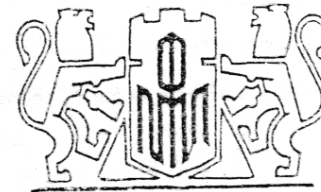


Handwritten signature or initials



Львівський фізико - математичний ліцей

Алексеичук Володимир Іванович

Конспекти з фізики
9 клас 1 семестр .
Кінематика . Динаміка .

м. Львів 2008

K-01

Механічний рух - зміна положення тіла у просторі відносно інших тіл з часом

ОЗМ - Основна Задача Механіки... Де? Коли?

Кінематика... (без причин)

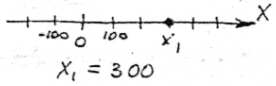
Мех. рух: поступальний, обертальний, коливальний

Поступальний рух - всі точки тіла однаково!

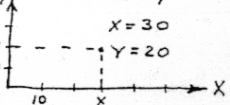
Модель - матеріальна точка { відстань >> за розміри тіла
можна знехтувати розмірами

Положення тіла - система відліку (СВ) { ① тіло відліку
② система координат
③ годинник

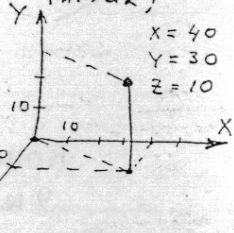
Одновимірна СВ
(трамвай)



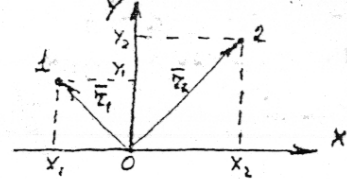
Двовимірна СВ
(човен)



Тривимірна СВ
(літак)



Положення тіла задають радіус вектором (r) ...



$r_1 = \sqrt{x_1^2 + y_1^2}$
 $r_2 = \sqrt{x_2^2 + y_2^2}$

Зкл Вступ, § 1-2, 3, 4, 5 Кінематика § 2

Фізика... Матерія... Явище природи...

Закони природи... Механіка...

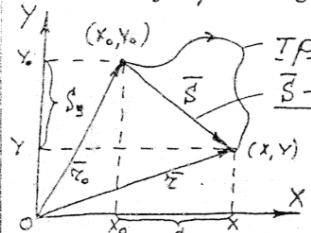
Впр. 1 Правила додавання векторів:

- 1 ...
- 2 ...

Проекція вектора на вісь...

K-02

Розв'язок ОЗМ - рівняння руху - залежність радіус вектора від часу $\vec{r} = \vec{r}(t)$
це рівнозначно $x = x(t)$
 $y = y(t)$



Траекторія... шлях...

S - модуль переміщення - скаляр

$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{S}$ { $x = x_0 + S_x$
 $y = y_0 + S_y$

$\vec{S} = \vec{r} - \vec{r}_0 = \Delta \vec{r}$

$S_x = x - x_0 > 0$ } складові (проекції)
 $S_y = y - y_0 < 0$ } переміщення

$S = \sqrt{S_x^2 + S_y^2} = \sqrt{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2}$

Траекторія тіла у різних СВ - різно (відносна руху)

Приклади: ① учень на уроці

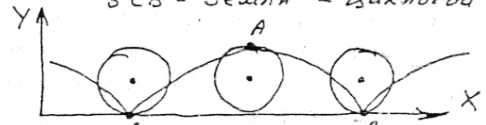
- 1 СВ - поверхня Землі - точка
- 2 СВ - центр Землі - коло
- 3 СВ - сонце - ...

② точка колеса під час руху

- 1 СВ - коло - точка
- 2 СВ - вісь колеса - коло
- 3 СВ - Земля - циклоїда

Рівняння траекторії -

- залежність y від x - $y = f(x)$

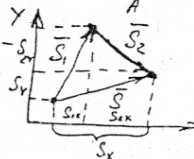


Додавання переміщень - додавання векторів

$\vec{S} = \vec{S}_1 + \vec{S}_2$

$S_x = S_{1x} + S_{2x}$

$S_y = S_{1y} + S_{2y}$



$S_{1x}; S_{2x}; S_x > 0$
 $S_{1y}; S_{2y} > 0; S_{2y} < 0$

Зкл §

Кінематика § 2, 1

§ 7, 6

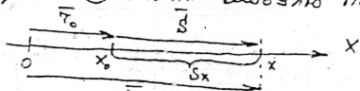
Впр. 2.

Правила додавання векторів:

- ① ...
- ② ...

K-03 Прямолінійний рівномірний рух ($\vec{v} = \text{const}$)

- 1) СВ-одновимірний
- 2) Шлях = модулю переміщення
- 3) $|\vec{s}| = |\Delta x|$



Рівняння руху: $\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}t$ проекція на ОХ: $x = x_0 + v_x t$

Рівномірний рух - рух при якому тіло, за рівні проміжки часу здійснює однакові переміщення

$\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}$ швидкість при рівномірному русі

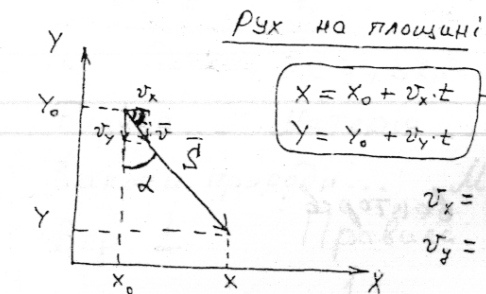
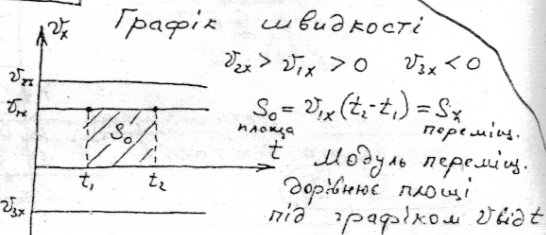
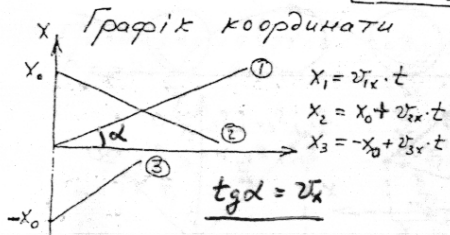
$\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t} = \frac{\vec{r} - \vec{r}_0}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$

$v_x = \frac{\Delta x}{\Delta t} = x'$ проекція швидкості на вісь ОХ.

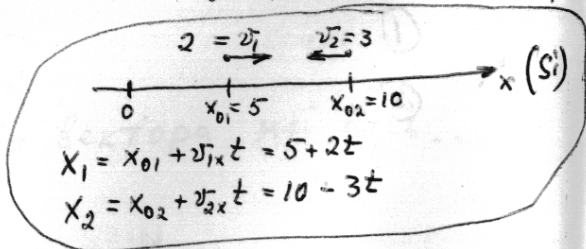
$v = \left[\frac{m}{c} \right]$ $v = 3 \frac{m}{c}$ - тіло за кожну секунду переміщується на 3м.

Спідометр... $36 \frac{km}{100} = 36 \frac{1000 m}{60 \cdot 60 s} = 10 \frac{m}{c}$

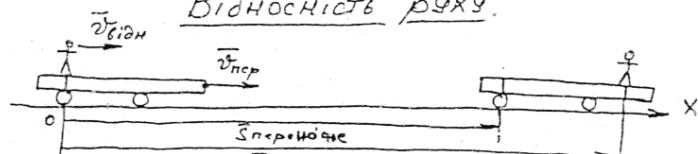
Рівняння руху - $\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}t$
 $x = x_0 + v_x t$



9 кл ст. 28-37



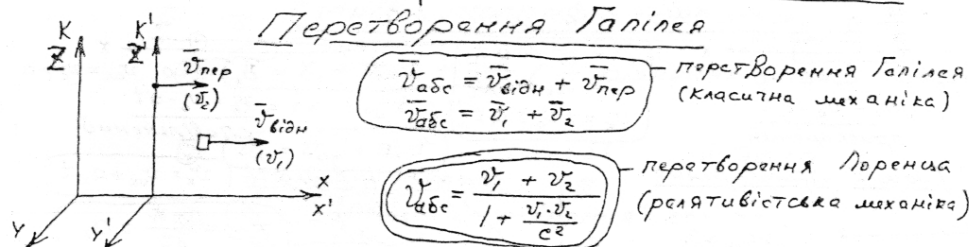
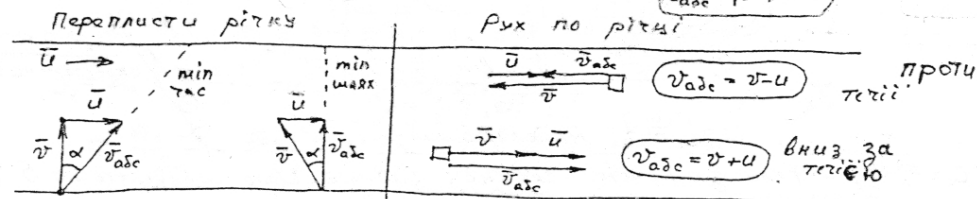
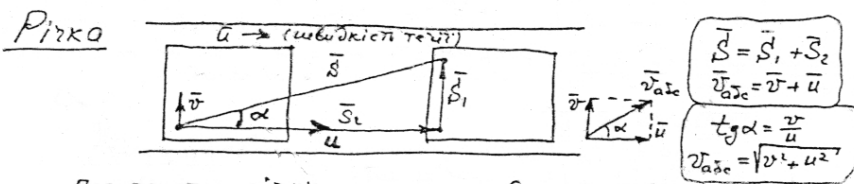
K-04 Відносність руху.



$\vec{s}_{абс} = \vec{s}_{відн} + \vec{s}_{пер}$ $\vec{v}_{абс} = \vec{v}_{відн} + \vec{v}_{пер}$

Свідомі закони в обох системах відліку і швидкості

ОХ: $s_{абс, x} = s_{відн, x} + s_{пер, x}$ $v_{абс, x} = v_{відн, x} + v_{пер, x}$



$c = 300\,000 \frac{km}{c}$ - швидкість світла у вакуумі
 Швидкість тіла не може перевищити швидкість світла у вакуумі

9 кл § стор. 37-45

K-05

Нерівномірний прямоліній рух
(швидкість руху з часом змінюється)

\bar{v}_c - середня швидкість

скаляр $\bar{v}_c = \frac{l}{t}$ весь шлях / весь час

вектор $\bar{v}_c = \frac{\vec{s}}{t} = \frac{\vec{s}_1 + \vec{s}_2 + \vec{s}_3 \dots}{t_1 + t_2 + t_3 \dots}$

\bar{v}_c має зміст тільки для даної ділянки траєкторії, даного інтервалу часу

\bar{v} - середня швидкість (спідометр)

\bar{v} - шв. у даній точці \bar{v} - шв. у даний момент часу

$\bar{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t}$

\bar{v} - швидкість, що визначається за такий малий інтервал часу, що рух на даній ділянці можна вважати рівномірним

Рівноприскорений рух - швидкість за будь-які рівні проміжки часу змінюється однаково.

Прискорення - a

$\bar{a} = \frac{\bar{v} - \bar{v}_0}{t}$

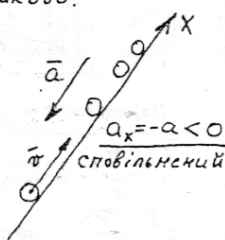
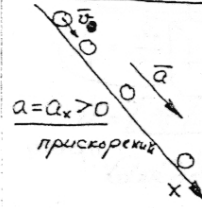
\bar{v}_0 - початкова шв.
 \bar{v} - кінцева шв.

$\bar{v} - \bar{v}_0 = \Delta \bar{v}$ - зміна шв.

$\bar{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \bar{v}}{\Delta t} = \bar{v}' = \bar{v}''$

$a_x = v_x' = x''$

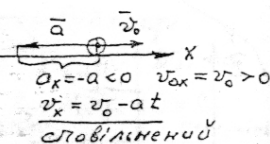
$a = [\frac{m}{c^2}]$ Акселерометр...



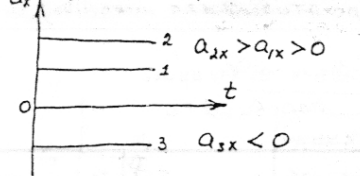
$a = 5 \frac{m}{c^2}$ - тіло за кожну секунду змінює свою швидкість на $5 \frac{m}{c^2}$

Середня швидкість

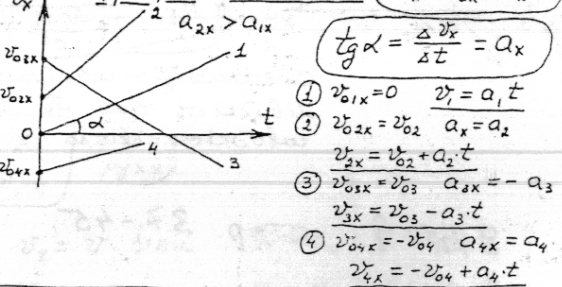
$\bar{v} = \bar{v}_0 + \bar{a}t$
 $v_x = v_{0x} + a_x t$
 $v_x = \pm v_0 \pm a t$



Графік прискорення



Графік швидкості $v_x = v_{0x} + a_x t$



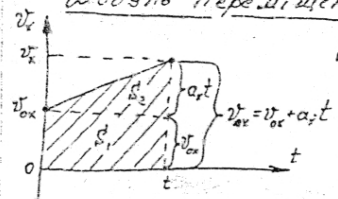
Зка 2 розділ стор 46-58

Кінематика §4 стор 18,19 Впр. 6.

K-06

Переміщення при прямолінійному рівноприскореному русі (0D-одновимірне)

Модуль переміщення = площі під графіком v від t (доведіть...)



$S_{\text{площа}} = S_1 + S_2 = v_{0x} \cdot t + \frac{(a_x \cdot t) \cdot t}{2} = v_{0x} \cdot t + \frac{a_x \cdot t^2}{2}$

$S_x = v_{0x} \cdot t + \frac{a_x \cdot t^2}{2}$ проекція переміщення при рівноприскореному русі

$\bar{v} = \bar{v}_0 + \bar{a}t$
 $x = x_0 + \bar{v}_x t$
 $x = x_0 + v_{0x} t + \frac{a_x \cdot t^2}{2}$
 $x = \pm x_0 \pm v_0 t \pm \frac{a \cdot t^2}{2}$

Рівняння руху

Якщо невідомо час руху -

$v_x = v_{0x} + a_x t \rightarrow t = \frac{v_x - v_{0x}}{a_x}$

$S_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}$ - р-ня без часу
 $S_x = \frac{v^2 - v_0^2}{\pm 2a}$

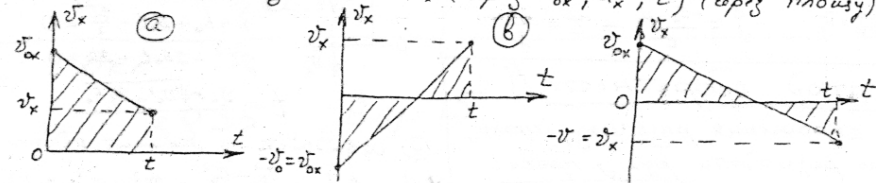
$S_x = v_{0x} \cdot t + \frac{a_x \cdot t^2}{2} = v_{0x} \cdot \frac{(v_x - v_{0x})}{a_x} + \frac{a_x \cdot (v_x - v_{0x})^2}{2 \cdot a_x^2} = \frac{v_{0x} \cdot v_x}{a_x} - \frac{v_{0x} \cdot v_{0x}}{a_x} + \frac{v_x^2}{2a_x} - \frac{2v_{0x} \cdot v_{0x}}{2a_x} + \frac{v_{0x}^2}{2a_x} = \frac{v_{0x}^2}{2a_x} - \frac{v_{0x}^2}{2a_x} = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}$

Основні формули кінематики !!!

- $x = x_0 + v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$ - рівняння руху
($x = \pm x_0 \pm v_0 t \pm \frac{a t^2}{2}$)
- $v_x = v_{0x} + a_x t$ - середня швидкість
 $v_x = \pm v_0 \pm a t$
- $S_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}$ - рівняння без часу
 $S_x = \frac{v^2 - v_0^2}{\pm 2a}$

Зка. §12 Кінематика стор 20-24

Завдання: 1) визначити S_x (через v_{0x}, a_x, t) (через площу)



Завдання: площа під віссю OX - від'ємна

- Доведіть, що при рівноприскореному русі $\bar{v}_c = \frac{\bar{v} + v_0}{2}$
 - Побудувати графік координати і шляху
 - $v_{0x} > 0 \quad a_x > 0$
 - $v_{0x} > 0 \quad a_x < 0$
 - $v_{0x} < 0 \quad a_x > 0$
 - $v_{0x} < 0 \quad a_x < 0$
- або $v_{0x} = \frac{v_x + v_0}{2}$

Зка. стор. 59-64 Впр 7

K-07

Вільне падіння - рух тіла тільки під впливом притягання до Землі (вакуум)

Галілео Галілей (1564-1642)

① Для всіх тіл, що вільно падають, прискорення однакове - прискорення вільного падіння - $g = 9,81 \text{ м/с}^2$

② \vec{g} - напрямлене вертикально вниз (не залежить від напрямку руху і швидкості тіла)

③ g - не залежить від маси, форми і розмірів тіла.

Рівняння руху -
$$\vec{z} = \vec{z}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{g t^2}{2}$$

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

I Тіло кинули вертикально вгору

① Рівняння руху $x = v_0 t - \frac{g t^2}{2}$
 ② Макс висота ($v=0$) $H = \frac{v^2 - v_0^2}{-2g} = \frac{v_0^2}{2g}$
 ③ Час руху вгору $t = \frac{v - v_0}{-g} = \frac{v_0}{g}$

II Тіло падає з висоти H

① р-ня руху $x = \frac{g t^2}{2}$
 ② Час падіння $H = \frac{g t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$
 ③ швидкість у момент падіння $v = v_0 + g t = g t = g \sqrt{\frac{2H}{g}} = \sqrt{2gH}$
 або $H = \frac{v^2 - v_0^2}{2g} = \frac{v^2}{2g} \Rightarrow v = \sqrt{2gH}$

III Рух симетричний

① Рух симетричний
 ② Повний час руху $x = v_0 t - \frac{g t^2}{2} = 0 \Rightarrow t = \frac{2v_0}{g}$
 ③ або $-g = \frac{v_k - v_0}{t}$ $v_k = -v_0$
 $-g = \frac{-v_0 - v_0}{t} \Rightarrow t = \frac{2v_0}{g}$

Метод оборотності!!

Для спрощення розв'язку, інколи, зручно розглядати рух у протилежному напрямку.

IV р-ня руху $x = h_0 + v_0 t - \frac{g t^2}{2}$

② Макс висота $H_k = \frac{v_1^2 - v_0^2}{-2g} + h_0 = \frac{v_0^2}{2g} + h_0$
 ③ Час польоту $x = h_0 + v_0 t - \frac{g t^2}{2} = 0$
 $g t^2 - 2v_0 t - 2h_0 = 0$
 $t = \frac{v_0 + \sqrt{v_0^2 + 2g h_0}}{g}$

④ швидкість у момент падіння v_k
 $x - h_0 = 0 - h_0 = \frac{v_k^2 - v_0^2}{-2g} \Rightarrow v_k^2 = v_0^2 + 2g h_0$
 $v_k = \sqrt{v_0^2 + 2g h_0}$

K-08

Рух тіла кинутого горизонтально.

Дослід: $v_{0y} = 0$ v_{0x} $t_1 = t_2$

Тіло кинуте горизонтально з певної висоти і тіло, що падає з тої ж висоти, впадуть на землю одночасно!! ($t_1 = t_2$)

Висновок: рух тіла кинутого горизонтально можна розглядати, як сукупність двох незалежних рухів (принцип незалежності рухів):

- ① в горизонтальному напрямі OX: рух рівномірний
- ② по вертикалі OY: рух рівноприскорений $\vec{a} = \vec{g}$

① р-ня руху
$$\begin{cases} OX: x = v_0 t \\ OY: y = H - \frac{g t^2}{2} \end{cases}$$

 ② р-ня траєкторії (виключимо з р-ня руху час-t)
 $t = \frac{x}{v_0}$ $y = H - \frac{g x^2}{2 v_0^2}$ - рівняння траєкторії (парабола) ($y = a - b x^2$)

③ Час падіння по OY: $y = 0 = H - \frac{g t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$

④ Дальність польоту: по OX: $x = l = v_0 \cdot t = v_0 \cdot \sqrt{\frac{2H}{g}} = l$

⑤ швидкість у момент падіння.

$$\begin{cases} v_{0x} = v_0 = \text{const} = v_x \\ v_{0y} = 0 \end{cases}$$

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

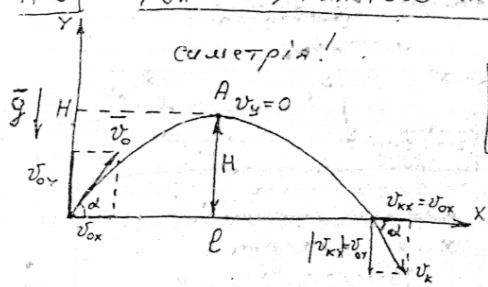
$|v_y| = |v_{0y} - g t| = |-g t| = g t = g \sqrt{\frac{2H}{g}} = \sqrt{2gH}$
 $v = \sqrt{v_0^2 + 2gH}$ $t g x = \frac{v_y}{v_x} = \frac{\sqrt{2gH}}{v_0}$

9 кл

§ 35 Впр 15

K-03

Рух тіла, кинятого під кутом до горизонту



симетрія!

Початкові умови:

$$v_{0x} = v_0 \cos \alpha \quad a_x = 0$$

$$v_{0y} = v_0 \sin \alpha \quad a_y = -g$$

З принципу незалежності руху:
Р-ня руху:

OX - рівномірно (1) $x = v_{0x} t = v_0 \cos \alpha \cdot t$
 OY - рівноприскорено (2) $y = v_{0y} t + \frac{a_y t^2}{2} = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{g t^2}{2}$

I Р-ня траєкторії з (1) $t = \frac{x}{v_0 \cos \alpha} \rightarrow$ (2) $y = v_0 \sin \alpha \cdot \frac{x}{v_0 \cos \alpha} - \frac{g x^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha}$

$y = x \cdot \tan \alpha - \frac{g x^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha}$ - парабола ($y = ax^2 + bx$)

II Час польоту (t) з (2) для $y=0 = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{g t^2}{2} \rightarrow t = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g}$

час руху до верхньої точки (A) траєкторії: $t_p = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{t}{2}$

III Max висота $H = \frac{v_y^2 - v_{0y}^2}{-2g} = \frac{v_{0y}^2}{2g} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$ $H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$

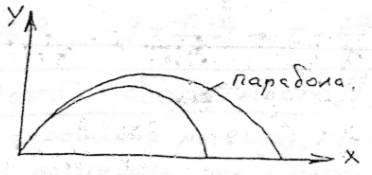
IV Дальність польоту $l = v_{0x} t = v_0 \cos \alpha \cdot \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$

$l = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$ max l при $\sin 2\alpha = 1$
 $2\alpha = 90^\circ \Rightarrow \alpha = 45^\circ$

V Кінцева швидкість з симетрії руху

$v_k = \sqrt{v_{kx}^2 + v_{ky}^2} = \sqrt{v_{0x}^2 + v_{0y}^2} = v_0$

VI Рух у повітрі - сила опору - балістична крива



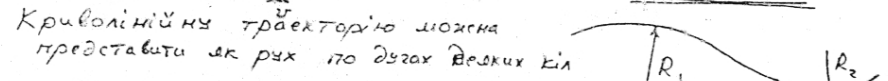
9 кл. стор 192-193 Впр 2.

$\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha$

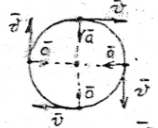
K-010

Криволінійний рух

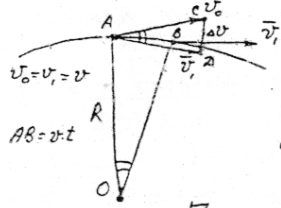
Миттєва швидкість тіла в будь-якій точці напрямлена по дотичній



Рівномірний рух по колу $v = \text{const}$
 напрям змінюється



Рівномірний рух по колу - прискорення напрямлене до центра кола - доцентрове прискорення - a_g



ΔOAB і ΔASC - подібні $\rightarrow \frac{\Delta v}{AB} = \frac{AC}{AO} = \frac{v}{R}$

$\Delta v = \frac{v \cdot AB}{R} = \frac{v \cdot (v \cdot t)}{R} = \frac{v^2 t}{R}$

$a_g = \frac{\Delta v}{t} = \frac{v^2 t}{t R} = \frac{v^2}{R}$ $a_g = \frac{v^2}{R}$

Параметри обертального руху

1 T-період обертання час одного оберту $T = \frac{S_1}{v} = \frac{2\pi R}{v}$ [с]

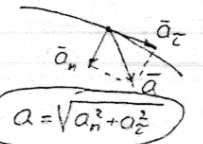
2 n-частота обертання кількість обертів за 1с $n = \frac{N}{t}$ [$\frac{1}{с} = с^{-1}$]

$n = \frac{1}{T} = \frac{v}{2\pi R}$

3 швидкість $v = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi R \cdot n$

4 прискорення $a_g = \frac{v^2}{R} = \frac{4\pi^2 R}{T^2} = 4\pi^2 R n^2$

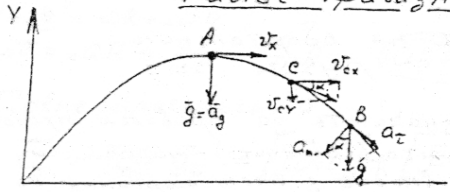
Нерівномірний криволінійний рух (доцентрове)



Прискорення розкладають на складові:
 a_n - нормальне прискорення (перпендикулярне до напрямку руху (відповідає за зміну напрямку))
 a_t - тангенціальне прискорення (дотичне) відповідає за зміну модуля v (лінійне)

$a = \sqrt{a_n^2 + a_t^2}$

Радіус кривизни траєкторії



$R_A = \frac{v_A^2}{g}$

$v_{Ax} = v_x$
 $v_{Ay} = v_{0y} - g t_B$ $\tan \epsilon = \frac{v_{Ay}}{v_{Ax}}$

$\tan \alpha_B = \frac{v_{Ay}}{v_{Ax}}$

$R_B = \frac{v_B^2}{a_n} = \frac{v_B^2}{g \cos \alpha_B}$

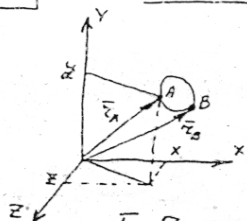
$= \frac{v_B^2}{g \cos \alpha_B}$

9 кл

Кінематика §8 ст. 57, 58 ст. 50

СТР 70-81 Впр 9

Рух твердого тіла (Т.Т.)



Положення Т.Т. (конкретної його точки) - визначається радіус вектором (трилисн координат) на осі x, y, z. СВ-трилісннр-ліва трилісннр векторів - ліва рука або правий збінт.

$$r_A = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

I Поступальний рух Т.Т. - ... (матеріальна точка...)

II Обертальний рух Т.Т. - такий рух, при зкомн всі точки Т.Т. рухаються по колах, центри яких лежать на одній прррррр, що називають віссю обертання, а площини кіл паралельні одна одній

Приклади: 1. Обертання Землі (день, ніч) 2. Ротори турбін, шестерні, вали 3. Відкривання дверей ч. лопасті вітряка.

III Дуже часто складні рухи = поступальний + обертальний

Приклад: Колесо автомобіля = обертання колеса навколо осі + поступальний рух по дорозі



Обертання навколо фіксованої осі

- 0-вісь обертання \perp площині малюнка
- Різні точки Т.Т. - різні відстані (радіуси обертання) \rightarrow різні швидкості \rightarrow різні прискорення
 $v_A > v_B$ $a_A > a_B$
- Різні точки Т.Т. - однакові кути повороту $\Delta\varphi_A = \Delta\varphi_B$

Положення точки Т.Т. можна задати радіус вектором і кутом φ_0 (φ - кінцеве положення) $\Delta\varphi = \varphi - \varphi_0$ - кут повороту

$$\varphi = \varphi_0 + \Delta\varphi \quad \text{р-ня руху} \quad (x = x_0 + \Delta x)$$

ω - вект) Рівномірний обертальний рух (обертання Землі, Цігнця)
- кожна точка Т.Т. за різні Δt повертається на однакові кути $\Delta\varphi$

$$\bar{\omega} = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \quad \text{кутова швидкість}$$

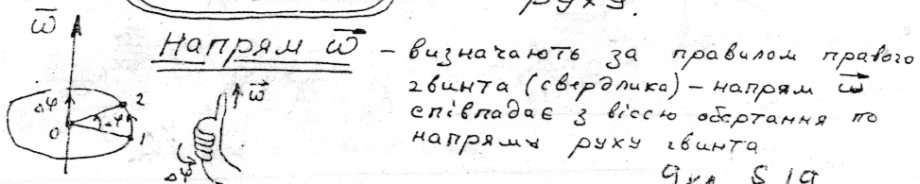
$$\omega = \left[\frac{\text{рад}}{\text{с}} \right]$$

$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \varphi'$$

$\Delta\varphi = \bar{\omega} \cdot \Delta t$ - кут повороту $\omega = 5 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ - за кожну секунду, кожна точка Т.Т. повертається на кут = 5 рад. відносно осі обертання.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \cdot n \quad \text{при рівномірному обертанні}$$

$$\varphi = \varphi_0 + \bar{\omega} t \quad \text{р-ня обертального руху}$$



Напрял $\bar{\omega}$ - визначають за правилом правого збінта (свердлика) - напрял $\bar{\omega}$ співпадає з віссю обертання по напрял руху збінта

9кл. § 19

Рівномірний (рівноприскорений) обертальний рух

$\bar{\omega}_0$ - середня кутова швидкість

$$\bar{\omega}_e = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$$

$\bar{\omega}$ - миттєва кутова швидкість у даній момент часу (у даній точці)

$$\bar{\beta} = \frac{\Delta\bar{\omega}}{\Delta t} = \frac{\bar{\omega} - \bar{\omega}_0}{t} \quad \text{кутове прискорення}$$

$$\beta = \left[\frac{\text{рад}}{\text{с}^2} \right]$$

$$\bar{\beta} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\bar{\omega}}{\Delta t} = \bar{\omega}' = \bar{\varphi}'' \quad \omega = v' = x''$$

Напрял $\bar{\beta}$ співпадає з напрялом $\Delta\bar{\omega}$

$\beta = 20 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$ - кутова швидкість за кожну секунду змінюється на $20 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$

$$\varphi = \varphi_0 \pm \omega_0 t \pm \frac{\beta t^2}{2} \quad \text{р-ня руху} \quad \Delta\varphi = \pm \omega_0 t \pm \frac{\beta t^2}{2} \quad \text{кут кількості повороту обертів}$$

$$N = \frac{\Delta\varphi}{2\pi}$$

Рух тотож Т.Т. що обертается $\Delta\varphi = 2\pi$ - один оберт

- 0-вісь обертання \perp площині малюнка
- $\bar{\omega}$ напрямлений до нас (\perp площині малюнка)
- радіуси обертання різних тотож - різні $R_B > R_A$
- Лінійні швидкості - різні $\frac{2\pi R_A}{T} = v_B > v_A = \frac{2\pi R_A}{T}$
- Нормальні (доцентрові) прискорення - різні $\frac{v_B^2}{R_B} > \frac{v_A^2}{R_A}$
- Кути повороту - однакові $\Delta\varphi_A = \Delta\varphi_B$
- Період і частота - однакові
- Кутові швидкості - однакові $\omega_A = \omega_B = \frac{2\pi}{T} = 2\pi n$

II Зв'язок $v, \bar{\omega}, R$

$$v = \frac{2\pi R}{T} = \omega \cdot R \quad \bar{v} = [\bar{\omega} \cdot \bar{R}] \quad \text{векторний добуток (ліва трилісннр векторів або правий збінт)}$$

$v = \omega R$ - лінійна швидкість

III Зв'язок $a_n, \bar{\omega}, \bar{R}$

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{\omega^2 R^2}{R} = \omega^2 R = \omega v \quad \bar{a}_n = [\bar{\omega} \cdot \bar{v}]$$

$$a_n = \omega^2 R = \omega v \quad \text{нормальне (доцентрові) прискорення}$$

IV Зв'язок $a_z, \bar{\beta}, \bar{R}$

$v = \omega R$ при зміні ω на $\Delta\omega$ змінюється і швидкість тіла на Δv , при $R = \text{const}$

$$(v + \Delta v) = (\omega + \Delta\omega) R$$

$$v + \Delta v = \omega R + \Delta\omega R$$

$$\Delta v = \Delta\omega R \Rightarrow \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} \cdot R \Rightarrow \bar{a}_z = \bar{\beta} R$$

тангенціальне (доцентрові) прискорення

V Повне прискорення

$$\bar{a} = \bar{a}_n + \bar{a}_z = [\bar{\omega} \cdot \bar{v}] + [\bar{\beta} \cdot \bar{R}]$$

$$a = \sqrt{a_n^2 + a_z^2} = \sqrt{\omega^2 v^2 + \beta^2 R^2}$$

9кл. § 19

Тахометр... (відцентровий, індукційний, стробоскопічний)

K-013 Основні формули кінематики

| | | |
|--|---|---|
| <p><u>Поступальний</u></p> $\vec{v} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}$ $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$ $\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t}$ $x = x_0 \pm v_0 t \pm \frac{a_x t^2}{2}$ $S_x = v_{0x} t \pm \frac{a_x t^2}{2}$ $S_x = \frac{v_x^2 - v_0^2}{\pm 2a_x}$ | <p>← рух →</p> <p>рівномірний рух</p> <p>↑ прискорення ↓ миттєва швидкість</p> <p>р-ня руху</p> <p>Переміщення (кут повороту)</p> <p>р-ня без t</p> | <p><u>Обертальний</u></p> $\vec{\omega} = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$ $\vec{\omega} = \vec{\omega}_0 + \vec{\beta}t$ $\vec{\beta} = \frac{\vec{\omega} - \vec{\omega}_0}{\Delta t}$ $\varphi = \pm \varphi_0 + \omega_0 t \pm \frac{\beta t^2}{2}$ $\Delta \varphi = \pm \omega_0 t \pm \frac{\beta t^2}{2}$ $\Delta \varphi = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{\pm 2\beta}$ |
|--|---|---|

Додаткові поняття і формули

$T = \frac{t}{N} = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi}{\omega}$ $n = \frac{N}{t} = \frac{v}{2\pi R} = \frac{\omega}{2\pi}$

Прискорення $\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_\tau = [\vec{\omega} \cdot \vec{v}] + [\vec{\beta} \cdot \vec{R}]$

$a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2} = \sqrt{(\omega \cdot v)^2 + (\beta R)^2}$

$a_n = \omega^2 R = \omega \cdot v = \frac{v^2}{R}$ $a_\tau = \beta R$

нормальне (доцентрове) (змінна напрямку) швидкості

тангенціальне (змінує модуль швидкості) (лінійне)

Миттєва вісь обертання $\vec{\omega}_0 = \vec{\omega}_A$ рух без проковзування.

① Миттєва вісь обертання проходить через т. А і \perp до площини малюнка.

② Кутові швидкості відносно осі О і осі А однакові!!! $\vec{\omega}_0 = \vec{\omega}_A$

$v_{адс} = \sqrt{v_{ад}^2 + v_{пр}^2}$ $v_{адс} = v_{ад} + v_{пр}$

$v_{адс} = \omega R_c$

$v_0 = \omega R$ $v_c = \omega 2R = 2v_0$ без проковзування!!!

③ $v_0 = \omega R$ - умова руху. З'явлення про обертання навколо миттєвої осі. Допустимо лише для розрахунку швидкостей, для прискорень не можна.

Відносності руху

$\vec{a}_{адс} = \vec{a}_{пер} + \vec{a}_{відн}$ тільки для поступального руху (для обертального не можна)

$\vec{a}_{відн}$ (прискор. в СВ-К')

$\vec{a}_{адс}$ - прискор. в СВ-К

K-1 Динаміка (рух тіл під дією сил)

При яких умовах { - тіло перебуває в спокої? } I
 { - рухається рівномірно? } II
 { - змінюється швидкість тіла? } III
 { - змінюється прискорення? } III

Основні задачі динаміки: якщо відомо $x_0, v_0 \rightarrow F \leftrightarrow a \leftrightarrow x$

| | | |
|--|--|--|
| Аристотель (V ст. до н.е.) Тільки міркування (рух тіла) | Г. Галілей (1564-1642) Дослід математики | І. Ньютон (1643-1727) Класична механіка - перша в історії закінчена теорія |
|--|--|--|

Закони руху (ЗСВ) Ньютона

I $\vec{F} = 0, \vec{F}_R = 0 \rightarrow \vec{v} = 0$ або $\vec{v} = const$ ($\vec{a} = 0$)

II $\vec{a} \neq 0 \rightarrow \vec{F} = m\vec{a}$ ($\vec{F}_R = \sum \vec{F}; \vec{F}_R = m\vec{a}$)

III при взаємодії $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$

I з-н. Н. (з чисельних спостережень) Галілей, Ньютон.

1. Земля-сфера | дії скомпенсовані - спокій $v=0$

2. Земля-нитка

3. Земля-вода | дії скомпенсовані - рух рівномірний

4. Земля-повітря

5. Дії немає | прямолінійний - $\vec{v} = const$

далеко від зорі

Явище інерції 3-н Унерції

Якщо дії немає, або всі дії скомпенсовані ($\vec{F}_R = 0$), тіло перебуває в спокої або рухається рівномірно ($\vec{v} = const, \vec{a} = 0$)

відносно чого?

Інерційні Система Відліку (ІСВ)

- а). в яких при $\vec{F}_R = 0 \rightarrow \vec{v} = const$
- б). які рухаються відносно ІСВ рівномірно прямолінійно.
1. Центр мас сонячної системи з осями на далекій зорі
 2. Земля? (техніка)
 3. Центр мас Землі (більша точність гіроскопія)

I з-н. Н (з-н. інерції) Існують такі СВ, відносно яких...

Не ІСВ - (вагон рухається прискоренно)

Принцип відносності (Галілея) - для всіх ІСВ

механічні явища протікають однаково при однакових початкових умовах

I ІСВ (вагон $\vec{v}=0$) } людина не відрізняє 1 і 2
 2 ІСВ (вагон $\vec{v}=const$) } спостерігаючи за поведінкою тіл в цих ІСВ } 9 кл

§ 25, 26 стор 84-90