

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний авіаційний університет

Н.П. Муранова, О.М. Панарін, І.Г. Третьakov

ФІЗИКА
МЕХАНІКА

Навчально-методичний посібник
для слухачів підготовчих курсів
Інституту довузівської підготовки



75 -річчю
Національного
авіаційного
університету
присвячується

Київ 2007

УДК 53 (076.5)
ББК ВЗр
Ф503

Рецензенти: *В.М. Кулішенко*, кандидат фізико-математичних наук, доцент, НАУ,
В.В.Обуховський, доктор фізико-математичних наук, професор, КНУ ім. Т. Г. Шевченка "

Затверджено на засіданні науково-методичної редакційної ради ІЕСУ НАУ 15 червня 2004 року

Муранова Н.П., Панарін О.М., Третяков І.Г.
ФІЗИКА. МЕХАНІКА: Навчально-методичний посібник. - К.: НАУ, 2007; - 44 с

Зміст посібника відповідає програмі з фізики розділу "Механіка" для вступників у вищі навчальні заклади та програмі середньої загальноосвітньої школи. Посібник включає методичні вказівки з організації та проведення самостійної роботи з фізики. Наведені короткі теоретичні відомості, зразки розв'язання типових задач та варіанти домашнього завдання.

Призначений для слухачів підготовчих курсів Інституту довузівської підготовки. Може бути корисним для самостійної роботи учням та випускникам середніх шкіл при підготовці до вступного іспиту з фізики у вищі навчальні заклади.

УДК 53 (076.5)
ББК ВЗр

© Н.П. Муранова,
О.М. Панарін,
І.Г. Третяков, 2007

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1. КІНЕМАТИКА	6
1. Приклади розв'язання задач	7
2. Задачі для самостійного розв'язання	11
2. ДИНАМІКА	20
1. Приклади розв'язання задач	21
2. Задачі для самостійного розв'язання	26
3. ЗАКОНИ ЗБЕРЕЖЕННЯ ІМПУЛЬСУ ТА ЕНЕРГІЇ	33
1. Приклади розв'язання задач	34
2. Задачі для самостійного розв'язання	37
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	43

ВСТУП

Мета посібника – допомогти слухачам підготовчих курсів, які самостійно готуються до навчання та вступу до вищого навчального закладу.

Автори добрали задачі різного рівня складності – прості розв'язують шляхом механічної підстановки вихідних даних у готові рівняння; складні – шляхом осмислення тих фізичних явищ, які описано в умові та вивчаються в обсязі програми підготовчих курсів.

Посібник містить розділ “Механіка”, який поділено на ряд підрозділів: “Кінематика”, “Динаміка”, “Закони збереження імпульсу та енергії”. В кожному підрозділі розв'язані та проаналізовані типові задачі, на що автори звертають особливу увагу слухачів підготовчих курсів. Самостійне систематичне вирішення задач приводить до усвідомленого, глибокого та тривалого засвоєння курсу фізики, перетворює знання в переконання, робить знання дієвими.

Приступаючи до вирішення задачі, насамперед, необхідно:

1. Зрозуміти фізичний зміст задачі та установити, які явища і закономірності покладено в її основу. Записати умову задачі скорочено. Виписати у стовпчик зліва всі числові значення умови задачі, виразити всі величини в одиницях однієї системи (СІ).

2. Згадати закономірності, яким підкоряється процес, описаний в задачі. Вирішити, які спрощуючі припущення обумовлені умовами задачі. Вияснити, як пов'язана шукана величина задачі з відомими, які величини ще потрібні для рішення, які дані можна взяти з таблиць та дописати їх у стовпчик умови задачі.

3. Зробити креслення, на якому зобразити зміст задачі (при необхідності).

4. Вирішувати задачу необхідно в загальному вигляді, тобто вивести розрахункову формулу, яка виражає шукану величину в буквених позначках фізичних величин.

5. У розрахункову формулу підставити позначки одиниць величин та перевірити, чи дає розрахункова формула одиницю шуканої величини.

6. Підставити в розрахункову формулу чисельні значення величин, що виражені в одиницях однієї системи (СІ) та записані у

стандартній формі запису, тобто як добуток десятичного дробу з однією значущою цифрою перед комою на відповідний степінь десяти. Провести обчислення.

При цьому треба керуватися правилами наближених обчислень.

Відповідь подати числом у стандартній формі запису з виразом одиниці шуканої величини.

7. Переконатися у правдоподібності отриманого числового значення шуканої величини.

Даний посібник призначений для слухачів підготовчих курсів, у робочій навчальній програмі яких є виконання домашнього завдання з фізики по розділу “Механіка”. Номер варіанту завдання співпадає з останньою цифрою номера посвідчення слухача Інституту довузівської підготовки.

Номери задач та варіантів завдань наведено в таблиці

	Варіант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номер задачі	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10
	1.24	1.25	1.26	1.27	1.28	1.29	1.30	1.31	1.32	1.33
	1.50	1.51	1.52	1.53	1.54	1.55	1.56	1.57	1.58	1.59
	1.68	1.69	1.70	1.71	1.72	1.73	1.78	1.79	1.82	1.83
	2.13	2.14	2.15	2.16	2.17	2.18	2.19	2.20	2.21	2.22
	2.23	2.24	2.25	2.26	2.27	2.28	2.29	2.30	2.34	2.35
	2.38	2.39	2.40	2.41	2.42	2.43	2.44	2.45	2.46	2.47
	2.57	2.58	2.59	2.60	2.61	2.62	2.63	2.68	2.69	2.71
	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	3.10	3.11	3.12	3.13
	3.26	3.34	3.43	3.45	3.47	3.48	3.49	3.50	3.51	3.52

Домашнє завдання, що виконано без дотримання цих вимог, а також завдання, виконане не за належним варіантом, не зараховується. При повторному рецензуванні завдання обов'язково подати завдання з першою рецензією.

Далі наведені приклади розв'язання задач та задачі для домашнього завдання і самостійної роботи з фізики, які необхідно виконати слухачам підготовчих курсів.

1. КІНЕМАТИКА

Основні формули	
Середня швидкість	$\vec{V}_{\text{сер}} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$
Середня шляхова швидкість	$V_{\text{сер}} = \frac{S}{t}$
Миттєва швидкість	$\vec{V} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}$
Рівняння рівномірного прямолінійного руху	$S = Vt$ $x = x_0 + V_x t$
Середнє прискорення	$\vec{a}_{\text{сер}} = \frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t}$
Миттєве прискорення	$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t} = \frac{d\vec{V}}{dt}$
Рівняння рівно змінного прямолінійного руху	$\vec{S} = V_0 t + \frac{at^2}{2}$ $V = V_0 + at$ $x = x_0 + V_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$
Повне прискорення	$a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}$ $a_n = \frac{V^2}{R}$ $a_\tau = \frac{dV}{dt}$

Середня кутова швидкість	$\omega_{сер} = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$
Миттєва кутова швидкість	$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{d\varphi}{dt}$
Період обертання	$T = \frac{1}{n} = \frac{2\pi}{\omega}$
Зв'язок лінійних та кутових величин	$V = \omega R$ $a_n = \omega^2 R = 4\pi^2 n^2 R$

Приклади розв'язання задач

1. Гармата б'є прямою наводкою по танку. Розрив снаряду на батареї помітили через час рівний 0,6 с, а звук почули через 2,1 с після пострілу. З якою горизонтальною швидкістю летів снаряд? Швидкістю снаряду та опором повітря знехтувати. Швидкість звуку прийняти рівною 340 м/с.

Дано :

$$t_1 = 0,6 \text{ с}$$

$$t_2 = 2,1 \text{ с}$$

$$V_{зв} = 340 \text{ м/с}$$

$$V_{сн} = ?$$

Розв'язання

По умові задачі звук від розриву снаряду досяг батареї за час $t_2 - t_1$.

Тоді $S = V_{сн} t_1 = V_{зв} (t_2 - t_1)$, остаточно

$$V_{сн} = \frac{t_2 - t_1}{t_1} V_{зв}.$$

Числовий розрахунок

$$V_{сн} = \frac{2,1 - 0,6}{0,6} 340 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 850 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Розмірність формули очевидна:

$$[V] = \left[\frac{t}{t} V \right] = \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

2. Першу половину шляху велосипедист їде зі швидкістю 36 км/год, а другу – зі швидкістю 28,8 км/год. Яка середня швидкість велосипедиста?

Дано:

$$V_1 = 10 \frac{M}{c}$$

$$V_2 = 8 \frac{M}{c}$$

$$S_1 = S_2 = \frac{S}{2}$$

$$V_{сер} = ?$$

Розв'язання

По визначенню середня швидкість

$$V_{сер} = \frac{S_1 + S_2}{t_1 + t_2}, \text{ де } S_1, S_2 - \text{ шляхи, які проїхав}$$

велосипедист відповідно за часи t_1, t_2 .

З умови задачі $S_1 = S_2 = \frac{S}{2}$, тоді з рівняння

рівномірного прямолінійного руху

$$S = \frac{S}{2} = V_1 t_1, t_1 = \frac{S}{2V_1}.$$

$$\text{Аналогічно } t_2 = \frac{S}{2V_2}.$$

$$\text{Остаточно } V_{сер} = \frac{S}{\frac{S}{2V_1} + \frac{S}{2V_2}} = \frac{2V_1 V_2}{V_1 + V_2}.$$

Числовий розрахунок:

$$V_{сер} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 8}{10 + 8} \frac{M}{c} = 8,88 \frac{M}{c}.$$

Розмірність формули:

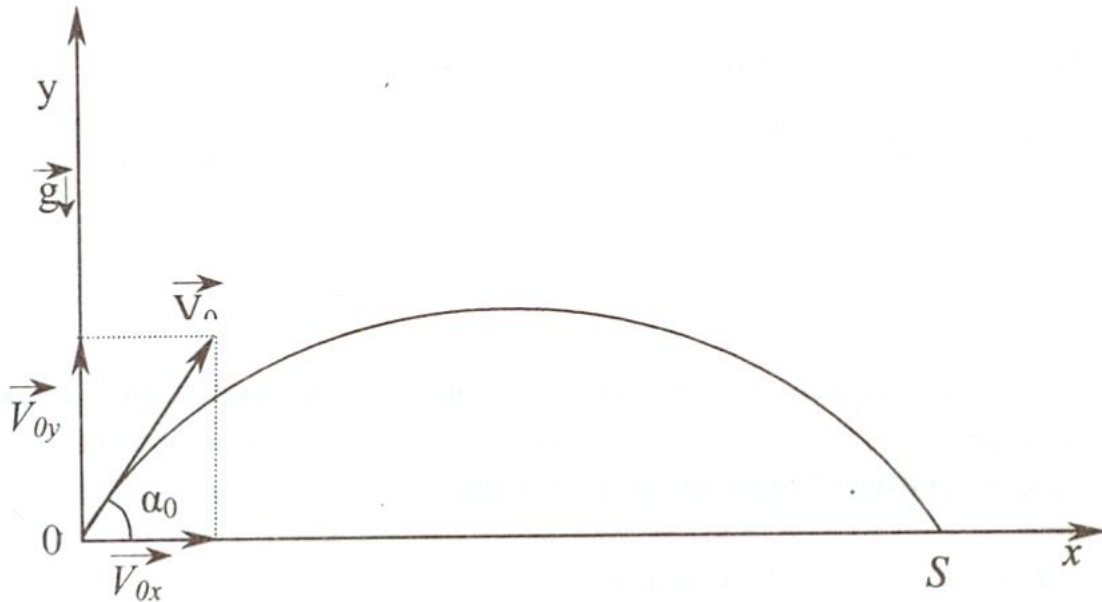
$$[V_{сер}] = \left[\frac{V^2}{V} \right] = [V] = \frac{M}{c}.$$

3. Під яким кутом до горизонту треба встановити ствол гармати, щоб влучити у ціль, яка знаходиться на відстані 20 км від гармати у тій самій горизонтальній площині? Початкова швидкість снаряду 450 м/с. Опором повітря знехтувати.

Дано:	
$S = 2 \cdot 10^4 \text{ м}$	
$V_0 = 450 \text{ м/с}$	
$\alpha_0 - ?$	
$g = 9,8 \text{ м/с}^2$	

Розв'язання

Побудуємо траєкторію руху тіла у вибраній системі координат:



Залежність радіус-вектора задається співвідношенням

$$\vec{r} = \vec{V}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}, \text{ у проєкціях на осі координат:}$$

$$x = (V_0 \cos \alpha_0) t,$$

$$y = (V_0 \sin \alpha_0) t - \frac{g t^2}{2}.$$

При $x = S$ (S - відстань до цілі), $y = 0$, тому

$$0 = V_0 \sin \alpha_0 - \frac{gt_0}{2}, \quad t_0 = \text{час польоту снаряду.}$$

Звідки $t_0 = \frac{2V_0 \sin \alpha_0}{g}$. Тоді

$$S = \frac{V_0^2 2 \sin \alpha_0 \cos \alpha_0}{g} = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha_0}{g}. \text{ Остаточню}$$

$$\sin 2\alpha_0 = \frac{gS}{V_0^2}, \quad \alpha_0 = \frac{1}{2} \arcsin \left(\frac{gS}{V_0^2} \right). \text{ Числовий розрахунок}$$

$$\alpha = 0,5 \arcsin \left(\frac{9,8 \cdot 2 \cdot 10^4}{4,5 \cdot 10^4} \right) \approx 38^\circ.$$

Перевіримо розмірність шуканої величини

$$\left[\frac{gS}{V_0^2} \right] = \frac{m/c^2 \cdot m}{m^2/c^2} = 1, \text{ дійсно, кут - величина безрозмірна.}$$

4. Чому дорівнює діаметр диска, якщо при обертанні швидкість точок на його ободі 5 м/с, а швидкість точок, які знаходяться на відстані 10 см (ближче до осі), 4,5 м/с?

<p>Дано:</p> $V_1 = 5 \frac{m}{c}$ $V_2 = 4,5 \frac{m}{c}$ $l = 0,1 m$ <hr/> <p>$D - ?$</p>	<p>Розв'язання</p> <p>Оскільки час для всіх точок радіуса R диска, який здійснює один повний оберт, один і той же, то можна записати</p> $t = \frac{2\pi R}{V_1} = \frac{2\pi(R-l)}{V_2}$
--	--

$$\text{Звідси } RV_2 = (R-l)V_1 \Rightarrow R = \frac{V_1}{V_1 - V_2} l.$$

Шуканий діаметр $D = 2R = \frac{2V_1}{V_1 - V_2} l$.

Числовий розрахунок $D = \frac{2 \cdot 5 \cdot 0,1}{5 - 4,5} \text{ м} = 2 \text{ м}$.

Перевіримо розмірність шуканої величини

$$[D] = \left[\frac{V}{V} l \right] = [l] = \text{м}.$$

Задачі для самостійного розв'язання

1.1. Зі станцій А і В, відстань між якими 200 км, одночасно назустріч один одному вийшли два потяги зі швидкостями 40 км/год і 60 км/год. Через який час потяги зустрінуться? Відповідь дати в годинах. (2 год)

1.2. Автомобіль пройшов відстань між двома містами зі швидкістю 108 км/год, а назад повертався зі швидкістю 90 км/год. Яка середня швидкість автомобіля? (27,3 м/с)

1.3. За скільки часу потяг проїде тунель довжиною 200 м, якщо довжина потягу 100 м, а швидкість 36 км/год. (30 с)

1.4. Пасажир їде в потягу, швидкість якого 80 км/год. Назустріч йому рухається товарний потяг довжиною 1 км зі швидкістю 40 км/год. Скільки часу товарний потяг рухатиметься повз пасажиря? (30 с)

1.5. Два потяги рухаються назустріч один одному зі швидкостями 36 км/год та 54 км/год. Пасажир у першому потязі помічає, що другий потяг проходить повз нього протягом часу 7 с. Яка довжина другого потягу? (175 м)

1.6. Автомобіль рухається першу половину часу зі швидкістю 36 км/год, а другу – 72 км/год. Яка середня швидкість автомобіля? (15 м/с)

1.7. Два потяги рухаються в одному напрямі паралельними коліями. Довжина першого потягу 720 м, другого – 180 м, а їх

швидкість відповідно 48,6 км/год та 102,6 км/год. Протягом якого часу другий потяг обжене перший? (60 с)

1.8. Із пункту А рухається вантажний автомобіль, швидкість якого 36 км/год. Через 10 хв із цього самого пункту і в тому самому напрямі вийшов легковий автомобіль зі швидкістю 108 км/год. Через який час після початку руху вантажного автомобіля легковий наздожене його? (900 с)

1.9. Вагон шириною 3,6 м, що рухається зі швидкістю 15 м/с, був пробитий кулею, яка летіла перпендикулярно напрямку руху вагона. Зміщення отворів у стінах вагона відносно один одного 9 см. Визначити швидкість руху кулі, вважаючи її сталюю. (600 м/с)

1.10. Із деякого пункту вийшов перший автомобіль зі швидкістю 36 км/год. Через 20 хв із цього самого пункту і в тому самому напрямі вийшов другий автомобіль зі швидкістю 144 км/год. На якій відстані від пункту другий автомобіль наздожене перший? Відповідь дати в кілометрах. (16 км)

1.11. Корабель довжиною 300 м рухається прямим курсом у нерухомій воді з деякою швидкістю. Моторний човен, швидкість якого 90 км/год, проходить відстань від корми до носа корабля, що рухається, та назад за час 37,5 с. Знайти швидкість корабля. (15 м/с)

1.12. Шар-пілот піднявся вгору на висоту 800 м і його віднесено вітром у горизонтальному напрямі на відстань 600 м. Знайти шлях складного руху шару, вважаючи, що складові руху рівномірні. (1000 м)

1.13. Краплі дощу на вікні нерухомого трамваю залишають смуги під кутом 30° до вертикалі. При русі трамваю зі швидкістю 18 км/год смуги від дощу вертикальні. Визначити швидкість крапель в безвітряну погоду та швидкість вітру. (8,67 м/с, 5 м/с)

1.14. З якою швидкістю та за яким курсом повинен летіти літак, щоб за 2 год пролетіти точно на північ 300 км, якщо під час польоту діє північно-західний вітер під кутом 30° до меридіана зі швидкістю 27 км/год? (48,4 м/с; 0,078 рад)

1.15. Два рибалки переправляються на човні через річку, ширина якої 280 м. Рибалки тримають курс перпендикулярно до берега. Швидкість течії річки 1 м/с. Зусиллями рибалок човни набувають швидкості 1,4 м/с і 1,6 м/с. На якій відстані один від одного

пристануть рибалки на човнах до берега, якщо вони виїхали з одного пункту? (25 м)

1.16. З катера, що йде вниз річкою, спустили круг в момент, коли він пропливав під мостом. Через 0,5 год катер повернув назад і зустрів круг на відстані 1,5 км від мосту. Знайти швидкість течії річки. Відповідь дати в кілометрах на годину. (1,5 км/год)

1.17. Моторний човен проходить відстань між двома пунктами А і В, що розташовані на березі річки, за 3 год, а пліт – за 12 год. Скільки часу витратить цей човен на зворотній шлях? Відповідь дати в годинах. (6 год)

1.18. Ескалатор метро піднімає пасажир, що стоїть на ньому нерухомо за 1 хв. Нерухомим ескалатором пасажир піднімається за 3 хв. Скільки часу підніматиметься руховим ескалатором пасажир, що йде вгору? (45 с)

1.19. Ескалатор метро спускає людину, що йде по ньому вниз, за 1 хв. Якщо людина буде йти вдвічі швидше, то вона спуститься за 45 с. Скільки часу спускатиметься людина, що стоятиме на ескалаторі? (90 с)

1.20. Пасажир біжить ескалатором. Перший раз він нарахував 50 сходинок. За іншим разом, рухаючись зі швидкістю втричі більшою, він нарахував 75. Скільки сходинок він нарахував би на нерухомому ескалаторі? (100)

1.21. Тіло рухається прямолінійно з прискоренням $0,6 \text{ м/с}^2$. Який шлях воно пройде за першу секунду, якщо початкова швидкість дорівнювала нулю? (0,3 м)

1.22. Електропотяг відійшов від станції з прискоренням $0,2 \text{ м/с}^2$. Через 2 хвилини після початку руху він став рухатися рівномірно. Знайти швидкість рівномірного руху. (24 м/с)

1.23. Через скільки секунд після відходу від станції швидкість потягу метрополітену досягне значення 75 км/год, якщо прискорення при розбігу 1 м/с^2 ? (20,8 с)

1.24. Тіло рухається прямолінійно з прискоренням 2 м/с^2 , яке напрямлене протилежно початковій швидкості. На якій відстані від початкової точки воно буде через час 5 с після початку руху, якщо початкова швидкість 10 м/с? (25 м)

1.25. Тіло, що рухається рівноприскорене с початковою швидкістю 1 м/с, має через деяку відстань швидкість 7 м/с. Якою була швидкість тіла на половині цієї відстані? (5 м/с)

1.26. За яку секунду від початку руху шлях, який проходить тіло в рівноприскореному русі, втричі більше шляху, яке пройшло тіло в попередню секунду? (за другу)

1.27. З яким прискоренням рухається тіло, якщо за восьму секунду після початку руху воно пройшло шлях 30 м? (4 м/с²)

1.28. Автомобіль, який рухався зі швидкістю 72 км/год, при аварійному гальмуванні зупинився через час 5 с. Знайти довжину гальмівного шляху. (50 м)

1.29. Яка початкова швидкість автомобіля, якщо, рухаючись з прискоренням 1,5 м/с², він проходить шлях 195 м за час 10 с? (12 м/с)

1.30. Велосипедист з'їхав з гори довжиною 40 м за час 10 с. Знайти швидкість велосипедиста в кінці гори. (8 м/с)

1.31. Тіло, що рухається рівноприскорене, за восьму секунду після початку руху пройшло шлях 30 м. Знайти шлях за 15-ту секунду. (58 м)

1.32. Залежність швидкості матеріальної точки від часу має вигляд: $V_x=6t$ м/с. Напишіть залежність координати тіла від часу, якщо в початковий момент $t=0$ точка знаходилася в положенні з координатою $x_0= 6$ м. Обчисліть шлях, пройдений точкою за 10 с. ($x=6+3t^2$; 300 м)

1.33. Рух двох матеріальних точок описується рівняннями $x_1=a_1t+b_1t^2+c_1t^3$ та $x_2=a_2t+b_2t^2+c_2t^3$, де $a_1=4$ м/с, $b_1=8$ м/с², $c_1=-16$ м/с³, $a_2=2$ м/с, $b_2=-4$ м/с², $c_2= 1$ м/с³. У який момент від початку відліку часу прискорення цих точок будуть однаковими? Визначити швидкості точок на цей момент. (0,24 с; 5,1 м/с; 0,25 м/с)

1.34. З аеростата, що перебуває на висоті 30 м, випав камінь. Через який час камінь упаде на землю, якщо аеростат опускається зі швидкістю 5 м/с? Опором повітря знехтувати. (2 с)

1.35. З аеростата, який перебуває на висоті 30 м, випав камінь. Через який час камінь упаде на землю, якщо аеростат піднімається зі швидкістю 5 м/с? Опором повітря знехтувати. (3 с)

1.36. Тіло, яке кинули вертикально вгору, повернулося на землю через 4с. Якою була початкова швидкість тіла? Опором повітря знехтувати. (20 м/с)

1.37. М'яч був кинутий з землі вертикально вгору з початковою швидкістю 15 м/с. Скільки часу він буде підніматися вгору? (1,5 с)

1.38. Тіло вільно падає з висоти 10 м. В момент початку падіння першого тіла з висоти 20 м вертикально вниз кинули друге тіло. Обидва тіла впали на землю одночасно. Визначити початкову швидкість другого тіла. (7,1 м/с)

1.39. Два тіла вільно падають з різної висоти і досягають землі одночасно. Час падіння першого тіла 2с другого – 1с. На якій висоті буде перше тіло, коли друге почало падати? (15 м)

1.40. Камінь, який кинули вертикально вгору, на висоті 3,2 м побував двічі з інтервалом часу 0,12 с. З якою початковою швидкістю його кинули? (8 м/с)

1.41. Тіло, що знаходиться на висоті 20 м, кинули вертикально вгору з деякою початковою швидкістю. Яку швидкість матиме тіло в середній точці свого повного шляху? (14 м/с)

1.42. Тіло було кинуте вертикально вгору зі швидкістю 39,2 м/с. На якій висоті воно втратить 2/3 швидкості? Через який час тіло впаде на землю? (69,7 м; 8с)

1.43. Тіло, що вільно падає, пройшло останні 30 м за 0,5 с. Знайти висоту падіння. (195 м)

1.44. Тіло, що вільно падає, за останню секунду падіння пройшло 1/3 свого шляху. Знайти час падіння та висоту, з якою упало тіло. (5,45 с; 145 м)

1.45. Аеростат піднімається з землі вертикально вгору з прискоренням 2 м/с^2 . Через час 5 с від початку його руху з нього випав предмет. Через скільки часу цей предмет впаде на землю? (3,4 с)

1.46. З крутого берега річки висотою 20 м кидають горизонтально камінь. Через який час камінь досягне поверхні води? (2 с)

1.47. З крутого берега річки висотою 20 м кидають горизонтально камінь зі швидкістю 15 м/с. З якою швидкістю камінь упаде в воду? (25 м/с)

1.48. Тіло було кинуте з землі під кутом 15° до горизонту зі швидкістю 10 м/с. На якій відстані у горизонтальному напрямку від місця кидання тіло впаде на землю? (5 м)

1.49. З башти висотою 20 м горизонтально кинули камінь з початковою швидкістю 10 м/с. На якій відстані від основи башти він упаде на землю? (20 м)

1.50. Камінь, кинутий горизонтально з початковою швидкістю 10 м/с, упав на відстані 20 м від вертикалі, опущеної на землю з точки кидання. З якої висоти кинули камінь? (20 м)

1.51. Тіло кинули горизонтально зі швидкістю 40 м/с. Яка швидкість тіла через 3 с після початку руху? Який кут (у градусах) утворює з горизонтом вектор швидкості в цей момент? (50 м/с; 37°)

1.52. Тіло кинули горизонтально зі швидкістю 15 м/с. Вектор швидкості утворює з горизонтом в момент падіння кут 60° . З якої висоти кинули тіло? (34,4 м)

1.53. Тіло кинули з землі під кутом 30° до горизонту зі швидкістю 15 м/с. Який час тіло перебуває у польоті? (1,5 с)

1.54. Під яким кутом до горизонту потрібно кинути тіло, щоб висота його піднімання дорівнювала дальності польоту? (1,3 рад)

1.55. Під кутом 60° до горизонту кинули тіло з початковою швидкістю 20 м/с. Через який час воно буде рухатися під кутом 45° до горизонту? (0,75 с)

1.56. Під яким кутом до горизонту потрібно кинути тіло, щоб його дальність польоту була вдвічі більша за висоту піднімання? Відповідь дати в градусах. (63,4°)

1.57. Під кутом 60° до горизонту кинули тіло, через час 4 с воно мало вертикальну проекцію швидкості 9,8 м/с. Знайти дальність польоту тіла. (284 м)

1.58. Тіло кинули з початковою швидкістю 10 м/с. Через 0,5 с його швидкість стала 7 м/с. Знайти максимальну висоту піднімання тіла. (3 м)

1.59. Двоє хлопців перекидають м'яч один одному. Знайти максимальну висоту польоту м'яча, якщо час його польоту 2с. (5 м)

1.60. Пружня куля падає з висоти h на похилу площину. Визначити, через який час після відбивання куля впаде знову на похилу площину. Як час залежить від кута похилої площини?

$$(t = \frac{2\sqrt{2gh}}{g})$$

1.61. Пружня куля вільно падає з висоти 9,8 м на похилу площину. Після відбивання швидкість кулі горизонтальна. Через який час відбудеться повторне відбивання від похилої площини? Яка мінімальна довжина похилої площини? (2,8 с; 55,4 м)

1.62. Пружня куля вільно падає з висоти h на похилу площину, що утворює з горизонтом кут α . Швидкість кулі після відбивання зберігається. Знайти відстань від місця першого удару до другого, потім від другого до третього і т.д. ($S_1 = 8h \sin \alpha$; $S_1 : S_2 : S_3 : \dots = 1 : 3 : 5 : \dots$)

1.63. Відстань між двома станціями потяг пройшов із середньою швидкістю 72 км/год за час 20 хв. Розгін і гальмування разом тривали час 4 хв, а решту часу потяг рухався рівномірно. Якою була швидкість потягу при рівномірному русі? (22,2 м/с)

1.64. В мішень з відстані 50 м зроблено два постріли в горизонтальному напрямі при однаковій наводці гвинтівки. Швидкість першої кулі 320 м/с, другої – 350 м/с. Визначити відстань між пробоїнами. Відповідь дати в сантиметрах. (2 см)

1.65. Невелике тіло ковзає зі швидкістю 10 м/с по горизонтальній площині, наближаючись до щілини, яка утворена двома прямовисними паралельними стінками, що знаходяться на відстані 5 см. Швидкість перпендикулярна до стінок. Глибина щілини 80 см. Скільки разів тіло вдариться в стінки, перш ніж упаде на дно? Удар в стінку вважати абсолютно пружним. (80)

1.66. Спортсмен стрибає з 10-метрової вишки і занурюється у воду на відстані 3 м по горизонталі від краю вишки через час 2 с. Визначити швидкість спортсмена в момент стрибка. (5,2 м/с)

1.67. За час 10 с точка рівномірно пройшла половину кола радіусом 100 см. Визначити лінійну швидкість. Узяти $\pi = 3,14$. Відповідь дати в сантиметрах за секунду. (31,4 см/с)

1.68. Матеріальна точка, яка почала рухатися рівноприскорене по колу радіусом 1 м, пройшла за час 10 с шлях 50 м. З яким доцентровим (нормальним) прискоренням рухалась точка через 5 с після початку руху? (25 м/с²)

1.69. Циліндр радіусом 20 см обертається навколо своєї осі з частотою 30 хв⁻¹. Уздовж твірної циліндра рухається тіло зі сталою швидкістю 30 см/с відносно поверхні циліндра. Визначити повну швидкість цього тіла. Узяти $\pi^2 = 10$. (0,7 м/с)

1.70. Визначити радіус маховика, якщо при обертанні швидкість точок на його ободі 6 м/с , а швидкість точок, які знаходяться на відстані 15 см ближче до осі, $5,5 \text{ м/с}$. ($1,8 \text{ м}$)

1.71. Знайти частоту обертання барабаца лебідки діаметром 16 см при підніманні вантажу зі швидкістю $0,4 \text{ м/с}$. ($0,8 \text{ с}^{-1}$)

1.72. Хвилинна стрілка годинника в $1,5$ рази довша за годинну. Знайти відношення швидкостей та прискорень кінців стрілок. (18 ; 216)

1.73. Лінійна швидкість точок кола обертового диска 3 м/с , а точок, що знаходяться на відстані 10 см ближче до осі обертання, 2 м/с . Скільки обертів за хвилину робить диск? (96 об/хв)

1.74. Кругла пилка має діаметр 600 мм . На вісь пилки насаджено шків діаметром 300 мм , який ремінною передачею приводиться в обертання від шківа діаметром 120 мм , що насаджений на вал двигуна. Яка частота обертання ротора двигуна, якщо швидкість зубів пилки дорівнює 15 м/с ? (1200 об/хв)

1.75. Диск радіусом R котиться без ковзання зі сталою швидкістю V . Знайти геометричне місце точок на диску, які в даний момент мають швидкість V .

1.76. Яку відстань пройде велосипедист при 60 обертах педалей, якщо діаметр колеса 70 см ; ведуча зірочка має 48 зубів, а ведена – 18 ? (350 м)

1.77. Вісь обертання диска рухається з горизонтальною швидкістю 2 м/с . Вісь горизонтальна і перпендикулярна до вектора швидкості свого руху. Швидкість нижньої точки диска 1 м/с . Знайти швидкість верхньої точки диска. (3 м/с ; 5 м/с)

1.78. Автомобіль рухається зі швидкістю 60 км/год . Скільки обертів за секунду роблять його колеса, якщо вони котяться без ковзання? Зовнішній діаметр 60 см . Знайти доцентрове прискорення зовнішніх точок коліс. (9 об/с ; 950 м/с^2)

1.79. Матеріальна точка рухається по колу радіусом 20 см рівноприскорене з дотичним прискоренням 5 м/с^2 . Через який час після початку руху нормальне (доцентрове) прискорення збільшиться в 2 рази? ($2,78 \text{ с}$)

1.80. Під час обертання тіла по колу кут між повним прискоренням і лінійною швидкістю дорівнює 30° . Яке числове значення відношення нормального (доцентрового) до тангенціального (дотичного) прискорення? (0,58)

1.81. Знайти лінійну швидкість і нормальне (доцентрове) прискорення точок на поверхні земної кулі: а) на екваторі; б) на широті 60° . Середній радіус земної кулі 6400 км. (465 м/с; 0,034 м/с²; 233 м/с; 0,017 м/с²)

1.82. Махове колесо, що оберталося зі швидкістю 1240 об/хв, зупиняється протягом 0,5 хв. Вважаючи його рух рівнозмінним, знайти, скільки обертів воно зробило до повної зупинки. (60)

1.83. Потяг в'їжджає на закруглену дільницю з початковою швидкістю 54 км/год і проходить шлях 600 м за час 30 с. Радіус закруглення становить 1 км.. Визначіть швидкість і повне прискорення потягу в кінці повороту. (25 м/с; 0,708 м/с²)

2. ДИНАМІКА

Основні формули	
Другий закон Ньютона	$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$
Третій закон Ньютона	$\vec{F}_{1,2} = -\vec{F}_{2,1}$
Результуюча сила	$\vec{F} = \sum_i \vec{F}_i = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$ $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2}$ $F_x = F_{1x} + F_{2x} + \dots + F_{nx}$ $F_y = F_{1y} + F_{2y} + \dots + F_{ny}$ $F_z = F_{1z} + F_{2z} + \dots + F_{nz}$
Динамічне рівняння руху: а) загальний випадок б) частковий випадок ($m = const$)	$\vec{F}_{сер} = \frac{\Delta(m\vec{V})}{\Delta t}$ $\vec{F} = m\vec{a}$
Сила тертя	$F = \mu N$
Сила пружності	$F = kx$
Сила тяжіння	$F = mg$ $F = G \frac{mM_3}{R_3^2}$
Закон всесвітнього тяжіння	$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$

Приклади розв'язання задач

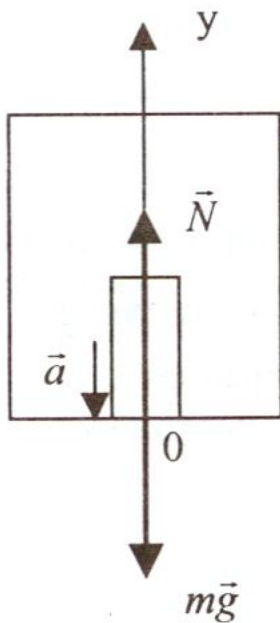
1. Людина масою 70 кг піднімається в ліфті, який рухається рівносповільнено з прискоренням 1 м/с^2 . Визначити силу тиску людини на підлогу кабіни ліфта.

Дано:

$$m = 70 \text{ кг}$$

$$a = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$F_T = ?$$



Розв'язання

У подальшому згідно з третім законом Ньютона будемо знаходити N :

$$F = N,$$

де N – сила реакції підлоги ліфта. Крім \vec{N} на людину діє також сила тяжіння $m\vec{g}$. (див рис.). Прискорення руху направлено вертикально вниз.

Тоді для людини рівняння другого закону Ньютона у векторній формі:

$$m\vec{g} + \vec{N} = m\vec{a}$$

Так як усі сили направлені вздовж однієї прямої, то, вибираючи ось O_y в напрямі руху ліфта, проектуємо наше рівняння на цю вісь:

$$-mg + N = -ma,$$

$$N = m(g - a).$$

Числовий розрахунок:

$$N = 70(10 - 1) \text{ Н} = 630 \text{ Н},$$

Розмірність очевидна:

$$[N] = [ma] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} = \text{Н}$$

2. Візок масою 45 кг переміщується по горизонтальній площині під дією сили 300 Н, яка направлена під кутом 60° до горизонту. Коефіцієнт тертя о площину дорівнює 0,05. Визначити прискорення візка.

Дано:

$$m = 45 \text{ кг}$$

$$F = 300 \text{ Н}$$

$$\alpha = \frac{\pi}{3} \text{ рад}$$

$$\mu = 0,05$$

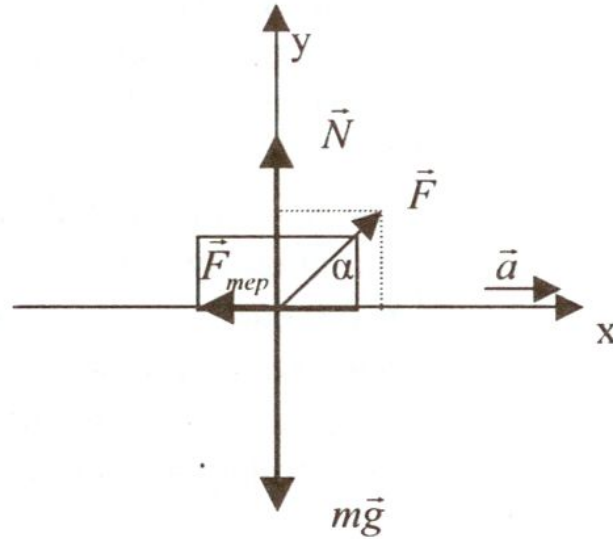
$$a = ?$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$\cos \frac{\pi}{3} = 0,5$$

$$\sin \frac{\pi}{3} = 0,87$$

Розв'язання



На візок діють сили тяжіння $m\vec{g}$, реакції площини \vec{N} , тертя $\vec{F}_{\text{тер}}$ та прикладена під кутом α до горизонту сила тяги F .

Вектор \vec{a} направлений паралельно площині праворуч.

Запишемо для візка рівняння другого закону Ньютона у векторній формі

$$m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тер}} + \vec{N} + \vec{F} = m\vec{a}.$$

У проекціях на осі

$$(Ox): \begin{cases} F \cos \alpha - F_{\text{тер}} = ma \end{cases}$$

$$(Oy): \begin{cases} N + F \sin \alpha - mg = 0. \end{cases}$$

По визначенню

$$F_{\text{тер}} = \mu N.$$

Тоді

$$a = \frac{1}{m}(F \cos \alpha - \mu N).$$

$$N = mg - F \sin \alpha.$$

Виключивши N , знаходимо остаточний результат

$$a = \frac{1}{m}(F(\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - \mu mg).$$

Числовий розрахунок:

$$a = \frac{1}{45}(300(0,5 + 0,05 \cdot 0,87) - 0,05 \cdot 45 \cdot 10) \frac{\text{М}}{\text{с}^2} = 3,6 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$$

Перевіримо розмірність шуканої величини

$$[a] = \frac{[F]}{[m]} = \frac{\frac{\text{кг} \cdot \text{М}}{\text{с}^2}}{\text{кг}} = \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$$

Самостійно розгляньте випадок, коли людина штовхає візок перед собою. В якому з випадків для створення однакового прискорення потрібна менша сила тяги F ?

3. Кулька, що підвішена на нитці довжиною 0,5 м, рівномірно обертається в горизонтальній площині. При цьому нитка утворює кут 60° з вертикаллю. Скільки обертів зробить кулька за 10 с?

Дано:

$$l = 0,5 \text{ м};$$

$$\alpha = 1/3 \pi \text{ рад};$$

$$t = 10 \text{ с}$$

$$N = ?$$

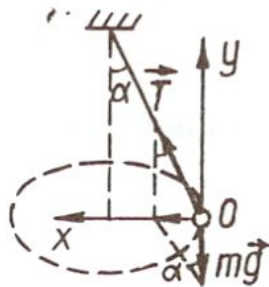
$$\pi = 3,14;$$

$$g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

Розв'язання

Число обертів, які зробила кулька, $N = \nu t$, де ν – число обертів за 1 секунду.

Для визначення ν розглянемо рух кульки і знайдемо її доцентрове прискорення a_x . На кульку під час руху діють сила натягу нитки \vec{T} та сила тяжіння $m\vec{g}$ (рисунок):



За другим законом Ньютона у векторній формі:

$$\vec{T} + m\vec{g} = m\vec{a}.$$

Проектуємо це рівняння на вибрані напрямки осей Ox , Oy :

$$\begin{cases} T \sin \alpha = m a_x, \\ T \cos \alpha - mg = m a_y. \end{cases} \quad (1)$$

З урахуванням того, що $a_x = \frac{V^2}{r}$, $a_y = 0$

(кулька не рухається у вертикальному напрямі),

$r = l \sin \alpha$ (r - радіус траєкторії кульки), і підставляючи вирази для a_x , a_y , і r в (1), маємо:

$$\begin{cases} T \sin \alpha = \frac{mV^2}{l \sin \alpha}, \\ T \cos \alpha = mg. \end{cases} \quad (2)$$

Ділимо рівняння (2):

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha &= \frac{V^2}{lg \sin \alpha} \\ V &= \sin \alpha \sqrt{\frac{gl}{\cos \alpha}}. \end{aligned} \quad (3)$$

Виразимо лінійну швидкість кульки як

$$V = 2\pi \nu r = 2\pi \nu l \sin \alpha. \quad (4)$$

З виразів (3) та (4) одержуємо остаточно:

$$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l \cos \alpha}}.$$

Звідси

$$N = t \cdot \nu = t \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l \cos \alpha}}.$$

Числовий розрахунок:

$$N = 10 \frac{1}{2 \cdot 3,14} \sqrt{\frac{9,8}{0,5 \cdot 0,5}} = 10.$$

Перевірка розмірності шуканої величини:

$$[N] = c \left(\frac{M/c^2}{M} \right)^{1/2} = 1 \quad (\text{безрозмірна}).$$

Задачі для самостійного розв'язання

2.1. Кулька масою 1000 г рухається з прискоренням 50 м/с^2 . Визначити силу, що діє на кульку. (0,5 Н)

2.2. Два бруски масою 0,2 кг і 0,3 кг, які з'єднані ниткою рухаються без тертя рівноприскорено під дією сили 1 Н. З яким прискоренням рухаються бруски? (2 м/с^2)

2.3. На два тіла діють рівні сили. Перше тіло має масу 50 г та рухається з прискоренням 1 м/с^2 . Друге тіло рухається з прискоренням 1 см/с^2 . Яка маса другого тіла? (5 кг)

2.4. Під дією сили 40 Н тіло рухається з прискоренням $0,2 \text{ м/с}^2$. З яким прискоренням рухатиметься це тіло під дією сили 60 Н? ($0,3 \text{ м/с}^2$)

2.5. Ліфт масою 3 т піднімається на тросі з прискоренням 1 м/с^2 . Знайти силу натягу тросу. (33 кН)

2.6. Двоє хлопців тягнуть за динамометр у протилежні боки з силою 200 Н кожний. Що покаже динамометр? (200 Н)

2.7. На тіло масою 400 г діє сила 0,2 Н протягом часу 5 с. Якої швидкості набирає тіло за цей час? ($2,5 \text{ м/с}$)

2.8. На тіло діє сила 49 Н протягом часу 10 с. Знайти масу тіла, якщо зміна швидкості під час дії сили складає 5 м/с . (98 кг)

2.9. На тіло масою 3 кг діє сила 0,1 Н. Яка швидкість тіла в кінці шостої секунди руху? ($0,2 \text{ м/с}$)

2.10. Автомобіль масою 4 т, який рухається з місця, пройшов шлях 100 м за час 10 с. Знайти силу тяги двигуна автомобіля. (8 кН)

2.11. Яку швидкість розвинув реактивний літак масою 50 т у кінці п'ятої секунди розбігу, якщо сила тяги двигуна 100 кН? (10 м/с)

2.12. Яка сила потрібна, щоб тілу масою 2 кг, що лежить на горизонтальній поверхні, надати прискорення $0,2 \text{ м/с}^2$? Коефіцієнт тертя між тілом і поверхнею 0,02. (0,8 Н)

2.13. Брусок рухається по горизонтальній площині під дією сили 294 Н, що направлена під кутом 30° до горизонту. Визначити прискорення бруска, якщо його маса 45 кг, а коефіцієнт тертя 0,1. ($4,9 \text{ м/с}^2$)

2.14. До кінців мотузки, яка перекинута через нерухомий блок, підвішено вантажі масою 0,3 кг та 0,2 кг. З яким прискоренням рухаються вантажі? (2 м/с^2)

2.15. До кінців мотузки, яка перекинута через нерухомий блок, підвішені вантажі масами 7 кг та 10 кг. Спочатку вантажі знаходяться на одній висоті. Через який час після початку руху відстань між ними буде 10 см? ($0,17 \text{ с}$)

2.16. До одного кінця мотузки, перекинутого через влок, підвішено вантаж масою 5 кг. З якою силою потрібно тягти вниз за другий кінець мотузки, щоб вантаж піднімався з прискоренням $0,5 \text{ м/с}^2$? ($51,5 \text{ Н}$)

2.17. Автомобіль масою 5 т рушає з місця з прискоренням $0,6 \text{ м/с}^2$. Знайти силу тяги двигуна, якщо коефіцієнт опору рухові 0,04. Відповідь дати в кілоньютонах. (5 кН)

2.18. Потяг масою 1000 т рухається зі швидкістю 36 км/год і при гальмуванні зупиняється, пройшовши шлях 200 м. Яка сила гальмування? Відповідь дати в кілоньютонах. (250 кН)

2.19. Яку силу потрібно прикласти до вагона, що стоїть на рейках, щоб він почав рухатися рівноприскорено і за час 30 с пройшов шлях 11 м? Вага вагону 160 кН. Під час руху на вагон діє сила тертя, що дорівнює 0,05 ваги вагона. Відповідь дати в кілоньютонах. ($8,4 \text{ кН}$)

2.20. Вивчаючи дорожню подію, автоінспектор установив, що слід гальмування автомобіля, що рухався асфальтовою дорогою, 62,5 м. З якою швидкістю рухався автомобіль, якщо коефіцієнт тертя коліс об асфальт при гальмуванні 0,5? (25 м/с)

2.21. Тіло масою 0,6 кг падає вертикально вниз з прискоренням $9,4 \text{ м/с}^2$. Чому дорівнює середня сила опору повітря? Відповідь дати з точністю до сотих. ($0,24 \text{ Н}$)

2.22. У ліфті встановлено динамометр, на якому підвішено тіло масою 1,4 кг. Що показуватиме динамометр, якщо ліфт рухається вниз сповільнено з прискоренням $2,5 \text{ м/с}^2$? ($17,2 \text{ Н}$)

2.23. Тіло масою 40 г кинуте вертикально вгору з початковою швидкістю 30 м/с. У верхній точці воно було через час 2,5 с. Яке середнє значення сили опору повітря, що діяла на тіло під час підйому? ($0,08 \text{ Н}$)

2.24. Повітряна куля об'ємом 600 м^3 знаходиться в рівновазі. Яка кількість баласту потрібно викинути за борт, щоб куля

почала підніматися з прискоренням $0,1 \text{ м/с}^2$? Густина повітря $1,29 \text{ кг/м}^3$. (7,8 кг)

2.25. Вантаж масою 140 кг, покладений на підлогу кабінки ліфта, що опускається, тисне на підлогу з силою 1540 Н. Визначити прискорення ліфта. ($1,2 \text{ м/с}^2$)

2.26. Повітряна куля масою 220 кг опускається зі сталою швидкістю. Якої маси баласт треба викинути, щоб куля піднімалася з тією самою швидкістю? Виштовхувальна сила повітря кулі 2150 Н. (10 кг)

2.27. На візку, що скочується без тертя з похилої площини, встановлено стержень з підвішеною на нитці кулькою. Знайти натяг нитки, якщо кулька має масу 2 г, а похила площина складає з горизонтом кут 60° . ($9,8 \cdot 10^{-3} \text{ Н}$)

2.28. Яку мінімальну швидкість матиме людина, яка збігає з гірки висотою 10 м з нахилом 30° при коефіцієнті тертя 0,3? ($9,8 \text{ м/с}$)

2.29. За якого мінімального коефіцієнта тертя між взуттям та біговою доріжкою спортсмен може пробігти зі старту 100 м за 10 с, якщо він прискорюється тільки на відрізок довжиною 20 м? (0,36)

2.30. Два бруски масами 10 та 20 кг зв'язані нерозтяжною мотузкою і знаходяться на горизонтальній площині. На бруски діють сили 20 та 10 Н, що складають з горизонтом відповідно кути 30° і 45° . Коефіцієнт тертя брусків по площині 0,02. Визначити прискорення системи та силу натягу мотузки. Система рухається у напрямку першої сили. ($0,14 \text{ м/с}^2$; 13,8 Н)

2.31. На горизонтальній площині лежать чотири цеглини масою 2 кг кожна. На кожну цеглину діє горизонтальна сила 46 Н. Знайти сили, що діють на кожну цеглину. Коефіцієнт тертя 0,5. З якою силою друга цеглина діє на третю? (35,5 Н; 23 Н; 11,5 Н)

2.32. Два тіла, маса яких 2,5 кг, зв'язані мотузкою, перекинутою через нерухомий невагомий блок, що закріплений на вершині похилої площини з кутом нахилу до горизонту 30° . Одне тіло знаходиться на рівній площині, інше висить на мотузці. Знайти силу, що діє на вісь блоку. (32,6 Н)

2.33. Спортсмен масою 70 кг стрибнув з висоти 6 м на горизонтально натягнуту сітку, яка увігнулася на 1 м. Знайти

середнє прискорення спортсмена на сітці та середню силу реакції сітки. ($58,8 \text{ м/с}^2$; $4,8 \text{ кН}$)

2.34. За який час тіло сповзе по похилій площині висотою 3 м , з кутом нахилу до горизонту 60° , якщо по похилій площині з кутом нахилу 30° воно сповзає рівномірно? ($1,1 \text{ с}$)

2.35. Похила площина має кут нахилу до горизонту 20° . По ній пускають вгору тіло масою 1 кг . Визначити силу тертя, якщо час сповзання вдвічі більший за час підйому. (2 Н)

2.36. У мідній кулі радіусом 50 см зроблена сферична порожнина з радіусом, що дорівнює $0,5 R$, поверхня якої торкається кулі. Знайти, з якою силою ця куля з порожниною притягує маленьку кулю масою 20 г , яка знаходиться на відстані 90 см від центру мідної кулі по прямій, що з'єднує центри куль. ($71 \cdot 10^{-10} \text{ Н}$; $58,6 \cdot 10^{-10} \text{ Н}$)

2.37. Космічний корабель масою 106 кг піднімається з Землі вертикально вгору. Сила тяги двигуна $2,94 \cdot 10^7 \text{ Н}$. З яким прискоренням піднімається корабель? ($19,6 \text{ м/с}^2$)

2.38. Якої маси вантаж може підняти людина на поверхні Місяця, якщо на поверхні Землі вона змогла підняти вантаж масою 60 кг , а $R_z/R_m = 3,7$; $M_z/M_m = 81$? Чому дорівнює прискорення вільного падіння на Місяці? ($3,6 \cdot 10^2 \text{ кг}$; $1,66 \text{ м/с}^2$)

2.39. Орбіта першого штучного супутника Землі мала коло радіусом 6600 км . Визначити кількість обертів супутника за добу. (16)

2.40. Перша космічна швидкість біля якоїсь сферичної планети 1 м/с . Визначити середню густину речовини цієї планети, якщо площа поперечного перерізу планети $3,76 \cdot 10^{12} \text{ м}^2$. ($3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$)

2.41. Підрахувати прискорення вільного падіння на астероїді діаметром 30 км , вважаючи, що середня густина речовини астероїда така, як і на Землі, тобто $5,4 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. ($2,3 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}^2$)

2.42. На якій відстані від поверхні Землі прискорення вільного падіння дорівнює 1 м/с^2 . Відповідь дати в кілометрах. (13 600 км)

2.43. За якого періоду обертання Землі навколо своєї осі тіла на екваторі були б невагомі? ($5 \cdot 10^3 \text{ с}$)

2.44. Визначити відстань від центра Землі до штучного супутника, якщо супутник запущений так, що він обертається в площині земного екватора і весь час здається нерухомим. Яка його швидкість? (52450 км ; $3,1 \text{ км/с}$)

- 2.45. Супутник летить по круговій орбіті навколо Землі. Знайти його лінійну швидкість, якщо на тій висоті, де летить супутник, сила тяжіння в 9 разів менша, ніж на поверхні Землі. ($4,5 \cdot 10^3$ м/с)
- 2.46. Штучний супутник, який використовується в системі телезв'язку, запущено в площині земного екватора так, що він знаходиться в зеніті однієї й тієї самої точки земної кулі. У скільки разів радіус орбіти супутника більший за радіус Землі? (6,6)
- 2.47. Визначити масу і середню густину Місяця, якщо прискорення вільного падіння на її поверхні дорівнює $1,63$ м/с², радіус Місяця $1,73 \cdot 10^6$ м. ($3,3 \cdot 10^3$ кг/м³)
- 2.48. Відношення періодів обертання двох супутників Землі дорівнює 2. Знайти відношення радіусів їх орбіт. (1,6)
- 2.49. Період обертання супутника по круговій орбіті навколо Землі 240 хв. маса супутника 1,2 т. Визначити висоту орбіти супутника над Землею. ($6,4 \cdot 10^6$ м)
- 2.50. Визначити масу Землі, якщо її радіус 6400 км. Прискорення вільного падіння і гравітаційну сталу вважати відомими. ($6 \cdot 10^{24}$ кг)
- 2.51. Радіус планети Марс становить 0,53 радіуса Землі, а маса Марса – 0,11 маси Землі. У скільки разів сила тяжіння на Марсі менша за силу тяжіння на Землі? (2,25)
- 2.52. Чому дорівнює прискорення сили тяжіння на поверхні Сонця, якщо його радіус в 110 разів більший за радіус Землі, а густина Сонця в 4 рази менша за густину Землі? (270 м/с²)
- 2.53. У якій точці прямої, що з'єднує центри Землі та Місяця, тіло притягується Місяцем та Землею з однаковою силою? Відстань від Землі до Місяця дорівнює 60 радіусів Землі. Маса Місяця у 81 раз менша за масу Землі. ($6R_3$)
- 2.54. Знайти першу космічну швидкість на Місяці, якщо його радіус 1760 км, а прискорення вільного падіння в 6 разів менше за земне. (1,7 км/с)
- 2.55. На екваторі деякої планети тіло важить у два рази менше, ніж на полюсі. Густина речовини цієї планети $3 \cdot 10^3$ кг/м³. Визначити період обертання планети навколо власної осі. (9703 с)
- 2.56. Знайти середню густину Землі, якщо вага тіла на екваторі на 0,3 % менша, ніж на полюсі. ($5,4 \cdot 10^3$ кг/м³)
- 2.57. Літак описує “мертву петлю” радіусом 1 км зі сталою швидкістю. Максимальна сила тиску льотчика на кресло перевищує мінімальну в 3 рази. Знайти швидкість літака. (141 м/с)

2.58. Автомобіль масою 1 т рухається по опуклому мосту, що має радіус кривизни 50 м, зі швидкістю 36 км/год. З якою силою тисне автомобіль на середину мосту? Відповідь дати в кілоньютонах. (8 кН)

2.59. Автомобіль масою 2 т рухається зі швидкістю 36 км/год по угнутому мосту. Радіус кривизни мосту 100 м. З якою силою тисне автомобіль на міст, проїжджаючи його середину? (21,6 кН)

2.60. Через річку шириною 100 м перекинута опуклий міст, що має форму дуги кола. Найвища точка мосту піднімається над берегом на 10 м. Максимальне навантаження, яке може витримати міст $45 \cdot 10^3$ Н. Через міст необхідно проїхати автомобілю масою $5 \cdot 10^3$ кг. При якій швидкості це можливо? (40,6 км/год)

2.61. Кулька масою m підвішена на нитці. Нитка може витримати вагу $2mg$. На який кут від положення рівноваги треба відхилити кульку, щоб вона обірвала нитку, проходячи через положення рівноваги? Відповідь дати в градусах. (60°)

2.62. На який кут потрібно відхилити нитку з підвішеним на ній вантажем, щоб при проходженні положення рівноваги натяг нитки був у 3 рази більший за вагу вантажу? (90°)

2.63. Кульку масою m , що підвішена на нитці, відхилили від положення рівноваги на кут 90° і відпустили. Якою має бути міцність нитки, щоб кулька під час руху не обірвала її? ($3 mg$)

2.64. Людина масою 70 кг сидить на середині гімнастичної трапеції. Перекладина трапеції підвішена на двох вірьовках, що мають довжину 8 м кожна. При гойданні людина проходить положення рівноваги зі швидкістю 6 м/с. Визначити силу натягу кожної вірьовки в цей момент. (510 Н)

2.65. Літак здійснює поворот, рухаючись по дузі зі сталою швидкістю 360 км/год. Визначити радіус цього кола, якщо корпус літака повернений навколо напрямку польоту на 10° . (5780 м)

2.66. У вагоні потягу, що рухається по закругленню радіусом 400 м зі швидкістю 72 км/год, зважують вантаж на пружинних терезах. Маса вантажу 5 кг. Визначити, що покажуть терези. (49,25 Н)

2.67. Яку швидкість повинен мати вагон, що рухається по закругленню радіусом 98 м, щоб куля, підвішена на нитці до стелі вагона, відхилилася від вертикалі на кут 45° ? Чому дорівнює натяг нитки, якщо маса кулі 10 кг? (112 км/год; 137 Н)

2.68. Закруглення залізничної колії розташоване в горизонтальній площині. Якого радіуса має бути закруглення, що розраховане на швидкість 72 км/год, якщо зовнішня рейка піднята над внутрішньою на 10,2 мм? Ширина колії 1524 мм. ($6 \cdot 10^3$ м)

2.69. Велосипедист рухається на горизонтальній площині і описує дугу кола радіусом 80 м з максимально можливою при цьому швидкістю 64 км/год. Визначити коефіцієнт тертя. (0,4)

2.70. Куля, яка підвішена до стелі на вірьовці, рухається по колу в горизонтальній площині. Відстань від стелі до цієї площини 1,25 м. Знайти період обертання кулі (2,25 с)

2.71. Невелике тіло зісковзує без тертя з вершини напівсфери радіусом R . На якій висоті тіло відірветься від поверхні напівсфери? ($2/3 R$)

2.72. Невелике тіло зісковзує по похилій поверхні, яка переходить у “мертву петлю”, з висоти $2R$, де R – радіус петлі. На якій висоті тіло відірветься від поверхні петлі? З якої висоти має скочуватися тіло, щоб відриву не було? ($5/3 R$; $5/2 R$)

3. ЗАКОНИ ЗБЕРЕЖЕННЯ ІМПУЛЬСУ ТА ЕНЕРГІЇ

Основні формули	
Імпульс тіла	$\vec{p} = m\vec{V}$
Імпульс системи тіл	$\vec{P} = \sum_i m_i \vec{V}_i$
Закон збереження імпульсу	$\sum_i m_i \vec{V}_i = const$
Робота	$A = F\Delta r \cos \alpha$
Середня робота	$A_{сер} = F_{сер} \cdot S$
Середня потужність	$N_{сер} = \frac{\Delta A}{\Delta t}$
Миттєва потужність	$N = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta A}{\Delta t} = F \cdot V \cdot \cos \alpha$
Коефіцієнт корисної дії	$\eta = \frac{A_{кор}}{A_n}$
Потенціальна енергія сили тяжіння	$W_n = mgh$ $W_n = G \frac{mM_3}{R_3}$
Потенціальна енергія сили пружності	$W_n = \frac{kx^2}{2}$
Кінетична енергія	$W_k = \frac{mV^2}{2}$
Повна механічна енергія	$W = W_n + W_k$
Закон збереження енергії	$W = const$

Приклади розв'язання задач

1. Платформа масою 500 кг рухається по горизонтальних рейках зі швидкістю 8 м/с. На неї з висоти 2 м вертикально падає камінь масою 50 кг та рухається далі разом з платформою. Через деякий час у платформі відкривається люк і камінь падає вниз. З якою швидкістю рухається після цього платформа? Тертям знехтувати.

Дано

$$M = 500 \text{ кг}$$

$$V = 8 \text{ м/с}$$

$$h = 2 \text{ м}$$

$$m = 50 \text{ кг}$$

$$U = ?$$

Розв'язання

У горизонтальному напрямку систему тіл платформа – камінь можна розглядати як замкнену. Тоді закон збереження імпульсу для цієї системи тіл в проекції на горизонтальну координату O_x можна записати у вигляді $MV = (M + m)U$

Звідси

$$U = \frac{M}{M + m} V,$$

Числовий розрахунок

$$U = \frac{500}{500 + 50} 8 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 7,27 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Після падіння каменю на платформу швидкість платформи зменшилася з 8 до 7,27 м/с. Закон збереження імпульсу для нашої системи тіл в проекції на горизонтальний напрямок після того, як камінь провалився, можна записати так

$$(M+m)U = MU_x + mU.$$

Другий добуток у правій частині рівняння пояснюється тим, що камінь, який переміщується разом з платформою в момент відриву від неї має горизонтальну складову U швидкості.

Із останнього рівняння видно, що $U=U_x$, тобто швидкість платформи після того, як камінь провалився, не змінилася.

2. Із двох абсолютно пружних куль, куля більшої маси до удару була в стані спокою. В результаті прямого удару менша куля втратила $3/4$ своєї кінетичної енергії. Чому дорівнює відношення мас куль?

Дано:

$$V_{01} = 0$$

$$m_1 > m_2$$

$$\Delta W = \frac{3}{4} W_{02}$$

$$\frac{m_1}{m_2} = ?$$

Розв'язання

Для розв'язання задачі використаємо закони збереження імпульсу та енергії. Згідно з цими законами можна записати:

$$m_2 V_{02} = m_2 V_2 - m_1 V_1, \quad (1)$$

$$\frac{m_2 V_{02}^2}{2} = \frac{m_1 V_1^2}{2} + \frac{m_2 V_2^2}{2}, \quad (2)$$

де m_1 - маса більшої кулі; m_2 - маса меншої кулі; V_{02} - швидкість меншої кулі до удару; V_2 - її швидкість після удару; V_1 - швидкість більшої кулі після удару.

Враховуючи те, що менша куля після удару втратила $3/4$ своєї кінетичної енергії, маємо

$$\frac{m_2 V_2^2}{2} = \frac{1}{4} m_2 V_{02}^2.$$

Звідки отримаємо співвідношення між модулями швидкостей, а саме

$$\frac{V_2}{V_{02}} = \frac{1}{2}$$

Аналогічно з (2) отримаємо

$$V_1 = \sqrt{\frac{3 m_2}{4 m_1}} \cdot V_{02}$$

Оскільки удар прямий, то співвідношення (1) буде виконуватися тільки в тому випадку, коли V_1 і V_2 матимуть протилежні напрями. Враховуючи це, із (1) отримуємо, що

$$\frac{m_1}{m_2} = 3$$

3. Знайти роботу, яку необхідно виконати для підняття із криниці глибиною 12 м відра з водою масою 10 кг. Відро піднімають на тросі, кожний метр якого має масу 500 г. Відповідь дати в кілоджоулях.

Дано:

$$h = 12 \text{ м}$$

$$m_g = 10 \text{ кг}$$

$$\frac{m}{h} = 0,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}}$$

А (кДж) - ?

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

Розв'язання

У результаті роботи, що виконується при піднятті відра, буде змінюватися потенційна енергія відра та троса. Оскільки маса троса розподілена по його довжині рівномірно і при піднятті відра окремі ділянки троса піднімаються на різну висоту, зручно розглянути центр маси троса. Зміну потенційної енергії троса можна виразити через зміну потенційної енергії центра мас троса. При цьому необхідно врахувати, що центр мас троса піднімається на половину глибини криниці. Тоді шукана робота

$$A = m_g gh + \frac{m}{h} \cdot gh \cdot \frac{h}{2} = (m_g + \frac{1}{2} \frac{m}{h} \cdot h) gh$$

Числовий розрахунок:

$$A = (10 + 0,5 \cdot 0,5 \cdot 12) \cdot 10 \cdot 12 \text{ Дж} = 1560 \text{ Дж} = 1,56 \text{ кДж.}$$

Задачі для самостійного розв'язання

3.1. На тіло діє стала сила 49 Н протягом часу 10 с. Знайти масу тіла, якщо зміна швидкості під час дії цієї сили 5 м/с. (98 кг)

3.2. Кулька масою 100 г рухається зі сталою швидкістю 1,5 м/с, після чого рухається назад, не змінюючи швидкість за модулем. Визначити зміну імпульсу кульки. (0,3 кг·м/с)

3.3. З рушниць масою 3 кг зі швидкістю 600 м/с вилітає куля масою 10 г. Яка швидкість віддачі рушниць, якщо вона вільна? (2 м/с)

3.4. Яка середня сила тиску на плече під час стрільби з автомата, коли маса кулі 10 г, а швидкість кулі при вильоті зі ствола 300 м/с? Автомат дає 300 пострілів за звичайну. (15 Н)

3.5. М'яч масою 150 г ударяється в гладеньку стінку під кутом 30 до неї і відскакує без втрати швидкості. Знайти середню силу, яка діє на м'яч з боку стінки, якщо швидкість м'яча 10 м/с, а тривалість удару 0,1 с. (15 Н)

3.6. Кулька, яка падає вертикально і має масу 200 г, ударила об підлогу зі швидкістю 5 м/с і підскочила на висоту 46 см. Чому дорівнює зміна імпульсу кульки при ударі? (1,6 кг·м/с)

3.7. З гармати масою 3 т вилітає в горизонтальному напрямі снаряд масою 15 кг зі швидкістю 659 м/с. Якої швидкості набуває гармата при відбої? (3,25 м/с)

3.8. Два тіла, рухаючись назустріч один одному зі швидкістю 3 м/с кожне, після дотику стали рухатися разом зі швидкістю 1,5 м/с. Визначити відношення мас цих тіл. Тертям знехтувати. (1/3; 3)

3.9. Людина, яка стоїть на нерухомому плоту масою 5000 кг, пішла зі швидкістю 5 м/с відносно плоту. Маса людини 100 кг. З якою швидкістю почав рухатися пліт по поверхні води? (0,1 м/с)

3.10. Ракета, маса якої із зарядом 250 г, злітає вертикально вгору і досягає висоти 125 м. Визначити швидкість витікання газів із ракети, вважаючи, що заряд згоряє миттєво. Маса заряду 50 г. (200 м/с)

3.11. По горизонтальних рейках зі швидкістю 10 м/с рухається платформа масою 100 кг. На неї вертикально падає камінь масою 3 кг і рухається далі разом з платформою. З якою швидкістю рухається платформа? Тертям знехтувати. (9,5 м/с)

3.12. Снаряд масою 20 кг, що летить горизонтально зі швидкістю 501 м/с, влучає в платформу з піском масою 10 т і застряє в піску. З якою швидкістю почне рухатися платформа? (1 м/с)

3.13. Гармата, яка стоїть на дуже гладенькій горизонтальній площадці, стріляє під кутом 30° до горизонту. Маса снаряда 20 кг; початкова швидкість 200 м/с. Якої швидкості набуває гармата під час пострілу, коли її маса 500 кг? (7 м/с)

3.14. Гармата, маса ствола якої 500 кг, стріляє в горизонтальному напрямі. Маса снаряда 5 кг, його початкова швидкість 460 м/с. Під час пострілу ствол відкочується на відстань 40 см. Визначити середнє значення сили гальмування, що виникає в механізмі, який гальмує ствол. ($1,32 \cdot 10^4$ Н)

3.15. Снаряд масою 50 кг, який летить під кутом 30° до вертикалі зі швидкістю 800 м/с, влучає у платформу з піском і застрягає в піску. Знайти швидкість платформи після влучення снаряда, якщо її маса 16 т. (1,25 м/с)

3.16. Людина, яка стоїть на ковзанах на гладенькому льоду річки, кидає камінь масою 0,6 кг. Через час 2 с камінь досягає берега, пройшовши відстань 20 м. З якою швидкістю почне рухатися ковзаняр, якщо його маса 60 кг? Тертя ковзанів і каменя об кригу не враховувати. (0,1 м/с)

3.17. Двоє людей на роликівих ковзанах стоять один проти одного. Маса першої людини 70 кг, другої – 80 кг. Перша кидає другій вантаж масою 10 кг зі швидкістю, горизонтальна складова якої 5 м/с відносно землі. Визначити швидкість першої людини після кидання вантажу і швидкість другої людини після того, як вона піймає вантаж. Тертя не враховувати. (5/7 м/с; 5/9 м/с)

3.18. У тіло масою 990 г, що лежить на горизонтальній поверхні, влучає куля масою 10 г і застряє в ньому. Швидкість кулі напрямлена горизонтально і дорівнює 700 м/с. Який шлях пройде тіло до зупинки, якщо коефіцієнт тертя між тілом і поверхнею 0,05? (50 м)

3.19. Ядро, що летіло в горизонтальному напрямі зі швидкістю 20 м/с, розірвалося на дві частини. Маса осколків 10 кг та 5 кг. Швидкість меншого осколка дорівнює 90 м/с і напрямлена так само, як і швидкість ядра до розриву. Визначити швидкість і напрям руху більшого осколка. (- 15 м/с)

3.20. Візок стоїть на гладеньких рейках. Людина переходить з одного їх кінця на другий. На яку відстань переміститься при цьому візок? Маса людини 60 кг, візка 120 кг, його довжина 3 м. (1 м)

3.21. Кран піднімає вантаж вагою 20 кН. Знайти виконану роботу за перші 5 с, якщо швидкість підняття 30 м/хв. (50 кДж)

3.22. Визначити роботу сили при рівномірному піднятті вантажу масою 2 т на висоту 50 см. (10 кДж)

3.23. Автомобіль масою 1 т рушає з місця і, рухаючись рівноприскорено, проходить шлях 20 м за час 2 с. Яку потужність повинен розвивати двигун цього автомобіля? (200 кВт)

3.24. Тіло масою 1 кг, яке кинуте вертикально вгору з початковою швидкістю 15 м/с, упало на землю зі швидкістю 10 м/с. Чому дорівнює робота з подолання опору повітря? (62,5 Дж)

3.25. Куля масою 10 г підлітає до дошки товщиною 4 см зі швидкістю 600 м/с і, пробивши дошку, вилітає зі швидкістю 400 м/с. Знайти середню силу опору дошки ($2,5 \cdot 10^4$ Н)

3.26. Яку кінетичну енергію матиме тіло масою 1 кг, яке падає без початкової швидкості, через час 4 с після початку падіння? (860 Дж)

3.27. Камінь масою 5 кг упав з деякої висоти. Знайти кінетичну енергію каменя в середній точці його шляху, якщо падіння тривало 2 с. (500 Дж)

3.28. М'яч масою 0,4 кг вільно падає на землю з висоти 6 м і відскакує на висоту 3 м від землі. Скільки енергії втрачає м'яч від удару об землю? (12 Дж)

3.29. Кинуте вертикально вгору тіло масою 200 г упало на землю через час 2 с. Знайти кінетичну енергію тіла в момент падіння на землю. Опором повітря знехтувати. (10 Дж)

3.30. Яку швидкість набувають санчата, які з'їжджають з льодяної гірки висотою 19,6 м? (19,6 м/с)

3.31. Визначити кінетичну енергію тіла масою 1 кг, кинутого горизонтально зі швидкістю 20 м/с, в кінці четвертої секунди його руху? (1 кДж)

3.32. На яку висоту потрібно підняти вантаж масою 5 кг, щоб його потенціальна енергія збільшилася на 40 Дж? (0,8 м)

3.33. Стала сила 0,5 Н діє на тіло масою 10 кг протягом часу 2 с. визначити кінетичну енергію тіла, якщо початкова кінетична енергія дорівнює нулю. (0,05 Дж)

3.34. З гірки висотою 2 м та основою 5 м з'їжджають санчата, які зупиняються, пройшовши горизонтальний шлях 35 м від основи гірки. Знайти коефіцієнт тертя. (0,05)

3.35. Який максимальний підйом може подолати тепловоз потужністю 320 кВт, переміщуючи состав масою $2 \cdot 10^3$ т зі швидкістю 7,2 км/год, якщо коефіцієнт тертя $2 \cdot 10^{-3}$? Вважати кут нахилу залізничного полотна до горизонту малим. ($7 \cdot 10^{-3}$ рад)

3.36. Потужність гідроелектростанції 73,5 МВт. Чому дорівнюють витрати води [$\text{м}^3/\text{с}$], якщо ККД станції 75 % і гребля піднімає рівень води на висоту 10 м?

3.37. Підйомний кран за 7 год. піднімає $3 \cdot 10^3$ т будівельних матеріалів на висоту 10 м. Яка потужність двигуна крана, якщо ККД крана 60 %? (20 кВт)

3.38. Трактор масою 10 т, який розвиває потужність 147 кВт, піднімається на гору зі швидкістю 5 м/с. Визначити кут нахилу гори α . Опором руху знехтувати. Відповідь дати в градусах. (17°)

3.39. Транспортер піднімає 200 кг піску на автомашину за час 1с. Довжина стрічки транспортера 3 м, а кут нахилу 30° . Коефіцієнт корисної дії транспортера 85%. Визначити потужність, яку розвиває його електродвигун. (3,46 кВт)

3.40. М'яч падає з висоти 7,5 м на гладеньку підлогу. Якої початкової швидкості треба надати м'ячу, щоб після двох ударів об підлогу він піднявся до початкової висоти, якщо при кожному ударі м'яч втрачає 40 % енергії? (16,2 м/с)

3.41. Автомобіль масою 1 т рівномірно рухається по похилій ділянці шосе, піднімаючись на 10 м на кожний кілометр шляху. На скільки в цьому випадку витрати бензину будуть більші, ніж при русі з тією самою швидкістю по горизонтальній ділянці шляху? Питома теплота згоряння бензину 46,2 МДж/кг. Коефіцієнт корисної дії двигуна 10 %. (2,2 кг)

3.42. Під яким кутом розлітаються після абсолютно пружного удару дві однакові ідеально гладенькі кулі, якщо до удару одна з них була в стані спокою, а друга рухалася зі сталою швидкістю, напрямленою під кутом $> 0^\circ$ до лінії, що сполучає їх центри в момент удару? ($\pi/2$ рад)

3.43. Дві пружні кульки, маси яких 100 г і 300 г, підвішені на однакових нитках довжиною 50 см. Першу кульку відхилили від положення рівноваги на кут 90° і відпустили. На яку висоту

підніметься друга кулька після удару? Відповідь дати в сантиметрах. (12,5 см)

3.44. Снаряд при вертикальному пострілі досяг найвищої точки польоту 3 км і розірвався на дві частини, які мають маси 3 кг і 2 кг. Осколки продовжують летіти по вертикалі: перший – униз, другий угору. Знайти швидкість осколків через час 2 с після розриву, якщо їх повна енергія безпосередньо після розриву 247 кДж. (164 м/с; 245 м/с)

3.45. Від удару копра вагою $5 \cdot 10^3$ Н, який вільно падає з деякої висоти, паля заглиблюється в ґрунт на 1 см. Визначити силу опору ґрунту, вважаючи її сталою, якщо швидкість копра перед ударом 10 м/с. Вагою палі при розрахунках знехтувати. ($2,5 \cdot 10^6$ Н)

3.46. Чому дорівнює середня сила опору води рухові пароплава, якщо він протягом трьох діб при середній швидкості 10 км/год використав 6,5 т вугілля? Коефіцієнт корисної дії двигуна пароплава 0,1. Теплотворна здатність вугілля 33,5 МДж/кг. ($3 \cdot 10^4$ Н)

3.47. Крижину площею 1 м^2 товщиною 0,4 м повністю занурюють у воду. Яку мінімальну роботу необхідно витратити на занурення криги? Густина води 1000 кг/м^3 , льоду – 900 кг/м^3 . (7,84 Дж)

3.48. Із повітряної рушниці стріляють у сірникову коробку, що лежить на відстані 30 см від краю стола. Куля масою 1 г летить зі швидкістю 150 м/с, пробиває коробку і вилітає із неї з удвічі меншою швидкістю. Маса коробки 50 г. Знайти максимальне значення коефіцієнта тертя між коробкою і столом, при якому коробка впаде зі столу. (0,375)

3.49. Куля, що летить горизонтально зі швидкістю 400 м/с, попадає в брусок, який підвішений на нитці довжиною 4 м і застряє в ньому. Визначити кут, на який відхилиться брусок, якщо маса кулі 20 г, а бруска 5 кг. Відповідь дати в градусах з точністю до цілих (15)

3.50. Тіло без початкової швидкості зісковзує в яму, стінки якої гладенькі і плавно переходять у горизонтальне дно. Довжина дна ями 2 м, глибина ями 5,16 м. Коефіцієнт тертя по дну 0,2. На якій відстані від середини ями тіло зупиниться? (0,2 м)

3.51. З криниці глибиною 20 м дістають воду відром. Внизу відро заповнюється водою повністю. Через витікання води при піднятті відра частина води виливається назад у криницю.

Вважаючи, що піднімання виконується рівномірно, а швидкість витікання води стала, визначити роботу, яку необхідно виконати для підняття відра, якщо до кінця піднімання у відрі залишається $2/3$ початкової маси води. Маса відра 2 кг, його місткість 15 л, густина води 10^3 кг/м^3 . (2,9 кДж)

3.52. Водій, який рухається в тумані, раптово побачив перед собою перешкоду. Що йому краще зробити: загальмувати чи здійснити поворот убік (цей маневр можна здійснити)? (загальмувати)

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Корсак К.В.* Фізика: 25 повторювальних лекцій. Навч. посібн. – К.: Вища школа, 1994.
2. *Кабардин О.Ф.* Физика, справочные материалы. – М.: Просвещение, 1990.
3. *Гончаренко С.І.* Фізика. Довідкові матеріали для абітурієнтів. – К.: Либідь, 1996.
4. *Гончаренко С.І.* Фізика. Методи розв'язування задач. – К.: Либідь, 1996.

Навчальне видання

МУРАНОВА Наталія Петрівна
ПАНАРІН Олександр Матвійович
ТРЕТЯКОВ Іван Григорович

ФІЗИКА

МЕХАНІКА

Навчально-методичний посібник
для слухачів підготовчих курсів
Інституту довузівської підготовки

В авторській редакції

Підп. до друку 15.11.06. Формат 60x84/16. Папір офс.
Офс. друк. Ум. друк. арк. 2,56. Обл.-вид. арк. 2,75.
Дод. тираж 500 пр. Замовлення № 225-1.

Видавництво НАУ.
03680. Київ -680, проспект Космонавта Комарова, 1.

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 977 від 05.07.2002.