

Міністерство освіти і науки України
Відокремлений структурний підрозділ
«Ковельський промислово-економічний фаховий коледж
Луцького національного технічного університету»



Фізика і астрономія

методичні вказівки до розв'язування задач з розділу
"Механіка"

для здобувачів освітньо-професійного ступеня

фаховий молодший бакалавр

усіх спеціальностей денної форми навчання

Ковель, 2023

УДК53.01/0982(07)

Ф-50

До друку _____ Надія КОВАЛЬЧУК. Перший

проректор. Голова Навчально-методичної ради ЛНТУ

Затверджено Навчально-методичною радою ЛНТУ,

протокол № _____ від « ____ » _____ 2023 року

Затверджено до видання методичною радою ВСП «КПЕФК ЛНТУ»

протокол № _____ від « ____ » _____ 2023 року

Голова методичної ради ВСП «КПЕФК ЛНТУ» _____ Ігор

ІЛЮШИК

Розглянуто і схвалено на засіданні циклової методичної комісії природничо-математичних дисциплін ВСП «Ковельський промислово-економічний фаховий коледж ЛНТУ», протокол № _____ від « ____ » _____ 2023 року.

Голова циклової методичної комісії _____ Жанна Кривош

Укладач: _____ Леонід Середа, викладач ВСП «КПЕФК ЛНТУ»

Рецензент: _____ Степан Бабарика, к.т.н., викладач ВСП «КПЕФК ЛНТУ»

Відповідальний за випуск: _____ Леся ПРОКОПЧУК,

методист ВСП «КПЕФК ЛНТУ»

Фізика і астрономія [Текст]: методичні вказівки до розв'язування задач з розділу "Механіка" для здобувачів освітньо-професійного ступеня фаховий молодший бакалавр усіх спеціальностей денної форми навчання/уклад. Леонід Середа. – Ковель: ВСП «КПЕФК ЛНТУ», 2023. – ____ с.
--

Видання містить методичні вказівки до розв'язування задач з розділу "Механіка". Направлені на формування у здобувачів практичних навичок та поглиблення знань, при розв'язуванні практичних задач. Призначене для здобувачів освітньо-професійного ступеня фаховий молодший бакалавр усіх спеціальностей денної форми навчання.

© Л.Середа, 2023

Фізика і астрономія [Текст]: методичні вказівки до розв'язування задач з розділу "Механіка" для здобувачів освітньо-професійного ступеня фаховий молодший бакалавр усіх спеціальностей денної форми навчання/уклад. Леонід Серeda. – Ковель: ВСП «КПЕФК ЛНТУ», 2023. – ____ с.

Комп'ютерний набір і верстка:

Леонід Серeda

Редактор:

Леонід Серeda

Вступ

Вивчення фізики передбачає засвоєння як фундаментальних фізичних законів, так і вміння аналізувати їх та вміти розв'язувати практичні задачі.

Методичне видання включає в себе основні поняття теоретичного матеріалу, алгоритмів розв'язування задач з кожного розділу та приклади розв'язування типових задач. Кожна задача має розв'язок із поясненням, а перед розв'язуванням даються методичні вказівки.

Дане методичне видання ставить за мету допомогти студентам оволодіти методами розв'язування задач, на основі найбільш раціональних методів і прийомів розв'язування задач по кожному розділу, приводяться основні закони і формули, які застосовуються при розв'язуванні цих задач.

Кінематика

При розв'язуванні задач з кінематики корисно дотримуватись наступного порядку виконання основних дій.

Уважно прочитавши умову задачі, в'яснити задані умови, виписати основні значення заданих величин, а також деякі додаткові дані, встановлені при аналізі задачі (наприклад, одночасність початку руху тіл, рівність координат тіл в момент їх зустрічі і т.п.)

Зробити схематичні креслення, які відображають описаний в задачі рух, Зобразити на ньому траєкторію руху, вектори швидкості, прискорення, переміщення.

Вибрати систему координат пов'язану з тілом відліку, показати напрямки координатних осей. Координатні осі вибираються так, щоб проекції векторів на них відображались найбільш простим способом. Вибрати початок відліку часу.

Скласти рівняння руху у векторній формі, а потім рівняння в скалярній формі, тобто в проекціях на осі координат. При цьому необхідно враховувати, що проекція вектора на вісь координат вважається додатною, якщо напрямки відповідної складової співпадає з додатним напрямком осі координат, в протилежному випадку вона вважається від'ємною.

Розв'язати утворену систему рівнянь відносно шуканих величин, тобто отримати розрахункові формули. Перевести всі відомі величини в систему СІ, підставити в розрахункові формули та провести обчислення. при підстановці числових значень величин їх вважають додатними, так як знаки проекцій векторів враховані при записі рівнянь.

Проаналізувати результат і сформулювати кінцевий результат.

Основні формули

1. Ви згадали про механічний рух та основні фізичні величини, які характеризують рівномірний прямолінійний і рівноприскорений прямолінійний рухи.

ПРЯМОЛІНІЙНИЙ РУХ	
Швидкість і прискорення напрямлені вздовж траєкторії руху тіла.	
рівномірний	рівноприскорений
Прискорення руху тіла: $a = 0$	Проекція прискорення руху тіла: a_x
Проекція швидкості руху тіла: $v_x = \frac{s_x}{t}$	Проекція швидкості руху тіла: $v_x = v_{0x} + a_x t$
Проекція переміщення тіла: $s_x = v_x t$	Проекція переміщення тіла: $s_x = v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$
Координата тіла: $x = x_0 + v_x t$	Координата тіла: $x = x_0 + v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$

2. Ви поглибили свої знання про рух тіла під дією сили тяжіння.

Рух тіла, кинутого вертикально	Рух тіла, кинутого горизонтально або під кутом α до горизонту
$a = g = 10 \text{ м/с}^2$ $v_y = v_{0y} + g_y t$ $y = y_0 + v_{0y} t + \frac{g_y t^2}{2}$	$l = v_0 t$ $h = \frac{g t^2}{2}$ $v = \sqrt{v_0^2 + g^2 t^2}$
	$l = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$ $h_{\max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$ $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$

3. Ви вивчили рівномірний рух тіла по колу.

Рівномірний рух по колу	
Період обертання: $T = t/N$; $[T] = 1 \text{ с (секунда)}$ Куткова швидкість: $\omega = 2\pi/T$; $[\omega] = 1 \text{ рад/с (с}^{-1}\text{)}$ Лінійна швидкість: $v = 2\pi r/T = \omega r$; $[v] = 1 \text{ м/с}$ Доцентрове прискорення: $a_{\text{дц}} = v^2/r = \omega^2 r$; $[a_{\text{дц}}] = 1 \text{ м/с}^2$	Прискорення $\vec{a}_{\text{дц}}$ напрямлене до центра кола; швидкість $\vec{v}$ — по дотичній до кола

Приклади розв'язування задач

1) Два потяги рухаються на зустріч один одному із швидкостями $V_1 = 12 \text{ м/с}$ та $V_2 = 18 \text{ м/с}$. Пасажир першого потяга помічає, що другий поїзд проїздить повз нього за $t_1 = 8 \text{ с}$. Яка довжина L другого поїзда?

Дано: $V_1 = 12 \text{ м/с}$ $V_2 = 18 \text{ м/с}$ $t_1 = 8 \text{ с}$	Зв'яжемо рухому систему відліку з першим поїздом. За початок координат O приймемо місце розташування пасажера, за додатний напрямок вісь OX - напрямок руху другого поїзда. Нерухома система відліку зв'язана із землею.
$L - ?$	

Відповідно до закону додавання швидкостей, $V_2 = V'_2 + V'_1$, де V'_2 - швидкість другого поїзда відносно першого. Звідси $V'_2 = V_2 - V_1$. Знаходимо проекцію вектора V'_2 на вісь $O'X'$: $V'_2 = V_2 - (-V_1) = V_2 + V_1$. Координати кінця другого поїзда в момент часу t дорівнює $X' = -L + (V_2 + V_1) \cdot t$

В момент часу t_2 t_1 , коли кінець другого поїзда проходить повз пасажира $x = 0$ тобто $0 = -L + (V_2 + V_1) * t_1$

$$L = (V_2 + V_1) * t_1 : L = (18 \text{ м\c} + 12 \text{ м\c}) * 8 \text{ с} = 240 \text{ м}$$

Відповідь: $L = 240 \text{ м}$.

2) Катер перепливає річку. Швидкість течії дорівнює V_1 , швидкість катера відносно води V_2 . Під яким кутом до берега повинен рухатися катер, щоб перепливати річку за найменший час? По найкоротшому шляху

Дано: V_1 ; V_2 ; L - ?

Нерухому систему координат XOY зв'яжемо з берегом, де початок координат O - це точка в якій катер починає рух, напрямком OX - вибираємо за течією річки вздовж берега. Вісь OY - перпендикулярна берегу. Відносно системи координат XOY катер рухається із швидкістю $V = V_2 + V_1$. Знаходимо проекції вектора V на осі координат OX та OY : $V_x = V_2 * \cos L + V_1$; $V_y = V_2 * \sin L$.

Запишемо рівняння залежності координат катера від часу

$$X = (V_1 + V_2 * \cos L) * t, Y = (V_2 * \sin L) * t.$$

Катер допливе до другого берега в момент часу $t = t_1$, коли $y = L$, де L - ширина річки. Час необхідний для того, щоб перепливати річку $t = L / (V_2 * \sin L)$.

Час буде мінімальним коли $\sin L = 1$, тобто $L = \pi/2$. Це значить, що катер весь час повинен рухатись перпендикулярно берегу.

Щоб перепливати річку по найкоротшому шляху із точки O в точку A , катер повинен рухатись так, щоб виконувалась рівність $x = 0$, тобто $(V_1 + V_2 * \cos L) * t = 0$. Звідки $\cos L = -V_1/V_2$. Тобто курс катера має бути таким, щоб виконувалась умова : $L > \pi/2$ та $|\cos L| = V_1/V_2$.

Відповідно перепливати річку по найкоротшому шляху катер зможе за умови $V_2 > V_1$ та $\beta = \pi/2$.

3) Із двох точок A та B , які розташовані на відстані 90 м, одночасно в одному напрямку почали рухатись два тіла. Тіло, що рухається з точки A має швидкість 5 м\с. Тіло, що рухається з точки B - швидкість 2 м\с. Через який час перше тіло наздожене друге? Яке переміщення здійснить кожне тіло? Задачу розв'язати аналітично і графічно.

Дано: $X_{02} = 90 \text{ м}$. $V_1 = 5 \text{ м\c}$. $V_2 = 2 \text{ м\c}$.	
--	--

Виберемо початок осі X в точці A . Напрямок осі X збігатиметься з напрямком руху тіла.

Рівняння руху матимуть вигляд:

$$X_1 = V_1 * t; X_{01} = 0$$

$$X_2 = X_{02} + V_2 * t$$

Де X_1 та X_2 - координати першого і другого тіла. Для точки C , в якій перше тіло наздожене друге $X_1 = X_2$, $t = t_1$. Відповідно : $V_1 * t_1 = X_{02} + V_2 * t_1$, де t_1 - час руху тіл до точки C .

$$t_1 = X_{02} / (V_1 - V_2) ; t_1 = 90 \text{ м} / (5 \text{ м/с} - 2 \text{ м/с}) = 30 \text{ с.}$$

$$\text{Відповідно переміщення тіл будуть : } S_1 = X_1 - X_{01} = V_1 * t_1; S_1 = 5 \text{ м/с} * 30 \text{ с} = 150 \text{ м.}$$

$$S_2 = X_2 - X_{02} = V_2 * t_1 : S_2 = 2 \text{ м/с} * 30 \text{ с} = 60 \text{ м.}$$

Графічне розв'язання

Відложимо в масштабі по осі абсцис час руху тіл t , а по осі ординат X_1 та X_2 тіл. Рівняння руху тіл будуть мати вигляд $X_1 = V_1 * t$ та $X_2 = X_{02} + V_2 * t$. Тобто залежність координати від часу зображуємо прямими 1 та 2.

Знаходимо координати точки перетину C : $t = 30 \text{ с}$, $X_1 = X_0 = 150 \text{ м}$.

Відповідно перше тіло наздожене друге через 30 с. Переміщення тіл відповідно дорівнюють $S_{1x} = X_1 = 150 \text{ м}$ та $S_{2x} = X_2 - X_{02} = 60 \text{ м}$.

4) Першу половину шляху автомобіль рухався зі швидкістю 10 м/с, а другу половину із швидкістю 15 м/с. Яка середня швидкість руху автомобіля?

Дано: $V_1 = 10 \text{ м/с}$; $V_2 = 15 \text{ м/с}$; $S_1 = S_2$; V_c - ?

Із визначення середньої швидкості $V_c = S / t$ відповідно $S = S_1 + S_2$ і враховуючи умову задачі $S = 2S_1$; $t = t_1 + t_2$ та із формули $S = V * t$ маємо, що $t_1 = S_1 / V_1$ та $t_2 = S_2 / V_2 = S_1 / V_2$

Отримані значення підставляємо в формулу: $V_c = 2S_1 / (S_1 / V_1 + S_1 / V_2) = 2S_1 / S_1 * (1 / V_1 + 1 / V_2) = 2 / (1 / V_1 + 1 / V_2)$; $V_c = 2 * V_1 * V_2 / (V_1 + V_2)$; $V_c = (2 * 10 \text{ м/с} * 15 \text{ м/с}) / (10 \text{ м/с} + 15 \text{ м/с}) = 12 \text{ м/с}$.

5) Автомобіль починає рухатись без початкової швидкості та проїжджає перший кілометр із прискоренням a_1 , другий - з прискоренням a_2 . При цьому на першому кілометрі його швидкість зростає на 10 м/с, а на другому - на 5 м/с. Яке прискорення більше a_1 чи a_2 ?

Дано: $S_1 = S_2 = 1 \text{ км} = 1000 \text{ м}$; $V_0 = 0 \text{ м/с}$; $V_1 = 10 \text{ м/с}$; $V_2 = 15 \text{ м/с}$; a_1, a_2 - ?

Нехай вісь OX співпадає з напрямком руху автомобіля, початок відліку буде знаходитись в точці в якій автомобіль починає рух. Запишемо рівняння руху автомобіля і формули швидкості $X = X_0 + V_0 * t + a * t^2 / 2$, $V = V_0 + a * t$. В кінцевій точці першої ділянки рівняння матимуть вигляд: $S_1 = X_1 - X_{01} = a_1 * t_1^2 / 2$; $V_1 = a_1 * t_1$.

Розв'язуючи систему рівнянь отримаємо $V_1 = 2 * a_1 * S_1$, звідки $a_1 = V_1^2 / 2 * S_1$;

$$a_1 = (10 \text{ м/с})^2 / 2 * 1000 \text{ м} = 0.05 \text{ м/с}^2$$

Для кінцевої точки другої ділянки рівняння приймуть вигляд: $S_2 = X_2 - X_{02} = V_1 * t_2 + (a_2 * t_2^2 / 2)$ так як $V_{02} = V_1$; $V_2 = V_1 + a_2 * t_2$.

Перетворюючи дані рівняння отримаємо : $V_2^2 - V_1^2 = 2 * a_2 * S_2$

$$a_2 = (V_2^2 - V_1^2) / 2 * S_2; a_2 = (15 \text{ м/с})^2 - (10 \text{ м/с})^2 / 2 * 1000 \text{ м} = 0.0625 \text{ м/с}^2$$

Відповідно $a_2 > a_1$

Відповідь: $a_2 > a_1$.

6) При рівноприскореному русі із стану спокою тіло проходить за п'яту секунду 90 см. Визначте переміщення тіла за сьому секунду.

Дано: $S_5 = 90 \text{ см} = 0.9 \text{ м}$ $S_7 = ?$	
---	--

Проведемо вісь X в напрямку руху тіла, початок осі виберемо в точці O , із якої тіло розпочало рух.

Тоді у відповідності рівняння руху тіла $X_4 = a * t_4^2 / 2$; $X_5 = a * t_5^2 / 2$, де відповідно $t_4 = 4 \text{ с}$, $t_5 = 5 \text{ с}$. Переміщення тіла за п'яту секунду $S_5 = X_5 - X_4 = (a / 2) * (t_5^2 - t_4^2)$ де $t_5 = 5 \text{ с}$, $t_4 = 4 \text{ с}$. Підставимо в дане рівняння значення прискорення $S_7 = 2 * S_5 * ((t_7^2 - t_4^2) / (t_5^2 - t_4^2))$.

Підставляємо значення в отриману формулу: $S_7 = 0.9 \text{ м} * (49 \text{ с}^2 - 16 \text{ с}^2) / (25 \text{ с}^2 - 16 \text{ с}^2) = 1.3 \text{ м}$.

Відповідь : $S_7 = 1.3 \text{ м}$

7) З повітряної кулі, яка опускається вниз з постійною швидкістю 2 м/с, кинули вертикально вгору м'яч із швидкістю 18 м/с відносно землі. Визначте відстань між кулею і м'ячем в момент коли м'яч досягне найвищої точки підйому. Через який час м'яч пролетить повз повітряну кулю вниз?

Дано: $V_{01} = 2 \text{ м/с}$ $V_{02} = 18 \text{ м/с}$ $S = ?$ t	
--	--

Направимо вісь Y вертикально вгору, початок відліку буде відповідати точці O в якій знаходилась повітряна куля в момент кидання м'яча. Рівняння руху повітряної кулі і м'яча будуть мати вигляд : $y_1 = V_{01} * t$; $y_2 = V_{02} * t - g * t^2 / 2$. Швидкість руху м'яча змінюється за законом : $V = V_{02} - g * t$. В найвищій точці A підйому швидкість м'яча дорівнюватиме нулю : $0 = V_{02} - g * t_{\max}$, відповідно час піднімання м'яча $t_{\max} = V_{02} / g$

Координати м'яча в точці A : $y_{2a} = V_{02} * t_{\max} - g * t_{\max}^2 / 2 = V_{02} * V_{02} / g - g * V_{02}^2 / 2 * g = V_{02}^2 / 2 * g$.

За цей час $t_{\max}$ повітряна куля опуститься в точку B з координатою $y_{1B} = - V_{01} * t_{\max} = - V_{01} * V_{02} / g$. Відстань між точками A та B дорівнює : $|AB| = |AO| + |OB| = |y_{2a}| + |y_{1B}| = V_{02}^2 / 2 * g + V_{01} * V_{02} / g = V_{02} / g * (V_{02} + 2 * V_{01})$; $AB = 18 \text{ м/с} / 2 * 4.8 \text{ м/с}^2 * (18 \text{ м/с} + 2 * 2 \text{ м/с}) = 20 \text{ м}$.

В момент t , коли м'яч пролетить повз повітряну кулю координати тіл будуть однакові ($y_1 = y_2$) відповідно: $v_{01} * t = V_{02} * t - g * t^2 / 2$, звідки $t = 2 * (V_{01} + V_{02}) / g$; $t = 2 * (2 \text{ м/с} + 18 \text{ м/с}) / 9,8 \text{ м/с}^2 = 4 \text{ с}$

8) М'яч, кинутий вертикально вгору, впав на землю через 3 с. З якою швидкістю був кинутий м'яч і на яку висоту він піднявся?

Дано: T1 = 3 с V0 - ? Ymax - ?	
---	--

Направимо вісь Y вертикально вгору, початок осі O беремо на поверхні землі. Тоді рівняння руху тіла і формула швидкості будуть мати вигляд: $y = V_0 * t - g * t^2 / 2$; $V = V_0 - g * t$.

На поверхні землі $t = t_1$, $y = 0$, тоді $0 = V_0 * t_1 - g * t_1^2 / 2$;

$$V_0 = g * t_1 / 2; V_0 = (9 \text{ м/с}^2 * 3 \text{ с}) / 2 = 14,7 \text{ м/с}.$$

В найвищій точці A підйом м'яча $t = t_{\max}$, $y = y_{\max}$; $V = 0$, тоді $0 = V_0 - g * t_{\max}$ звідки $t_{\max} = V_0 / g$

$$Y_{\max} = V_0 * t_{\max} - g * t_{\max}^2 / 2 = V_0 * V_0 / g - g / 2 * (V_0 / g)^2 = V_0^2 / 2 * g$$

$$Y_{\max} = (14,7 \text{ м/с})^2 / 2 * 9,8 \text{ м/с}^2 = 11 \text{ м}.$$

Відповідь: $V_0 = 14,7 \text{ м/с}$; $y_{\max} = 11 \text{ м}$.

9) Літак летить горизонтально із швидкістю 360 км / год на висоті 490 м. Коли пролітає над точкою A з його кидають пакет. На якій відстані від точки A пакет впаде на землю?

Дано:
 $V_0 = 360 \text{ км/год} = 100 \text{ м/с}$
 $H = 490 \text{ м}$

$S = ?$

Направимо вісь X горизонтально, початок координат помістимо в точку A . Запишемо рівняння руху пакета по осям координат OX : $X = V_0 * t$; OY : $y = y_0 - g * t^2 / 2$, де $y_0 = h$. Для точки падіння B ($t = t_1$, $x = x_0$, $y = y_0 = 0$), тоді рівняння руху приймуть вигляд $X_b = V_0 * t_1$; $0 = h - g * t^2 / 2$

Час руху пакета до точки B знайдемо із рівняння $t_1 = \sqrt{2 * h / g}$

Шукана відстань $S = X_b$ знайдемо таким чином: $S = V_b * t_1 = V_0 * \sqrt{2h / g}$;

$S = 100 \text{ м/с} * \sqrt{2 * 490 \text{ м} / 9.8 \text{ м/с}^2} = 1000 \text{ м}$.

Відповідь : $S = 1000 \text{ м}$.

10) Тіло підкинуто з початковою швидкістю V_0 під кутом L до горизонту. Зайдіть швидкість тіла у найвищій точці підйому і в точці його падіння на горизонтальну пощину.

Дано:
 V_0
 L
 $V_a = ?$
 $V_b = ?$

Побудуємо траєкторію руху тіла у вибраній системі координат. В будь-якій точці траєкторії загальна швидкість руху тіла буде мати дві складові V_x (горизонтальна) та V_y (вертикальна) і визначатись за формулою $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$ де $V_x = V_{0x}$, а $V_y = V_{0y} - g * t$.

В найвищій точці траєкторії (т.А) $V_x = V_{0x} = V_0 * \cos L$, $V_y = 0$. Відповідно повна швидкість тіла в точці A : $V_a = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = \sqrt{V_x^2} = \sqrt{V_0^2 * \cos^2 L} = V_0 * \cos L$.

Вектор швидкості в точці A направлений горизонтально. Для точки B падіння тіла на землю отримаємо : $V_x = V_{0x} = V_0 * \cos L$, $V_y = V_{0y} - g * t_b$, де час руху тіла до точки B може бути підраховано по формулі : $0 = V_{0y} * t_b - g * t_b^2 / 2$, звідки $t_b = (2 * V_0 / g) * \sin L$; $V_y = V_0 * \sin L - g * (2 * V_0 / g) * \sin L = - V_0 * \sin L$.

Повна швидкість в точці В : $V_b = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = \sqrt{V_0^2 \cos^2 L + V_0^2 \sin^2 L} = V_0 \cdot \sqrt{\cos^2 L + \sin^2 L} = V_0$. Напрямок вектора швидкості тіла в точці В із малюнка видно, що $\tan L = V_y/V_x = -V_0 \sin L / V_0 \cos L = -\tan L$

11) Визначте доцентрове прискорення точок земної поверхні на екваторі, на широті 45 градусів та на полюсі, що утворюється добовим обертанням Землі.

Дано: $T = 24 \text{ год} = 8.64 \cdot 10^4 \text{ с}$ $\Phi = 45 \text{ градусів} = 0.79 \text{ рад}$	
--	--

Точка А земної поверхні на екваторі описує разом із Землею за добу один повний оберт. Відповідно, лінійна швидкість : $V_a = l/t = 2 \cdot \pi \cdot R / T$, де l - довжина кола земного екватора, R - радіус Землі. Доцентрове прискорення точки А : $a_A = V_a^2 / R = 4 \cdot \pi^2 \cdot R / T^2 = 4 \cdot \pi^2 \cdot R / T^2$; $a_A = 4 \cdot (3.14)^2 \cdot 6.36 \cdot 10^6 \text{ м} / (8.64 \cdot 10^4)^2 \text{ с}$.

Лінійна швидкість точки В земної поверхні, яка знаходиться на широті Φ дорівнює :

$V = l/t = 2 \cdot \pi \cdot r / T$, де r - радіус кола, що описує точка В. Із малюнка знаходимо, що $r = R \cdot \cos \Phi$

За визначенням доцентрове прискорення точки В : $a_B = V^2 / r$

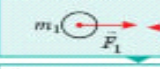
$a_B = (2 \cdot \pi \cdot r)^2 / T^2 \cdot r = 4 \cdot \pi^2 \cdot r / T^2 = 4 \cdot \pi^2 \cdot R / T^2 \cdot \cos \Phi$

Цей вираз можна записати як : $a_B = a_A \cdot \cos \Phi$; $a_B = 3.4 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}^2 \cdot 0.7 = 2.38 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}^2$.

В точці С лінійна швидкість дорівнює нулю, відповідно доцентрове прискорення теж рівне нулю.

Динаміка

Формули

1. Ви згадали найважливіші закони динаміки — закони Ньютона.		
Перший закон Ньютона постулює наявність інерціальних систем відліку	Другий закон Ньютона основний закон динаміки: $\vec{a} = \vec{F} / m$	Третій закон Ньютона закон взаємодії: $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$
2. Ви поглибили свої знання щодо різних видів сил у механіці.		
Гравітаційні Сила всесвітнього тяжіння: $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$  Сила тяжіння $F_{\text{тяг}} = mg$ $F_{\text{тяг}} = G \frac{mM_2}{(R_2 + h)^2}$ 	СИЛИ В МЕХАНІЦІ Сила тертя Сила тертя спокою: $F_{\text{тертя сп}} = F_{\text{опора}}$ Сила тертя ковзання: $F_{\text{тертя ковз}} = \mu N$ Сила опору середовища залежить від форми, розмірів і швидкості руху тіла, від густини та в'язкості середовища	Електромагнітні Сила пружності: $F_{\text{пружн. в}} = -kx$ Вага тіла • $P = mg$, якщо $a = 0$ • $P = m(g + a)$, якщо $\vec{a} \uparrow \vec{g}$ • $P = m(g - a)$, якщо $\vec{a} \uparrow \uparrow \vec{g}$ • $P = 0$, якщо $\vec{a} = \vec{g}$ 
3. Ви досліджили умови рівноваги тіл, ознайомилися з видами рівноваги тіл.		
Умови рівноваги тіла		
Сили, що діють на тіло, скомпенсовані: $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = 0$		Сума моментів сил дорівнює нулю: $M_1 + M_2 + \dots + M_n = 0$, де $M = Fl$
4. Ви згадали такі фізичні величини, як механічна робота, механічна енергія, потужність.		
Механічна робота міра дії сили на тіло: $A = F_{\text{сосоа}}$ Потужність швидкість виконання роботи: $P = \frac{A}{t}$; $P = F_x v$	Механічна енергія характеризує адатність тіла виконувати роботу Потенціальна енергія — енергія взаємодії Е _р піднятого тіла: $E_p = mgh$ Е _р пружно деформованого тіла: $E_p = kx^2 / 2$ Кінетична енергія — енергія руху: $E_k = \frac{mv^2}{2}$ Закон збереження механічної енергії: у замкненій системі тіл, які взаємодіють тільки консервативними силами, повна механічна енергія зберігається: $E_{k0} + E_{p0} = E_k + E_p$	
5. Ви сформулювали другий закон Ньютона «мовою» імпульсу та згадали закон збереження імпульсу.		
Зміна імпульсу тіла дорівнює імпульсу сили: $\Delta \vec{p} = \vec{F}t$ Імпульс тіла: $\vec{p} = m\vec{v}$ Імпульс сили: $\vec{F}t$		Закон збереження імпульсу: у замкненій системі тіл геометрична сума імпульсів тіл системи залишається незмінною після будь-яких взаємодій тіл цієї системи між собою: $\vec{p}_{01} + \vec{p}_{02} + \dots + \vec{p}_{0n} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots + \vec{p}_n$

Динаміка вивчає причини виникнення або зміни руху тіл. В механіці маємо справу з трьома видами сил :

- Силою пружності, яка виникає при деформаціях опори N або нитки (T);
- Силою тяжіння $P = m \cdot g$;
- Силою тертя $F = k \cdot N$, де k - коефіцієнт тертя;

N - сила нормальної реакції опори

Для створення розв'язків приймаємо, що всі сили прикладені до центра мас тіла.

При розв'язуванні задач з динаміки необхідно звернути увагу на правильне застосування другого закону Ньютона.

Перш за все необхідно виконати малюнок до задачі, на якому вказуємо систему відліку, розставляємо всі сили, які діють на тіло і там де необхідно вказуємо напрям векторів швидкості та прискорення. Записуємо рівняння другого закону Ньютона у векторній формі, проектуємо його на вибрані напрямки осей X та Y і розв'язуємо отриману систему рівнянь.

Слід зауважити, що інерціальну систему відліку (тобто систему відліку відносно якої виконуються закони Ньютона) при розв'язуванні задач будемо прив'язувати до миттєвого положення рухомого тіла.

Проекціями вектора F на осі OX і OY називають найкоротші відстані від початку вектора F (т. O) до основ перпендикулярів A та B , які опущені із кінця вектора F на відповідні осі координат. Із малюнка видно, що $F_x = |OA| = F \cdot \cos L$; $F_y = |OB| = F \cdot \sin L$.

Якщо в русі знаходиться не одне, а декілька тіл зв'язаних між собою, то необхідно для кожного тіла окремо виконати всі вище вказані дії і розв'язати систему рівнянь.

12) Вагон масою 20 т рухається рівносповільнено з прискоренням 0.3 м/с^2 і початковою швидкістю 54 км/год. Знайдіть силу гальмування, яка діє на вагон, час руху вагона до повної зупинки та його переміщення.

Дано : $A = 0.3 \text{ м/с}^2$ $V_{02} = 54 \text{ км/год} = 15 \text{ м/с}$ $F_{\text{тр}} - ?$ $T - ?$ $S - ?$	
---	--

На вагон діють сила тяжіння $m \cdot g$, сила тертя $F_{\text{тр}}$ і сила нормальної реакції N . Запишемо рівняння другого закону Ньютона у векторній формі : $m \cdot g + F_{\text{тр}} + N = m \cdot a$.

Дадотний напрямок осі X приймемо напрямком руху вагона. Рух вагона рівносповільнений, то вектор прискорення напрямлений в протилежну сторону напрямку руху. Зпроектуємо обидві частини рівняння на вісь X отримаємо :

$$-F_{\text{тр}} = -m \cdot a \text{ або } F_{\text{тр}} = m \cdot a;$$

$$F_{\text{тр}} = 20000 \text{ кг} \cdot 0.3 \text{ м/с}^2 = 6000 \text{ Н} = 6 \text{ кН}$$

Час руху вагона до зупинки і пройдений їм шлях знайдемо із рівнянь кінетики :

$$V_0^2 = 2 \cdot a \cdot S; S = V_0^2 / 2 \cdot a; S = (15 \text{ м/с})^2 / 2 \cdot 0.3 \text{ м/с}^2 = 375 \text{ м}.$$

$$\text{Та } V = V_0 - a \cdot t \text{ звідки } 0 = V_0 - a \cdot t$$

$$T = V_0 / a; t = 15 \text{ м/с} / 0.3 \text{ м/с}^2 = 50 \text{ с}.$$

Відповідь : 6 кН; 375 м; 50 с.

13) Тіло масою 3 кг падає в повітрі з прискоренням 8 м/с^2 . Знайдіть силу опору повітря.

Дано : $m = 3 \text{ кг}$ $a = 8 \text{ м/с}^2$ $F - ?$	
--	--

На тіло, яке падає в повітрі діють : mg - сила тяжіння та F - сила опору повітря. Рух тіла буде рівноприскореним, вектор прискорення напрямлений в сторону руху тіла. Запишемо для тіла рівняння другого закону Ньютона у векторній формі : $m \cdot g + F = m \cdot a$

Проведемо вісь Y у напрямку руху тіла та спроектувавши на вісь Y сили, запишемо рівняння в скалярній формі : $m * g - F = m * a$, звідки $F = m * g - m * a = m * (g - a)$

$$F = 3 \text{ кг} * (9,8 \text{ м/с}^2 - 8 \text{ м/с}^2) = 5,4 \text{ Н}$$

Відповідь : 5,4 Н

14) Автомобіль масою 1 т піднімається на похилій площині з кутом нахилу 30 градусів під дією сили тяги 7 кН. Коефіцієнт тертя між шинами автомобіля і поверхнею шосе 0,1. Знайдіть прискорення автомобіля.

Дано : $m = 1 \text{ т} = 1000 \text{ кг}$ $F = 7 \text{ кН} = 7000 \text{ Н}$ $L = 30$ градусів $k = 0,1$ $a - ?$	
---	--

На автомобіль діють : mg – сила тяжіння; N – сила нормальної реакції опори ; F - сила тяги; $F_{тр}$ - сила тертя;

Вектор прискорення за умовою задачі напрямлений вгору по похилій площині. Запишемо для автомобіля другий закон Ньютона у векторній формі : $m * g + F + F_{mp} + N = m * a$

Спроекуємо обидві частини рівняння на векторні напрямки осей X та Y :

- $m * g * \sin L + F - F_{mp} = m * a$;
- $m * g * \cos L + N = 0$;

Знаходимо $N = m * g * \cos L$, враховуючи , що $F_{mp} = k * N = k * m * g * \cos L$

Рівняння матиме вигляд : - $m * g * \sin L + F - k * m * g * \cos L = m * a$, звідки $a = F - m * g * (\sin L + \cos L) / m$; $a = 7000 \text{ Н} - 1000 \text{ кг} * 9,8 \text{ Н/кг} * (0,5 + 0,1 * 0,87) / 1000 \text{ кг} = 1,2 \text{ м/с}^2$

Відповідь : 1,2 м/с²

15) Вантаж масою 5 кг зв'язаний нерозтяжною ниткою, перекинута через нерухомий блок з другим вантажем масою 2 кг, який рухається вниз по похилій площині. Знайдіть силу натягу нитки та прискорення з яким рухається вантаж, якщо коефіцієнт тертя між вантажем і площиною 0,1. Кут нахилу площини 36 градусів. Масою нитки, а також тертям об блок знехтувати.

Дано : $m_1 = 5 \text{ кг}$ $m_2 = 2 \text{ кг}$ $k = 0,1$ $L = 36$ градусів $t - ?$; $a - ?$	
---	--

Розглянемо рух кожного вантажа окремо. На перший вантаж діє : $m_1 g$ - сила тяжіння ; N - сила реакції опори похилої площини ; T_1 - сила натягу нитки ; $F_{тр}$ - сила тертя ;

За умовою задачі, вектор прискорення a_1 для першого вантажа напрямлений вниз вздовж похилої площини. Запишемо для першого вантажу рівняння другого закону Ньютона у векторній формі : $m_1 * g + N + T_1 + F_{mp} = m_1 * a_1$

Спроекуємо це рівняння на вибрані напрямки осей X_1 та Y_1 , отримаємо : $m_1 * g * \sin L - T_1 - F_{mp} = m_1 * a_1$; $-m_1 * g * \cos L + N = 0$

Звідки $N = m * g * \cos L$ та $F_{mp} = k * N = k * m * g * \cos L$, тоді $m_1 * g * \sin L - T_1 - k * m * g * \cos L = m_1 * a_1$

На другий вантаж діють : $m_2 * g$ - сила тяжіння ; T_2 - сила натягу нитки;

Прискорення a_2 другого вантажу напрямлена вертикально вгору. Запишемо рівняння другого закону Ньютона у векторній формі : $m_2 * g + T_2 = m_2 * a_2$

Спроекувавши сили на вісь Y_2 отримаємо : $-m_2 * g + T_2 = m_2 * a_2$

Отримані рівняння : $m_1 * g * \sin L - T_1 - k * m_1 * g * \cos L = m_1 * a$; $-m_2 * g + T_2 = m_2 * a$

Додамо почленно дані рівняння : $m_1 * g * \sin L - T_1 - k * m_1 * g * \cos L - m_2 * g + T_2 = m_1 * a + m_2 * a$; Враховуючи, що $T_1 = T_2$ та $a_1 = a_2$ отримаємо: $m_1 * g * (\sin L - k * \cos L) - m_2 * g = a * (m_1 + m_2)$; $a = m_1 * g * (\sin L - k * \cos L) - m_2 * g / m_1 + m_2 = m_1 * (\sin L - k * \cos L) - m_2 / m_1 + m_2 * g$;

$$a = 5 \text{ кг} * (0,59 - 0,1 * 0,81) - 2 \text{ кг} / 5 \text{ кг} + 2 \text{ кг} * 9,8 \text{ м/с}^2 = 0,84 \text{ м/с}^2;$$

Силу натягу визначимо із рівняння : $T_2 = m_2 * g + m_2 * a = m_2 * (g + a)$; $T_2 = 2 \text{ кг} * (9,8 \text{ м/с}^2 + 0,84 \text{ м/с}^2) = 21,3 \text{ Н}$

Відповідь $0,84 \text{ м/с}^2$; $21,3 \text{ Н}$

16. Через блок перекинута нерозтягнута і невагома нитка до кінців якої підвішені важки $m_1 = 2 \text{ кг}$ і $m_2 = 2,1 \text{ кг}$. Початкові швидкості руху важків рівні нулю. Яке переміщення валків буде за час $t = 3 \text{ с}$? Яка сила натягу нитки.

Дано: $m_1 = 2 \text{ кг}$ $m_2 = 2,1 \text{ кг}$ $t = 3 \text{ с}$
$S = ?$ $T = ?$

Розв'язок

Із умови нерозтягненості та невагомості нитки випливає, що сила натягу нитки на всіх ділянках однакова і всі важки рухаються з однаковим прискоренням

,

Виявлення руху буде мати вигляд:

Відніmemo від першого рівняння друге і отримаємо:

звідки: ;

Рівняння координат має вигляд:

Модуль переміщення в момент часу t буде $y=S$

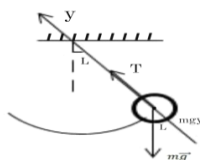
;

Силу натягу нитки знайдемо із рівняння

Відповідь: 1,1 м; 20,1 Н.

17. Кулька масою 500 г, підвісили на нерозтягнутій нитці довжиною 1 м, здійснює коливання у вертикальній площині. Знайдіть силу натягу нитки в момент, коли вона утворює з вертикаллю кут 60° . Швидкість кульки в цей момент 1,5 м/с.

Дано: $m=500\text{г}=0,5\text{кг}$ $l=1\text{м}$ $L=60^\circ$ $V=1,5\text{м/с}$ $T-?$
--



Розв'язок

На кульку діють сили:

mg – сила тяжіння,

T – сила натягу нитки

Запишемо рівняння другого закону Ньютона для кульки у векторній формі:

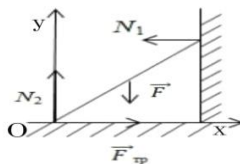
Напрямок осі Y вибрано вздовж радіуса проекту дій сил на дану вісь будуть мати вигляд:

звідки:

Відповідь: 3,6 Н

18. Драмина довжиною 4 м дотикається до ідеально гладкої стіни під кутом 60° до горизонту. Коефіцієнт тертя між драбиною і підлогою 0,33. На яку відстань вздовж

драбини може піднятися людина до того моменту, драбина почне ковзати по підлозі. Масою драбини знехтувати.



Розв'язування

Дано:
$l=4\text{м}$
$L=60^\circ$
$k=0,33$
$h- ?$

На драбину діють сили:

F – сила тиску людини на драбину,

N_1 та N_2 – сили нормальної реакції стіни і підлоги,

$F_{\text{тр}}$ – сила тертя.

Ковзання драбини можна розглядати як сукупність двох рухів: обертального (навколо точки O); поступального (в напрямку осі X). Перша умова рівноваги драбини у векторній формі буде мати вигляд:

.

Спроекуємо отримане рівняння на осі OX та OY.

Запишемо друге рівняння рівноваги драбини відносно точки O:

Причому M_{N_1} та M_F – моменти сили N_1 та F відносно точки O, де $l \sin L$ та h – плечі сил N_1 та F . Враховуючи це перепишемо рівняння:

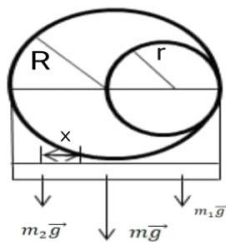
. Звідки

Беремо до уваги що

тому .

Відповідь: 0,8м.

19. Однорідна плоска пластинка має форму круга із якої вирізали круга в двоє меншого радіуса, якщо доторкається першого круга як показано на малюнку. Визначте положення центру на пластині.



Розв'язання

Дано: R
x - ?

Якщо вставити вирізану частину пластинки на a) своє місце то силу тяжіння mg можна визначити як рівнодійну двох сил (рис b); сили b) тяжіння m_1g вирізанної частини і сила тяжіння m_2g частинами круга, що залишився. (круг з отвором)

Пластинка буде заходитись у рівновазі відносно осі, яка проходить через т.О. Запишемо для отриманої системи другу умову рівноваги відносно вказаної осі обертання .

.

та– моменти сили тяжіння m_1g та m_2g відносно точки О, де r та x – плечі сил тяжіння відповідно m_1g та m_2g .

Враховуючи це, рівняння модулів буде мати вигляд:

звідки

Маси одержаних пластинок однакової товщини рівні:

; .

=

Де ρ – густина матеріалу, S – площа всієї пластинки

S_1 – площа вирізанної пластинки; h – товщина пластинки.

Отримаємо рівняння:

Враховуючи умову задачі $r=R/2$ знаходимо:

Відповідно, центр мас розташований на відстані x від центра пластинки.

Зміст

<i>Вступ</i>	4
<i>Кінематика</i>	5
<i>Основні формули</i>	6
<i>Приклади розв'язування задач</i>	6
<i>Динаміка</i>	12

Літеатура:

1. Фізика(рівень стандарту, за навчальною програмою авторського колективу під керівництвом Локтева В.М.): підруч. для 10 кл. - Харків:Вид-во "Ранок",2018.- 272 с. : іл.
2. Фізика: Довідник з прикладами розв'язування задач/Ю.А. Соколович,Г.С. Богданова.- 2-ге вид. –Х.:Веста : Видавництво «Ранок»,2008.-464 с.
3. Фізик в задачах.Поняття,закони,задачі./Л. Ємчик.Видавництво «Педагогічна думка»2000.-260 с.

Підп. до друку «___»_____2023. Формат 60х84/16. папірофіс.

Гарн.Таймс. Ум.друк. арк. _____ Обл.-вид. арк. ____ Зам. ____

Тираж _____ прим.

ВСП «КПЕФК ЛНТУ»

45000 м.Ковель, вул. Заводська, 23

Друк – ВСП «КПЕФК ЛНТУ»