

§ 8. Визначення прискорення тіла при рівноприскореному русі Лабораторна робота № 1

Мета роботи: обчислити прискорення, з яким скочується кулька з похилого жолоба, використавши формулу $a = \frac{2s}{t^2}$.

Прилади і матеріали: 1) жолоб; 2) кулька; 3) штатив з муфтами й лапкою; 4) металевий циліндр, метроном або секундомір, вимірювальна стрічка.

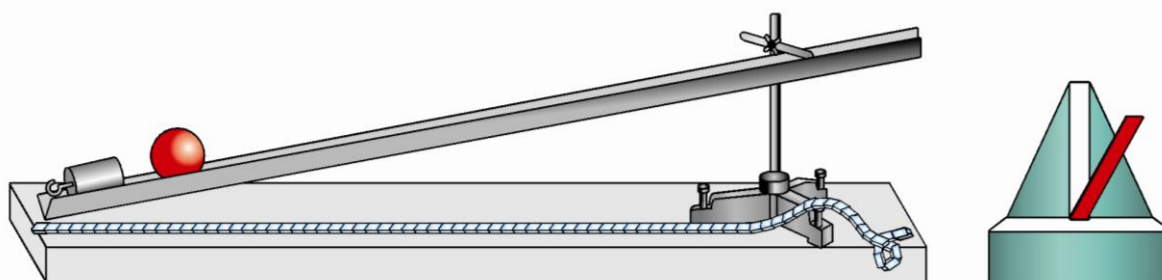
Послідовність виконання роботи

1. Закріпіть жолоб за допомогою штатива в похилому положенні під невеликим кутом до горизонту (мал. 1.30). Біля нижнього кінця жолоба покладіть у нього металевий циліндр.

2. Відпустивши кульку одночасно з ударом метронома (або включивши секундомір) з верхнього кінця жолоба, підрахуйте кількість ударів метронома (визначте час) до зіткнення кульки з циліндром. Дослід зручно проводити при 120 ударах метронома за хвилину.

3. Змінюючи кут нахилу жолоба до горизонту і роблячи невеликі переміщення металевого циліндра, добийтеся, щоб між моментом відпускання кульки й моментом її зіткнення з циліндром було 2 секунди (4 удари метронома).

4. Обчисліть час руху кульки.



Мал. 1.30. Прилади до лабораторної роботи №1

5. Вимірювальною стрічкою визначте довжину переміщення \vec{s} кульки. Не змінюючи нахилу жолоба (умови досліду повинні залишатися незмінними), повторіть дослід 3 рази.

6. За формулою $s_c = \frac{s_1 + s_2 + s_3}{3}$ знайдіть середнє значення модуля переміщення, а потім обчисліть середнє значення модуля прискорення: $a_c = \frac{2s_c}{t^2}$.

7. Результати вимірювань і обчислень запишіть у таблицю:

Номер досліду	s , м	s_c , м	t , с	$a_c, \frac{м}{с^2}$
1				
2				
3				

8. Зробіть висновок про визначення прискорення тіла при рівноприскореному русі на досліді. Запропонуйте власні проекти для визначення прискорення.

§ 9. Розв'язування задач

Розв'язувати задачі з теми «рівноприскорений рух» варто в такій послідовності.

1. Уважно прочитавши умову задачі, з'ясувати: а) про який рух тіла йде мова в задачі; б) які величини потрібно визначити; в) які величини задано в умові задачі; г) які з величин задано в умові задачі неявно; чому вони дорівнюють.

2. Записати коротко умову задачі, при цьому всі величини дати в одній системі одиниць.

3. Вибрати систему відліку. При потребі виконати рисунок.

4. Записати закони рівноприскореного руху в проекціях на вісь або осі координат та проаналізувати записані рівняння і з'ясувати з якого рівняння доцільно почати розв'язування задачі, яку величину можна визначити з цього рівняння; якщо потрібно, розв'язати рівняння відносно даної величини.

5. Розв'язати задачу в загальному вигляді, а числові значення підставляти в кінцевий результат.

6. Проаналізувати одержану відповідь і впевнитися в тому, що вона має фізичний зміст.

Приклади розв'язування задач

Задача 1. За 60 м до в'їзду на міст автомобіль, який до цього рухався з швидкістю $60 \frac{\text{км}}{\text{год}}$, почав гальмувати. Прискорення гальмування дорівнювало $— 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$. Чи не порушив водій правил руху, якщо біля моста висить сигнал-обмежувач швидкості « $10 \frac{\text{км}}{\text{год}}$ »?

Дано:

$$l_1 = 60 \text{ м}$$

$$v_0 = 1,67 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$a = -2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$l_2 = ?$$

$$l_2 = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} \approx 67,5 \text{ м}$$

Розв'язання:

Систему координат зв'яжемо з поверхнею Землі і спрямуємо вісь OX в бік напрямку руху автомобіля. Початок координат розмістимо в точці, де перебував автомобіль в момент початку гальмування. Визначимо, яку відстань має пройти автомобіль з від'ємним прискоренням, щоб його швидкість знизилась до 10 км/год .

Визначимо пройдену відстань за формулою:

Відповідь: водій порушив правила руху.

Задача 2. З пункту A рухається тіло з початковою швидкістю $v_0 = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ і прискоренням $a = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$. Через 1 с з пункту B починає рухатись назустріч першому

друге тіло з сталою швидкістю $v_2 = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Відстань між пунктами A і B дорівнює $l = 100$ м. Скільки часу рухатиметься перше тіло до зустрічі з другим?

Дано:

$$v_0 = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$a = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$\Delta t = 1 \text{ с}$$

$$v_2 = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$l = 100 \text{ м}$$

$$t \text{ — ?}$$

Розв'язання:

Систему відліку зв'яжемо з поверхнею дороги, за початок системи координат візьмемо пункт A і спрямуємо вісь Ox в напрямі руху першого тіла. Запишемо рівняння координати обох тіл:

$$x_1 = v_0 t_1 + \frac{1}{2} a t_1^2 \quad \text{і} \quad x_2 = l - v_2 t_2.$$

В момент зустрічі перше тіло рухалося на $\Delta t = 1$ с довше, ніж друге, тобто $t_1 = t$ і $t_2 = t - \Delta t$.

Координати тіл при зустрічі однакові, тобто $x_1 = x_2$ або $v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 = l - v_2 (t - \Delta t)$, звідки дістаємо квадратне рівняння відносно t : $at^2 + 2(v_0 + v_2)t - 2v_2\Delta t - 2l = 0$.

Розв'язавши рівняння, дістанемо $t = 7$ с. Від'ємне значення кореня $t_1 = -15$ не задовольняє умову задачі.

Відповідь: 7 с.

Задача 3. Автомобіль, рухаючись з сталою швидкістю $15 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, промчав повз пост дорожньої міліції, порушивши правила вуличного руху. Через 4 с міліціонер розпочав погоню на мотоциклі, рухаючись з сталим прискоренням. Проїхавши 300 м, міліціонер наздогнав порушника. Визначити, скільки часу для цього було потрібно міліціонерові; з яким прискоренням він рухався; його швидкість у той момент, коли він порівнявся з автомобілем.

Дано:

$$v_0 = 15 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\Delta t = 4 \text{ с}$$

$$x_1 = 300 \text{ м}$$

$$t_1 \text{ — ? } a \text{ — ? } v \text{ — ?}$$

Розв'язання:

Систему координат зв'яжемо з поверхнею землі, за початок координат візьмемо пост міліціонера, час будемо відраховувати з моменту проходження автомобіля повз пост, вісь Ox спрямуємо в напрямі руху автомобіля. Запишемо рівняння координати автомобіля $x_1 = v_0 t$ і мотоцикла. $x_2 = \frac{a(t-4)^2}{2}$

У момент, коли мотоцикл наздожене автомобіль, їхні координати однакові, тобто $x_1 = x_2 = 300$ м. Тоді з рівняння час руху автомобіля:

$$t = \frac{x_1}{v_0} = 20 \text{ с}.$$

Мотоцикл наздогнав автомобіль через 16 с після початку погоні. З рівняння прискорення мотоцикла: $a = \frac{2x_2}{(t-4)^2} \approx 2,34 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

Швидкість мотоцикла в момент, коли він наздожене автомобіль: $v = a(t-4) = 37,5 \text{ м/с}$.

Відповідь: $t_1 = 22$ с; $a \approx 2,34 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$; $v = 37,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

§ 10. Вільне падіння тіл. Прискорення вільного падіння

Ще в кінці XVI ст. Галілео Галілей установив, що рух тіла під дією сили тяжіння є рівноприскореним рухом. При цьому прискорення напрямлене вертикально вниз. Вимірювання показали, що за модулем воно дорівнює у середньому $9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$. Прискорення вільного падіння залежить від географічної широти місцевості. На екваторі воно становить $9,78 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$, а на полюсах — $9,83 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$. Цікавим і загадковим тривалий час здавався той факт, що це прискорення однакове для всіх тіл, якими вони не були б за складом, формою, масою тощо.



Мал. 1.31. У повітрі прискорення падіння різних тіл різне



Мал. 1.32. У безповітряному просторі прискорення падіння всіх тіл однакове

Проробимо дослід. Випустимо з рук на однаковій висоті над підлогою два листи паперу. Вони впадуть на підлогу одночасно. Повторимо дослід, зіжмакавши один з листів. Він впаде на підлогу першим, цьому листу опір повітря буде меншим. У цьому можна перекопати на досліді. Візьмемо товстостінну скляну трубку завдовжки близько 1 м, один кінець якої запаяний, а на другому є кран. Помістимо в неї металеву кульку, корок, пір'їну. Швидко перевернемо пробку і побачимо, що всі три тіла впадуть на дно трубки протягом різного часу (мал. 1.31). Якщо повітря з трубки відкачати, закрити кран і знову перевернути трубку, то всі три тіла впадуть на дно одночасно (мал. 1.32).

Падіння тіл у вакуумі під дією земного тяжіння називають вільним падінням. Прискорення вільного падіння позначають літерою g . Рух під дією сили тяжіння рівноприскорений.

Швидкість кинутого вгору тіла поступово сповільнюється під дією прискорення вільного падіння поки воно не зупиниться. Після цього тіло починає рухатися униз. Якщо спрямувати координатну вісь по вертикалі (вгору або вниз) і позначити її через Y , то модуль проекції g_y дорівнюватиме модулю вектора \vec{g} і проекція буде додатною, якщо вісь Y напрямлена вниз, і від'ємною, коли вона напрямлена вгору.

Галілей Галілео (1564—1642) — знаменитий італійський фізик і астроном. Він відкрив закони падіння тіл, установив закон інерції. винайшов зорову трубу і використав її для астрономічних спостережень.



Мал. 1.33. Галілей Галілео

Для виводу формул швидкості і переміщення під час вільного падання та під час руху тіла, кинутого вертикально вгору, використовуємо формули рівноприскореного та рівносповільненого рухів:

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t; \quad \vec{s} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2}.$$

Під час вільного падіння $\vec{v}_0 = 0$, переміщення позначимо через h (висота), тоді $\vec{v} = \vec{g}t$;

$$h = \frac{g t^2}{2}.$$

Якщо тіло рухається вертикально вгору з початковою швидкістю v_0 , то миттєва його швидкість в кожний момент часу:

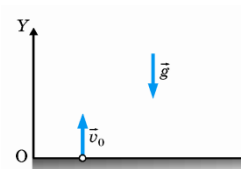
$$v = v_0 - gt; \quad h = v_0 t - \frac{gt^2}{2}.$$

$$\text{Час підйому } t = \frac{v_0}{g}; \quad \text{висота підйому } h = \frac{v_0^2}{2g}.$$

Приклад

Тіло кидають вертикально угору з початковою швидкістю $20 \frac{m}{c}$. На яку найбільшу висоту воно підніметься? $g \approx 10 \frac{m}{c^2}$.

Дано:	Розв'язання: Зробимо малюнок (мал. 1.34)
$v_0 = 20 \frac{m}{c}$	Проекція переміщення на вісь дорівнює висоті підняття тіла. З урахуванням того, що $y_0 = 0$; $y = h$,
$g = 10 \frac{m}{c^2}$	дістанемо: $h = \frac{v_0^2}{2g}$, $h = \frac{400 \frac{m^2}{c^2}}{20 \frac{m}{c^2}} = 20 \text{ м}.$
$h = ?$	Відповідь: 20 м.



Мал. 1.34. До задачі 1

Рух тіла без впливу сторонніх сил під дією сили тяжіння називається вільним падінням.

Перевір себе

1. Який рух називають вільним падінням? 2. Чи завжди падіння тіл у повітрі можна вважати вільним падінням? 3. Охарактеризуйте рух тіла, кинутого вертикально вгору.

Поміркуйте

4. Дві краплі води одночасно відокремилися від даху перша — від бурульки, друга — скотившись з гребеня даху. Чи одночасно впадуть краплі на землю? (Відповідь: Друга крапля впаде раніше, оскільки в неї більша середня швидкість). 5. У деякий момент часу швидкість вільно падаючого тіла дорівнює $7,0 \frac{м}{с}$. Якою буде швидкість через 1 с? (Відповідь: $16,8 \frac{м}{с}$). 6. Два камінці випущено з рук з однієї й тієї самої точки один після одного. Чи змінюватиметься відстань між ними під час падіння? (Відповідь: Збільшуватиметься).

Вправа 5. 1. Тіло, вільно падаючи без початкової швидкості, досягає землі за 4 с. За який час воно досягло б землі, якби його кинули з тієї самої висоти з початковою швидкістю $29,4 \frac{м}{с}$? (Відповідь: 2,0 с). 2. З якою швидкістю треба кинути м'яч вертикально вгору, щоб він доторкнувся до стелі кімнати? (Приладдя: рулетка). (Відповідь: $v_0 = \sqrt{2gH}$). 3. З якою початковою швидкістю треба кинути тіло вертикально вгору, щоб через 10 сек воно рухалося вниз з швидкістю $20 \frac{м}{с}$? (Відповідь: $78 \frac{м}{с}$).

Обери проект. «Життя та відкриття Галілея Галілео», їх роль у становленні астрономії.