი 1;

პოლიციელი: ინდექსი 2;

$$X = X_0 + V_0 t + a t^2 / 2$$

$$X_1 = 0 + V_1 t + 0 t^2 / 2 = V_1 t$$

$$X_2 = 0 + 0 t + a t^2 / 2 = a t^2 / 2$$

დაწევა:  $X_1 = X_2$      $V_1 t = a t^2 / 2$ ;     $t = 2 V_1 / a$ ;

$$t = 2 \times 15 \text{ (მ/წმ)} / (3 \text{ მ/წმ}^2) = 30 / 3 \text{ (წმ)} = 10 \text{ (წმ)}$$

$$t = 10 \text{ წმ}$$

## თავისუფალი ვარდნა

სხეულის ვარდნა დედამიწის სიმძიმის ველში

თავისუფალი ვარდნის აჩქარება:  $g = 9.8 \text{ მ/წმ}^2$ 

- დედამიწის ზედაპირთან ახლოს;
- ჰაერის წინააღმდეგობა უმნიშვნელოა; (დაბალი სიჩქარეები)

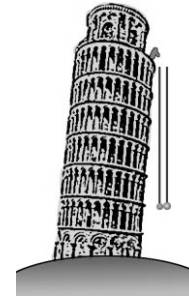
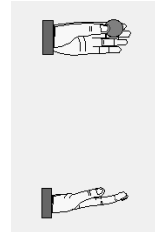
ბილიარდის ბურთის ვარდნის ფოტოები  
გადაღებული ტოლ დროის ინტერვალებში



## თავისუფალი ვარდნა

დედამიწის სიმძიმის ველში

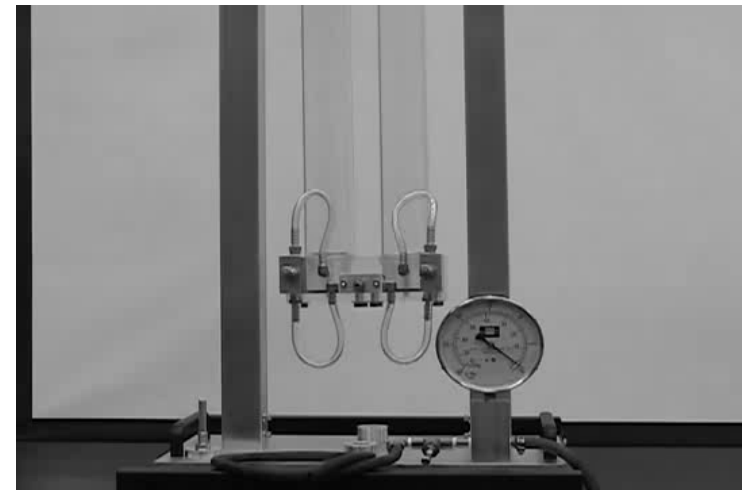
თავისუფალი ვარდნა: *მაგ. მონეტის ჩამოგდება ერთი ხელიდან მეორეში*



ძველი წარმოდგენებით მძიმე  
სხეული ვარდება უფრო სწრაფად;

გალილეის ექსპერიმენტებმა აჩვენეს  
რომ თავისუფალი ვარდნის აჩქარება  
მუდმივია

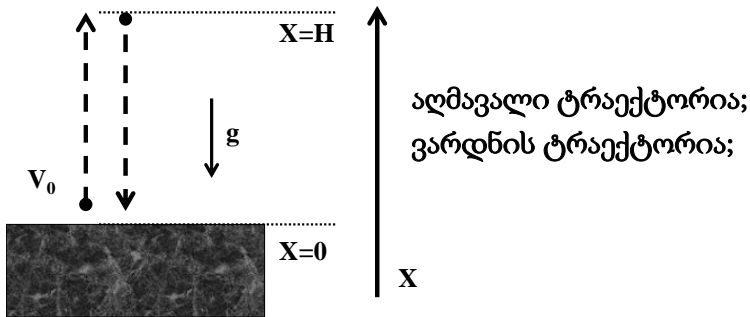
## თავისუფალი ვარდნის აჩქარება





## ამოცანა #3

რა სიმაღლეზე ავა და რა დროში ჩამოვარდება  
ვერტიკალურად ზემოთ 15 მ/წმ სიჩქარით  
ატყორცნილი ბურთი?



## ამოცანა #3

ვარდნის ტრაექტორია:

$$X = X_0 + V_0 t + a t^2 / 2$$

$$0 = H + 0 T_2 - g T_2^2 / 2$$

$$T_2 = (2H/g)^{1/2}$$

ვარდნის დრო:  $T_2 = (2 \times 11.48 / 9.8) = 1.53$  (წმ)

$$T_1 = T_2$$

აღმავალ და დაღმავალ ტრაექტორიებზე მოძრაობა  
მიმდინარეობს დროში სიმეტრიულად

## ამოცანა #3

$$V^2 - V_0^2 = 2a (X - X_0)$$

აღმავალი ტრაექტორია:  $a = -g$

$$0 - (15 \text{ მ/წმ})^2 = -2 g (\text{მ/წმ}^2) H (\text{მ})$$

$$H = 15^2 (\text{მ/წმ})^2 / (2 \times 9.8 \text{ მ/წმ}^2) = 225 / 19.6 (\text{მ})$$

$$H = 11.48 (\text{მ})$$

$$V = V_0 + a t \quad 0 = 15 (\text{მ/წმ}) - 9.8 (\text{მ/წმ}^2) t$$

$$T_1 = 15/9.8 (\text{წმ}) = 1.53 (\text{წმ})$$

## ცვლადი აჩქარება

$$a = a(t), \quad a = dV/dt$$

$$V(t) = \int a(t) dt, \quad S = \int V(t) dt$$

მოძრაობა მუდმივი აჩქარებით:

$a = \text{constant};$

$$V(t) = \int a dt = a t + V_0$$

$$S(t) = \int [a t + V_0] dt = at^2/2 + V_0 t + S_0$$

## კინემატიკა

აჩქარებული მოძრაობა  
ამოცანის ამოხსნის სტრატეგია  
ამოცანები და მაგალითები  
თავისუფალი ვარდნა

[www.tevza.org/home/course/phys2013](http://www.tevza.org/home/course/phys2013)