

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

Збірник завдань до
Домашньої Контрольної Роботи
з дисципліни «Загальна фізика»

розділ «Механіка матеріальної точки»

Рекомендовано Методичною радою НТУУ „КПІ”

Київ

НТУУ ”КПІ”

2011

Збірник завдань до домашньої контрольної роботи (ДКР) з дисципліни «Загальна фізика», розділ «Механіка матеріальної точки» для студентів технічних напрямків підготовки. /Уклад. І. М. Репалов. – К.: НТУУ „КПІ”, 2011. – 16 с.

Гриф надано Методичною радою НТУУ „КПІ”

(Протокол №_9_ від _19_ травня 2011 р.)

Навчальне видання

Збірник завдань
до домашньої контрольної роботи (ДКР)
з дисципліни «Загальна фізика»
розділ «Механіка матеріальної точки»

Укладач: Репалов Ігор Миколайович, канд. фіз.- мат. наук, доц.

Відповідальний

редактор В. М. Локтев, академік НАНУ, доктор фіз. - мат. наук

Рецензент Л. П. Гермаш, доктор фіз. - мат. наук, проф.

За редакцією укладача

Збірник завдань до домашньої контрольної роботи (ДКР)

з дисципліни «Загальна фізика», розділ «Механіка матеріальної точки»

для студентів технічних напрямків підготовки.

За заданими рівняннями руху $x=x(t)$, $y=y(t)$ (та $z=z(t)$ для 2 рівня складності) матеріальної точки масою $m=1$ кг встановити:

1. Рівняння та вид траєкторії точки; побудувати графік.
2. Вектори переміщення, середньої швидкості та їх модулі в інтервалі часу $\Delta t = t_2 - t_1$.
3. Для моментів часу $t=t_1$ і $t=t_2$ знайти:
 - 3.1. координати точки;
 - 3.2. вектори її швидкості;
 - 3.3. повне, нормальне та тангенціальне прискорення;
 - 3.4. радіуси кривизни траєкторії;
4. Шлях, який проходить точка за інтервал часу Δt .
5. Силу, яка діє на точку та її потужність для моменту часу $t=t_1$.
6. Роботу знайденої сили за час Δt ; середню потужність за цей час.
7. Зміну кінетичної енергії точки, та зробити висновок, щодо виконання закону збереження енергії.
8. Зміну імпульсу точки за інтервал Δt та показати, що він дорівнює імпульсу сили за цей час.
9. Зміну моменту імпульсу точки відносно початку системи координат за інтервал часу Δt та показати, що він обумовлений дією моменту сили.

Дані, для виконання роботи взяти в табл. 1 у відповідності до свого варіанту.

Вказівки до виконання роботи:

- Робота виконується українською або російською мовами на папері формату А4 з одного боку. Аркуші не зшиваються, а вкладаються у файл або папку.
- На титульному аркуші вказується назва університету, факультету, номеру групи, прізвище та ім'я студента, назва роботи, номер варіанту, рік.
- Нумерація сторінок – обов'язкова. На титулі номер не ставиться.
- Робота виконується в пакеті Word Windows. Як виняток, дозволяється написання від руки.
- Для побудови графіків, обчислення деяких інтегралів та перевірки аналітичних обчислень бажано використовувати пакети MathCAD, Maple, Mathematica та ін.
- Графіки друкуються на принтері, або будуються на міліметровому папері формату А4.
- Всі аналітичні перетворення і обчислення наводяться повністю. У разі використання комп'ютерних математичних програм наводиться лістинг програм та таблиці значень для побудови графіків, якщо вони будуються на міліметровому папері.
- Виконана та належним чином у відповідності до наведеного прикладу оформлена робота здається в термін, вказаний викладачем.

Таблиця 1. Варіанти завдань ДКР «Механіка матеріальної точки»

Номер варіанту	Рівняння руху			t_1, c	t_2, c
	$x=x(t), m$	$y=y(t), m$	$z=z(t), m$		
1	$-2t^2 + 3$	$-5t$	$3t$	0,5	1
2	$4\cos^2\left(\frac{\pi t}{3}\right) + 2$	$4\sin^2\left(\frac{\pi t}{3}\right)$	$2t$	1	1,5
3	$-\cos\left(\frac{\pi t^2}{3}\right) + 3$	$\sin\left(\frac{\pi t^2}{3}\right) - 1$	$3t/2$	1	2
4	$4t + 4$	$-\frac{4}{t+1}$	$4t + 4$	2	3
5	$2\sin\left(\frac{\pi t}{3}\right)$	$-3\cos\left(\frac{\pi t}{3}\right) + 4$	t	1	1,5
6	$3t^2 + 2$	$-4t$	$3t$	0,5	1
7	$3t^2 - t + 1$	$5t^2 - \frac{5t}{3} - 2$	$5t/2$	1	1,5
8	$7\sin\left(\frac{\pi t^2}{6}\right) + 3$	$2 - 7\cos\left(\frac{\pi t^2}{6}\right)$	$5t$	1	2
9	$-\frac{3}{t+2}$	$3t + 6$	$4t + 8$	2	3
10	$-4\cos\left(\frac{\pi t}{3}\right)$	$-2\sin\left(\frac{\pi t}{3}\right) - 3$	t	1	2
11	$-4t^2 + 1$	$-3t$	$2t$	0	0,5
12	$5\sin^2\left(\frac{\pi t}{6}\right)$	$-5\cos^2\left(\frac{\pi t}{6}\right) - 3$	$3t$	1	2
13	$5\cos\left(\frac{\pi t^2}{3}\right)$	$-5\sin\left(\frac{\pi t^2}{3}\right)$	$3t/2$	1	1,5
14	$-2t - 2$	$-\frac{2}{t+1}$	$2t + 2$	2	3
15	$4\cos\left(\frac{\pi t}{3}\right)$	$-3\sin\left(\frac{\pi t}{3}\right)$	$3t$	1	2
16	$3t$	$4t^2 + 1$	$3t/2$	0,5	1
17	$7\sin^2\left(\frac{\pi t}{6}\right) - 5$	$-7\cos^2\left(\frac{\pi t}{6}\right)$	$5t$	1	2
18	$1 + 3\cos\left(\frac{\pi t^2}{3}\right)$	$3\sin\left(\frac{\pi t^2}{3}\right) + 3$	$7t/2$	1	2

19	$-5t^2 - 4$	$3t$	$6t$	0	1
20	$2 - 3t - 6t^2$	$3 - \frac{3t}{2} - 3t^2$	$2t$	0	1
21	$6\text{Sin}\left(\frac{\pi t^2}{6}\right) - 2$	$6\text{Cos}\left(\frac{\pi t^2}{6}\right) + 3$	$4t$	0	1
22	$7t^2 - 3$	$5t$	t	0,25	1
23	$3 - 3t^2 + 1$	$4 - 5t^2 + 5t/3$	$3t/2$	1	3
24	$-4\text{Cos}\left(\frac{\pi t}{3}\right) - 1$	$-4\text{Sin}\left(\frac{\pi t}{3}\right)$	$2t$	1	2
25	$-6t$	$-2t^2 - 4$	$5t$	1	2
26	$8\text{Cos}^2\left(\frac{\pi t}{6}\right) + 2$	$-8\text{Sin}^2\left(\frac{\pi t}{6}\right) - 7$	$6t$	1	3
27	$-3 - 9\text{Sin}\left(\frac{\pi t^2}{6}\right)$	$-9\text{Cos}\left(\frac{\pi t^2}{6}\right) + 5$	$7t/2$	1	2
28	$-4t^2 + 1$	$-3t$	$4t$	1	2
29	$5t^2 + \frac{5t}{3} - 3$	$3t^2 + t + 3$	$5t$	1	3
30	$2\text{Cos}\left(\frac{\pi t^2}{3}\right) - 2$	$-2\text{Sin}\left(\frac{\pi t^2}{3}\right) + 3$	$3t/2$	1	2

Стислі теоретичні відомості

з розділу „Механіка матеріальної точки”.

Положення матеріальної точки в просторі задається її радіус-вектором :

$$\vec{r}(t) = x(t) \cdot \vec{i} + y(t) \cdot \vec{j} + z(t) \cdot \vec{k}$$

де $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ — одиничні вектори (орти); x, y, z — координати точки.

Кінематичні рівняння руху в координатній формі:

$$x = x(t); y = y(t); z = z(t),$$

де t — час.

Вектор переміщення точки за проміжок часу $[t_1, t_2]$:

$$\Delta \vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 = (x_2 - x_1)\vec{i} + (y_2 - y_1)\vec{j} + (z_2 - z_1)\vec{k}$$

Середня швидкість матеріальної точки за проміжок часу $\Delta t = t_2 - t_1$:

$$\langle \vec{v} \rangle = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t};$$

Миттєва швидкість матеріальної точки:

$$\vec{v}(t) = \frac{d\vec{r}(t)}{dt} = \frac{dx}{dt} \vec{i} + \frac{dy}{dt} \vec{j} + \frac{dz}{dt} \vec{k}$$

де $v_x = \frac{dx}{dt}, v_y = \frac{dy}{dt}, v_z = \frac{dz}{dt}$ - проекції вектора швидкості на осі системи координат;

Модуль вектора швидкості:

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

Миттєве прискорення матеріальної точки:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{dv_x}{dt} \vec{i} + \frac{dv_y}{dt} \vec{j} + \frac{dv_z}{dt} \vec{k}, \text{ де}$$

$a_x = \frac{dv_x}{dt}, a_y = \frac{dv_y}{dt}, a_z = \frac{dv_z}{dt}$ - проекції вектора прискорення на осі системи координат;

Нормальне, тангенціальне та повне прискорення:

$$\vec{a}_n = \frac{v^2}{R} \vec{n}; \quad \vec{a}_\tau = \frac{dv}{dt} \vec{\tau}; \quad \vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_\tau$$

R – радіус кривизни траєкторії.

Модуль повного прискорення точки:

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2};$$

Миттєва швидкість і радіус-вектор точки при довільному русі:

$$\vec{v}(t) = \vec{v}_0 + \int_0^t \vec{a}(t) dt; \quad \vec{r} = \vec{r}_0 + \int_0^t \vec{v}(t) dt.$$

Шлях, який був пройдений точкою за проміжок часу $[t_1, t_2]$:

$$s = \int_{t_1}^{t_2} |\vec{v}(t)| dt;$$

Імпульс точки масою m , що рухається зі швидкістю \vec{v} :

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

Основне рівняння динаміки руху матеріальної точки:

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}.$$

2 закон Ньютона (основне рівняння динаміки для тіла незмінної маси):

$$m \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = \vec{F}.$$

Зміна імпульсу точки за проміжок часу $[t_1, t_2]$ під дією зовнішньої сили:

$$\Delta \vec{p} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F} dt.$$

Робота сили, що діє на матеріальну точку:

$$A = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F}(t) d\vec{r};$$

Потужність сили, що діє на матеріальну точку:

$$P = \frac{dA}{dt} = \vec{F} \vec{v} = F_x \cdot v_x + F_y \cdot v_y + F_z \cdot v_z;$$

Кінетична енергія матеріальної точки:

$$K = \frac{mv^2}{2}$$

Зміна повної механічної енергії системи:

$$\Delta K + \Delta U = A_{\text{дис}} + A_{\text{зовн}}$$

Момент імпульсу точки:

$$\vec{L} = [\vec{r}; \vec{p}] = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ x & y & z \\ p_x & p_y & p_z \end{vmatrix}$$

Момент сили, що діє на точку:

$$\vec{M} = [\vec{r}; \vec{F}] = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ x & y & z \\ F_x & F_y & F_z \end{vmatrix}$$

Рівняння моментів відносно осі обертання OZ:

$$\frac{dL_z}{dt} = M_z$$

Зміна моменту імпульсу точки за проміжок часу $[t_1, t_2]$ під дією моменту сили:

$$\Delta \vec{L} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{M}(t) dt.$$

Приклад виконання завдання (1 рівень).

Дано: $m = 1 \text{ кг}$; $t_1 = 0,5 \text{ с}$; $t_2 = 1 \text{ с}$;

$$\begin{cases} x = 4t; \\ y = 16t^2 - 1; \end{cases} \quad (1)$$

Розв'язання:

1. Рівняння руху (1) можна розглядати як параметричні рівняння траєкторії точки. Щоб отримати рівняння траєкторії у координатній формі, виключимо час t із рівнянь (1).

Отримаємо

$$y = x^2 - 1, \quad (2)$$

тобто траєкторія точки є парабола, яка зображена на рис. 1.

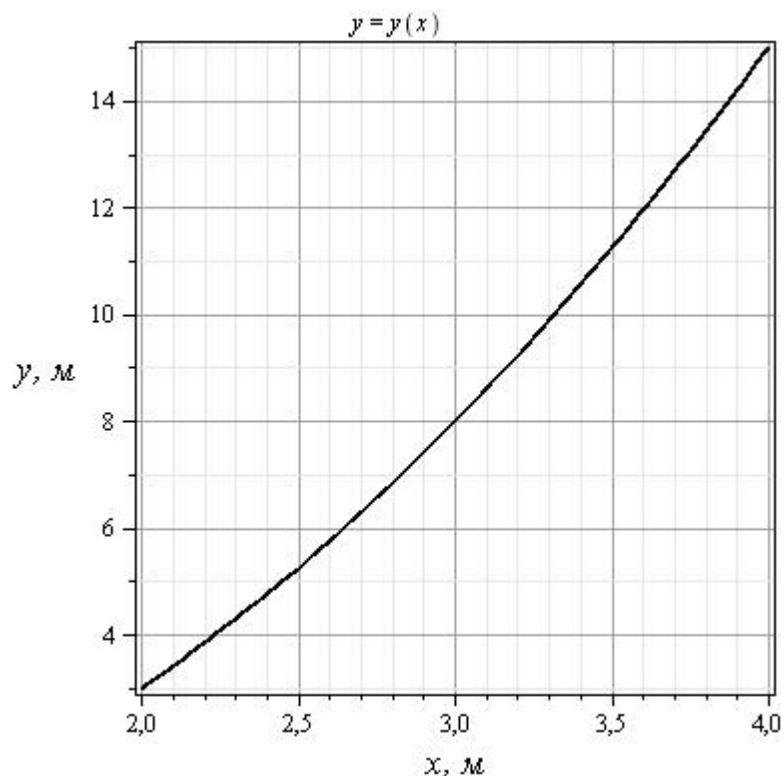


Рис.1. Траєкторія руху точки.

2. Запишемо залежність радіус-вектора точки в залежності від часу у координатному вигляді, використовуючи дані варіанту (1):

$$\vec{r} = x(t)\vec{i} + y(t)\vec{j} = 4t\vec{i} + (16t^2 - 1)\vec{j}. \quad (3)$$

Тоді:

$$\vec{r}_1 = \vec{r}(t_1) = 2\vec{i} + 3\vec{j}; \quad \vec{r}_2 = \vec{r}(t_2) = 4\vec{i} + 15\vec{j}.$$

$$\text{Вектор переміщення точки } \Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 = 2\vec{i} + 12\vec{j}. \quad (4)$$

Модуль переміщення $\Delta r = \sqrt{x^2 + y^2} = 12,17 \text{ м}$.

Вектор середньої швидкості: $\langle \vec{v} \rangle = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} = 4\vec{i} + 24\vec{j}$.

Модуль вектора середньої швидкості: $|\langle \vec{v} \rangle| = \sqrt{592} = 24,33 \text{ м/с}$.

3. 3.1. За даними варіанту (1) знаходимо координати точки:

$$x_1 = 2 \text{ м}, y_1 = 3 \text{ м}; \quad x_2 = 4 \text{ м}, y_2 = 15 \text{ м}.$$

3.2. Вектор швидкості точки

$$\vec{v} = v_x \vec{i} + v_y \vec{j}. \quad (5)$$

Вектор прискорення

$$\vec{a} = a_x \vec{i} + a_y \vec{j}. \quad (6)$$

Знайдемо їх, взяв першу і другу похідну по часу рівнянь (1):

$$\begin{cases} v_x = \dot{x} = 4 \text{ м/с} \\ v_y = \dot{y} = 32t \text{ м/с} \end{cases} \quad \begin{cases} a_x = \ddot{x} = 0; \\ a_y = \ddot{y} = 32 \text{ м/с}^2 \end{cases} \quad (7)$$

Обчислимо:

$$\begin{cases} v_{x1} = 4 \text{ м/с} \\ v_{y1} = 32 \cdot 0,5 = 16 \text{ м/с} \end{cases} \quad \begin{cases} v_{x2} = 4 \text{ м/с} \\ v_{y2} = 32 \cdot 1 = 32 \text{ м/с} \end{cases}$$

За знайденими проекціями визначаються модуль вектора швидкості:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}, \quad (8)$$
$$v_1 = \sqrt{16 + 256} \approx 16,49 \text{ м/с}; \quad v_2 = \sqrt{16 + 1024} \approx 32,25 \text{ м/с}.$$

3.3. Модуль прискорення точки:

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = 32 \text{ м/с}^2. \quad (9)$$

Модуль тангенціального (дотичного) прискорення точки

$$a_\tau = \left| \frac{dv}{dt} \right| = \left| \frac{\vec{v} \cdot \vec{a}}{v} \right| = \left| \frac{v_x a_x + v_y a_y}{v} \right|, \quad (10)$$

Додатне значення похідної dv/dt означає, що рух точки прискорений, і напрямки векторів \vec{v} і \vec{a}_τ співпадають; від'ємне – що рух сповільнений.

$$a_{\tau 1} = \left| \frac{4 \cdot 0 + 16 \cdot 32}{16,49} \right| \approx 31,05 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}; \quad a_{\tau 2} = \left| \frac{4 \cdot 0 + 32 \cdot 32}{32,25} \right| \approx 31,75 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

Модуль нормального (доцентрового) прискорення точки

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \left| \frac{[\vec{v}; \vec{a}]}{v} \right|. \quad (11)$$

При плоскому русі формула (11) набуває вигляду

$$a_n = \left| \frac{v_x a_y - v_y a_x}{v} \right|, \quad (12)$$

$$a_{n1} = \left| \frac{4 \cdot 32 - 16 \cdot 0}{16,49} \right| \approx 7,75 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}; \quad a_{n2} = \left| \frac{4 \cdot 32 - 32 \cdot 0}{32,25} \right| \approx 3,98 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Модуль нормального прискорення можна визначити і через тангенціальне прискорення:

$$a_n = \sqrt{a^2 - a_\tau^2}. \quad (13)$$

$$a_{n1} = \sqrt{32^2 - 31,05^2} \approx 7,75 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}; \quad a_{n2} = \sqrt{32^2 - 31,75^2} \approx 3,98 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

Значення, які були знайдені різними способами, співпадають.

3.4. Після того, як за формулами (12) і (13) знайдено нормальне прискорення, радіус кривизни траєкторії визначається з формули (11):

$$R = \frac{v^2}{a_n}, \quad (14)$$

$$R_1 = \frac{16,49^2}{7,75} \approx 35,09 \text{ м}; \quad R_2 = \frac{32,25^2}{3,98} \approx 261,32 \text{ м}.$$

3.5. Результати обчислень за формулами (1), (7) - (10) та (12) - (14) для моменту часу $t_1=0,5$ с наведені у табл. 1, а для моменту часу $t_2 = 1,0$ с - у табл. 2.

табл. 1.

Координати, м		Швидкість, м/с			Прискорення, м/с ²					Радіус кривизни, м
x_1	y_1	v_{x1}	v_{y1}	v_1	a_{x1}	a_{y1}	a_1	$a_{\tau 1}$	a_{n1}	R_1
2,0	3,0	4,0	16,0	16,49	0	32,0	32,0	31,05	7,75	35,09

табл. 2.

Координати, м		Швидкість, м/с			Прискорення, м/с ²					Радіус кривизни, м
x_2	y_2	v_{x2}	v_{y2}	v_2	a_{x2}	a_{y2}	a_2	$a_{\tau 2}$	a_{n2}	R_2
4,0	15,0	4,0	32,0	32,25	0	32,0	32,0	31,75	3,98	261,32

4. Знайдемо шлях, яких пройшла точка за проміжок часу від t_1 до t_2 :

$$s = \int_{t_1}^{t_2} v dt = \int_{t_1}^{t_2} \sqrt{v_x^2 + v_y^2} dt \quad (15)$$

Тоді:

$$s = \int_{0,5}^1 \sqrt{4^2 + (32t)^2} dt$$
$$s = \frac{1}{32} \cdot \frac{1}{2} \left[32t\sqrt{4^2 + (32t)^2} + 16 \ln \left(32t + \sqrt{4^2 + (32t)^2} \right) \right] \Big|_{0,5}^1 = 12,17 \text{ м} \quad (16)$$

Відмітимо, що значення (16) пройденого шляху співпадає зі значенням, яке можна знайти через середню швидкість:

$$s = \langle v \rangle \Delta t = 24,33 \cdot 0,5 \approx 12,17 \text{ м.}$$

5. За другим законом Ньютона сила, яка діє на частинку масою m :

$$\vec{F} = m\vec{a} = 32\vec{j} \text{ [Н]} \quad (17)$$

Потужність сили

$$P = \vec{F} \cdot \vec{v} = 32\vec{j}(4\vec{i} + 32t\vec{j}) = 1024t \text{ Вт}$$

Для моменту часу $t=t_1$

$$P_1 = 512 \text{ Вт.}$$

6. Робота

$$A = \int \vec{F} d\vec{r} = \int (F_x dx + F_y dy) = \int_3^{15} 32 dy = 384 \text{ Дж.} \quad (18)$$

Середня потужність

$$\langle P \rangle = \frac{A}{\Delta t} = \frac{384}{0,5} = 768 \text{ Вт.}$$

7. Кінетична енергія матеріальної точки

$$K = \frac{mv^2}{2} = \frac{m}{2} (v_x^2 + v_y^2).$$

Обчислимо:

$$K_1 = 136 \text{ Дж,} \quad K_2 = 520 \text{ Дж.}$$

Зміна кінетичної енергії точки

$$\Delta K = K_2 - K_1 = 384 \text{ Дж,}$$

що дорівнює роботі зовнішньої сили (18), як і повинно бути у відповідності до закону збереження енергії.

8. Зміна імпульсу

$$\Delta \vec{p} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1 = m(\vec{v}_2 - \vec{v}_1) = 32m(t_2 - t_1)\vec{j} = 16\vec{j} \frac{\text{кг}\cdot\text{м}}{\text{с}} \quad (19)$$

Покажемо, що зміна імпульсу обумовлена силою, яка діяла на точку на протязі часу Δt :

$$\Delta \vec{p} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F} dt = \int_{t_1}^{t_2} 32\vec{j} dt = 16\vec{j},$$

що дорівнює (19).

9. Момент імпульсу точки відносно початку координат

$$\vec{L} = [\vec{r}; \vec{p}] = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ x & y & z \\ p_x & p_y & p_z \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ x & y & z \\ 4m & 32mt & 0 \end{vmatrix} = 4m(16t^2 + 1)\vec{k}, \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}}.$$

Для моментів часу t_1 і t_2 : $L_1 = 20 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}}$, $L_2 = 68 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}}$.

$$\text{Тоді: } \Delta L = 48 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}}. \quad (20)$$

Момент сили, яка діє на точку

$$\vec{M} = [\vec{r}; \vec{F}] = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ x & y & z \\ F_x & F_y & F_z \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ x & y & z \\ 0 & 32 & 0 \end{vmatrix} = 128t\vec{k}.$$

Покажемо, що приріст моменту імпульсу $\Delta \vec{L}$ обумовлений дією моменту сили:

$$\Delta \vec{L} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{M} dt = \int_{0.5}^1 128t\vec{k} dt = 64(t_2^2 - t_1^2)\vec{k} = 48\vec{k},$$

що співпадає з (20).

Література.

Перед початком виконання роботи і розрахунків необхідно обов'язково вивчити теоретичний матеріал і розібрати приклади за підручниками:

1. Иродов И.Е. Основные законы механики, М, 2002 (або 1983), Гл. 1-5;
2. Кучерук І.М., Горбачук І.Т., Луцик П.П. Загальний курс фізики, т. 1, Механіка, К, 2001, Гл. 1-4.
3. Савельев И.В. Курс физики, т.1, М, 1989, Гл. 1-3.
4. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Механика т.1, М, 1979, Гл. 1-2, 4-5.

Зміст

стор.

1. <u>Завдання</u>	<u>3</u>
2. <u>Вказівки до виконання роботи</u>	<u>4</u>
3. <u>Варіанти завдань</u>	<u>5</u>
4. <u>Стислі теоретичні відомості</u>	<u>7</u>
5. <u>Приклад виконання завдання</u>	<u>10</u>
6. <u>Література</u>	<u>15</u>
7. <u>Зміст</u>	<u>16</u>