

# ФИЗИКА

- Кинематика тачке у једној димензији
- Кинематика кретања у две димензије

1

---

---

---

---

---

---

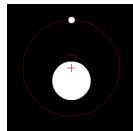
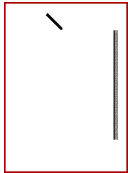
---

---

## Кинематика



- кретање – све је у стању кретања
- кретање – промена положаја тела (у односу на друга тела)
  - три типа кретања: транслаторно, ротационо, осцилаторно



2

---

---

---

---

---

---

---

---

## Кинематика



- проучава кретање, без узимања у обзир маса тела и сила које делују међу њима.
- честични модел – модел материјалне тачке. Занемарује се расподела маса тела по простору, тј. она се сматрају материјалним тачкама.

3

---

---

---

---

---

---

---

---

## Путања, пут, померај



- кретање материјалне тачке познајемо ако знамо њен положај у простору за сваки моменат времена.
- положај - на основу референтног тела (непокретног)-система који везујемо за њега.
- Када се повеже низ тачака у којима је била м. т. добија се **путања**. Део путање је **пут** (јединица је **метар**).
- Померај (јединица је исто метар) – промена положаја тела у простору.
- Са места  $x_1$  на  $x_2$ , померај је:  $\Delta x = x_2 - x_1$

4

---

---

---

---

---

---

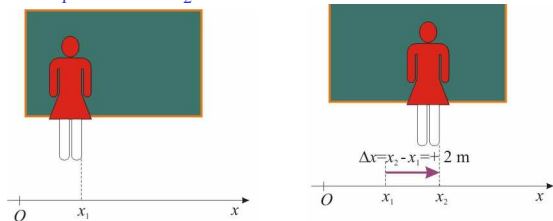
---

---

## Референтни систем везан за Земљу



- $x_1 = 1,5 \text{ m}$ ,  $x_2 = 3,5 \text{ m}$



5

---

---

---

---

---

---

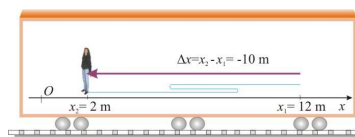
---

---

## Померај и пређени пут – нису исте величине



- померај је "-10 m", а пређени пут је већи (укупна дужина плаве линије) – у систему референце везаном за вагон – ако га одређујемо у односу на систем референце везан за пругу морамо да урачунамо и кретање воза!
- померај **није исто што и пут**



6

---

---

---

---

---

---

---

---

## Време и брзина



- Није довољно знати померај, треба да знамо и колико дуго и којом брзином се тело креће
- Уводе се нове физичке величине: време и брзина
- Време
  - да ли може да промени смер?
  - да ли има апсолутни почетак и апсолутни крај?
- мерење времена ?
  - периодична кретања (клатно, Сунце-Земља, ...)

7

---

---

---

---

---

---

---

---

## Време и брзина



- Интервал времена – разлика крајњег и почетног тренутка
  - $\Delta t = t_2 - t_1$ ,
- Ако време меримо штоперицом
  - $t_1 = 0$ ,  $t_2 = t$ ,  $\Delta t = t$ .
- Средња брзина – преко помераја

8

---

---

---

---

---

---

---

---

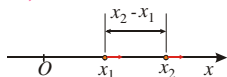
## Померај, средња брзина



Кретање дуж једне линије (у једној димензији)

$$\Delta x \equiv x_2 - x_1$$

Померај је разлика између финалне и иницијалне позиције тела које се креће (то је векторска величина).



Средња брзина :

$$\bar{v} \equiv v_{sr} \equiv \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Померај по јединици времена (количник укупног помераја и интервала времена за који је извршен)

9

---

---

---

---

---

---

---

---

## Пример:



- Путник у возу који је направио померај од “-10 м” за 20 секунди.
- Средња брзина

$$v_{sr} \equiv \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{-10m}{20s} = -0,5 m/s$$

- СИ јединица : m/s
- Друге јединице: километар на час (km/h), центиметар у секунди (cm/s),..., миља на час (mph), ...

---

---

---

---

---

---

---

---

## Средња брзина – тренутна брзина



- средња брзина не даје информацију о томе шта се дешавало између  $x_1$  и  $x_2$ .
- делимо укупни померај  $\Delta x_{tot}$  на делове  $\Delta x_{a1}, \Delta x_{a2}, \dots$
- што су мањи добија се потпунија слика о кретању
- када се смање јако пуно и направи однос са одговарајућим временским интервалом добија се **тренутна брзина  $v$**

$$v_{sr} \xrightarrow{\Delta t \rightarrow 0} v$$

---

---

---

---

---

---

---

---

## Средње убрзање



Износ промене брзине за јединични интервал времена.

$$\Delta v \equiv v_2 - v_1$$

$$\bar{a} \equiv a_{sr} \equiv \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

- Јединица: m/s<sup>2</sup>.
- Векторска величина, има исти правац и смер као промена брзине.
- Брзина вектор – може да се мења по:
  - интензитету,
  - правцу,
  - смеру.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Једнако убрзано праволинијско кретање



- Убрзање је стално исте вредности,  $a_{sr}=a$
- почетна тачка  $(x_0, 0)$ ,
- крајња тачка  $(x, t)$

$$v_{sr} = \frac{x - x_0}{t} \quad x = x_0 + v_{sr}t \quad (2.6)$$

$$v_{sr} = \frac{v_0 + v}{2} \quad (2.7)$$

13

---

---

---

---

---

---

---

---

## Једнако убрзано праволинијско кретање



- Убрзање је стално исте вредности,  $a_{sr}=a$
- Меримо време штоперицом,  $t_1=0, t_2=t$
- почетна брзина  $v_0$ , а крајња  $v$

$$\bar{a} \equiv a_{sr} \equiv \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad a = \frac{v - v_0}{t}$$

$$v = v_0 + at \quad (2.8)$$

14

---

---

---

---

---

---

---

---



- Кретање **константном брзином** (приказано црвеним стрелицама исте дужине)
- Убрзање је при томе једнако нули

---

---

---

---

---

---

---

---

• **Брзина** и **убрзање** су истог правца и смера  
 • Убрзање је константно (плаве стрелице имају исту дужину)  
 • Брзина се повећава (црвене стрелице постају све дуже и дуже)

16

---

---

---

---

---

---

---

---

• **Брзина** и **убрзање**, иако истог правца, су супротних смерова  
 • Убрзање је константно (плаве стрелице имају исту дужину)  
 • Брзина се смањује (црвене стрелице постају све краће и краће)

17

---

---

---

---

---

---

---

---

### Једнако убрзано праволинијско кретање

• Додамо једначини (2.8) почетну брзину и поделимо са 2

$$v = v_0 + at \quad (2.8) \quad \Rightarrow \quad \frac{v_0 + v}{2} = v_0 + \frac{1}{2}at$$

$$v_{sr} = \frac{v_0 + v}{2} \quad (2.7) \quad \Rightarrow \quad v_{sr} = v_0 + \frac{1}{2}at$$

$$x = x_0 + v_{sr}t \quad (2.6) \quad \Rightarrow \quad x = x_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2$$

• Решавање једначине (2.8) по времену и замена у последњу даје

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$$

18

---

---

---

---

---

---

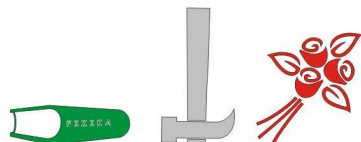
---

---

## Слободни пад, 12.10.2015.



- “слободни” – занемарујемо све друге силе осим гравитационе
- убрзање тела је незав од његове масе?!
- $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
- усмерено на доле!
- служи за дефинисање **вертикално**
- Аполо 15, Дејвид Скоп
- 1,32 кг чекић
- 0,03 кг перо



19

---

---

---

---

---

---

---

---

## Одређивање убрзања Земљине теже

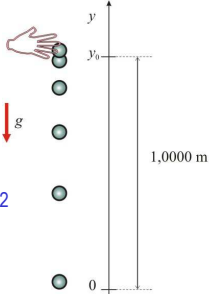


- убрзање тела је независно од његове масе?!

$$y = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \Rightarrow y = y_0 + \frac{1}{2} a t^2$$

$$a = \frac{2(y - y_0)}{t^2} \quad \bullet \quad y - y_0 = -1 \text{ m}, t = 0,45152 \text{ s}$$

$$a = \frac{2(-1,000 \text{ m})}{(0,45152 \text{ s})^2} = -9,810 \text{ m/s}^2$$



20

---

---

---

---

---

---

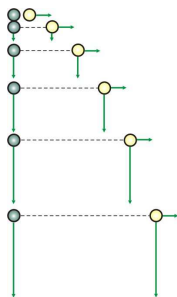
---

---

## Кинематика у 2 димензије



- тамна лопта креће без почетне брзине
- светла има почетну брзину у хоризонталном правцу
- слика – мултифлеш фотографија у једнаким временским интервалима
- путања друге лопте је крива линија – еквивалентно је кретању у 2 независна правца
  - по вертикали је слободан пад
  - по хоризонталу је кретање константном брзином



21

---

---

---

---

---

---

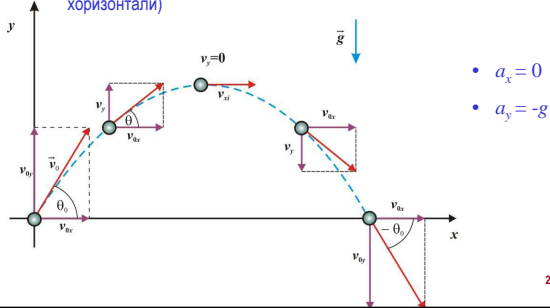
---

---

## Коси хитац



- кретање у пољу Земљине теже, почетна брзина  $v_0$  под неким углом  $\theta$  у односу на хоризонт
- разлажемо кретање у два независна правца (по вертикали и хоризонтално)



22

---

---

---

---

---

---

---

---

## Коси хитац



- хоризонтално кретање,  $a_x = 0$
- вертикално кретање  $a_y = -g$

$$x = x_0 + v_x t$$

$$v_x = v_{0x} = \text{const}$$

$$v_y = v_{0y} - gt$$

$$y = y_0 + v_{0y} t - \frac{1}{2} g t^2$$

$$v_y^2 = v_{0y}^2 - 2g(y - y_0)$$

$$\Delta r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

- укупни померај и брзина:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

23

---

---

---

---

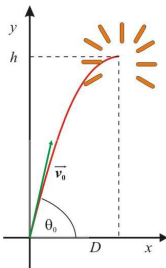
---

---

---

---

## Висина пењања косог хица



- у највишој тачки је:  $v_y = 0$ ,  $y = h$

~~$$v_y^2 = v_{0y}^2 - 2g(y - y_0)$$~~

$$h = \frac{v_{0y}^2}{2g} = \frac{(v_0 \sin \theta_0)^2}{2g}$$

24

---

---

---

---

---

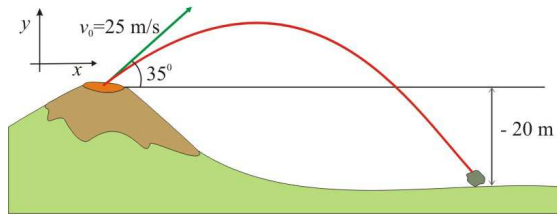
---

---

---



## Вулкани и коси хитац



25

---

---

---

---

---

---

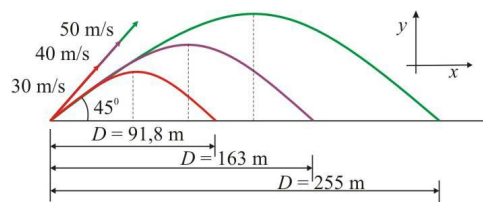
---

---

## Домет косог хица



- Како почетна брзина утиче на домет косог хица?



$$D = \frac{v_0^2 \sin 2\theta_0}{g}$$

26

---

---

---

---

---

---

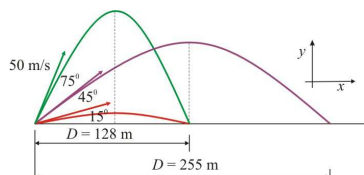
---

---

## Домет косог хица



- за било који угао од 0 до право, осим 45°, постоје 2 угла за које је исти домет, при чему они када се саберу дају 90°



$$D = \frac{v_0^2 \sin 2\theta_0}{g}$$

27

---

---

---

---

---

---

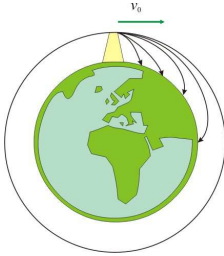
---

---

## Домент косог хица



- за веће домете, долази до изражаја закривљеност Земље па је домет још већи, јер тело мора да падне ниже да би дошло на Земљу



- ако је почетна брзина довољно велика пројектил неће пасти на Земљу ....
- постаје њен сателит

28

---

---

---

---

---

---

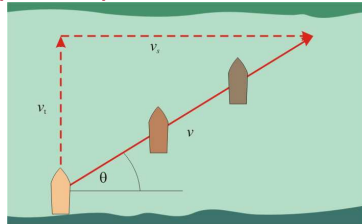
---

---

## Сабирање брзина



- река носи тела низводно
- ветар носи авион у смеру дувања
- $v_r$  - брзина тела у односу на средину
- $v_s$  - брзина средине
- $v$  - укупна брзина тела је збир ове две брзине.



$$\vec{v} = \vec{v}_r + \vec{v}_s$$

$$v = \sqrt{v_r^2 + v_s^2}$$

$$\tan \theta = \frac{v_r}{v_s}$$

29

---

---

---

---

---

---

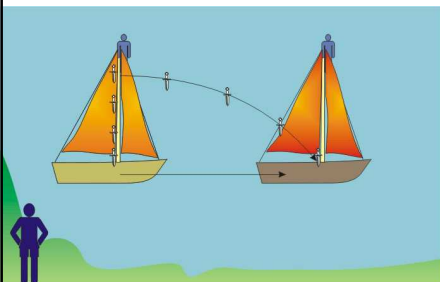
---

---

## Класична релативност



- Брзина је релативан појам – мора да се каже увек у односу на које тело се гледа
- Релативност у физици - како различити посматрачи који се крећу један у односу на другога, мере карактеристичне физичке величине



Да ли нож који је испустио морнар на врху јарбола пада поред јарбола или не?

30

---

---

---

---

---

---

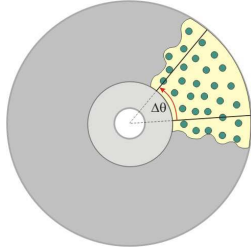
---

---

## Кинематика ротационог кретања



- ротационо кретање: тело се креће по кружним путањама чији центри леже на оси ротације
- уколико је брзина тела константна, кретање је униформно кружно кретање
- тачке које ротирају имају различите (линијске = периферијске) брзине  $v$  јер се налазе на различитој удаљености од осе ротације – даље се крећу брже.



31

---

---

---

---

---

---

---

---

## Кинематика ротационог кретања



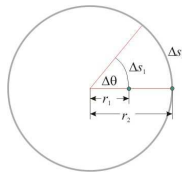
- ако се изврши ротација за пун угао, посматрана тачка је прешла пут једнак обиму кружнице  $2\pi r$

$$\Delta\theta = \frac{2\pi}{r} = 2\pi$$

- дефиниција радијана

$$2\pi \text{ rad} = 1 \text{ pun obrtaj} = 360^\circ$$

$$1 \text{ rad} = \frac{360^\circ}{2\pi} = 57,3^\circ$$



32

---

---

---

---

---

---

---

---

## Угаона брзина (13.10.2014.)

- линијска брзина није иста за све тачке тела које ротира – уводи се нова угаона брзина

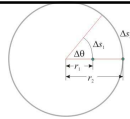
$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad \Delta s = r\Delta\theta$$

$$v = \frac{r\Delta\theta}{\Delta t} = r\omega$$

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

$$\omega = \frac{v}{r}$$

33




---

---

---

---

---

---

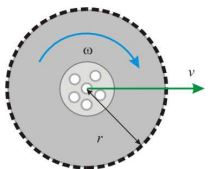
---

---

## Угаона брзина



- угаона брзина је вектор
- што је већа угаона брзина и што је већи полупречник тачкова то се брже креће аутомобил



$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

$$v = \omega r$$

34

---

---

---

---

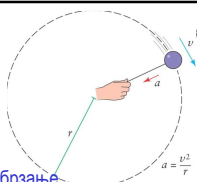
---

---

---

---

## Центрипетално убрзање



- брзина је вектор
- увек када се мења са временом постоји убрзање
- брзина може да се мења:
  - по интензитету
  - по правцу и смеру
- код униформне ротације се мења по правцу (вожња по кривини, ротација камена закаченог за канап, ротација Земље око Сунца)
- убрзање које се јавља услед промене правца брзине се назива **центрипетално убрзање**.

35

---

---

---

---

---

---

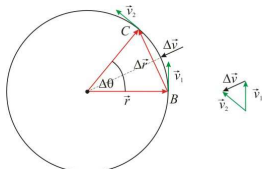
---

---

## Интензитет центрипеталног убрзања



- троугао који чине вектори положаја и брзина су **једнакокраки** и осим тога **слични**
- $\Delta v / v = \Delta r / r$
- **центрипетално убрзање**
- $a_c = \Delta v / \Delta t$
- $\Delta v = v \Delta r / r$
- $\Delta v / \Delta t = (v / r)(\Delta r / t) = v^2 / r$



- брзина је тангента на путању
- промена брзине је усмерена ка центру

36

---

---

---

---

---

---

---

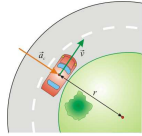
---

## Интензитет центрипеталног убрзања



$$a_c = \frac{v^2}{r} = r\omega^2$$

- центрипетално убрзање је пропорционално **квадрату** брзине!
- када дупло брже возимо аутомобил треба четири пута јаче да држимо волан да би савладали исту кривину



- аутомобил у кружном току

37

---

---

---

---

---

---

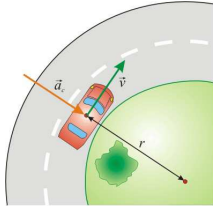
---

---

## Интензитет центрипеталног убрзања



- колико је центрипетално убрзање аутомобила ако је полупречник кружног тока 500 метара, а брзина аутомобила 25 м/с? Упоредити ово убрзање са убрзањем Земљине теже.
- $a_c = v^2/r = 1,25 \text{ m/s}^2$
- $a_c/g = 1,25/9,80 = 0,128$



- аутомобил у кружном току

38

---

---

---

---

---

---

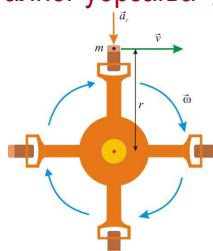
---

---

## Интензитет центрипеталног убрзања



- честица се налази на 7,50 цм од осе ротације ултрацентрифуге која прави 75 000 обртаја у минути. Одредити однос центрипеталног убрзања и гравитационог.
- $a_c = r\omega = (0,075\text{m})(7854 \text{ rad/s})^2 = 4,63 \times 10^6 \text{ m/s}^2$
- $a_c/g = 4,72 \times 10^5$
- 472 000 гравитационог убрзања



- ултрацентрифуга

$$\omega = 75000 \frac{\text{obrt}}{\text{min}} \cdot \frac{2\pi \text{ rad}}{\text{obrt}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60\text{s}} = 7854 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

39

---

---

---

---

---

---

---

---