

Метод оборотності

Оборотність – це властивість рівносильних процесів, тобто таких, що можна здійснювати у оберненому напрямку, повторюючи всі проміжні стани прямого процесу. Взагалі реальні процеси необортні, але у фізиці вивчається доволі багато квазістаціонарних процесів (*квазі* – майже).

Метод оборотності дає можливість спростити розв’язок прямої задачі, коли вдається переформулювати її умову для того, щоб скористатися відомими співвідношеннями.

Оборотні, наприклад, пряма та обернена задачі механіки. В термодинаміці зворотні всі замкнені процеси – циклі Карно, Отто, Дизеля.

В електродинаміці ідея оборотності електричних і магнітних процесів, передбачена Фарадеєм після відкриття Ерстеда у 1820 році, привела до формулювання закону електромагнітної індукції у 1831 році. Оборотність електромагнітних явищ матеріалізована у двигунах та генераторах.

Яскравою ілюстрацією її можуть служити всі періодичні процеси: від механічних коливань маятника до електромагнітних коливань у контурі.

Відомо, що всім законам геометричної оптики притаманна оборотність.

Не є виключенням оборотність і в ядерній фізиці. Наглядним тому прикладом є взаємоперетворення елементарних частинок. Зрозуміти зміст методу допоможуть слідуючи задачі.

Задача 1. За останні півсекунди вільно падаюче тіло проходить шлях, рівний 30 м. Знайти швидкість тіла в момент приземлення.

З рівняння руху $H = v_0 t + \frac{g t^2}{2}$ і швидкості $v = v_0 + g t$, виключивши v_0 , отримаємо

$$v = \frac{S + \frac{g t^2}{2}}{t}.$$

Останній вираз запишемо інакше

$$S = v t - \frac{g t^2}{2}.$$

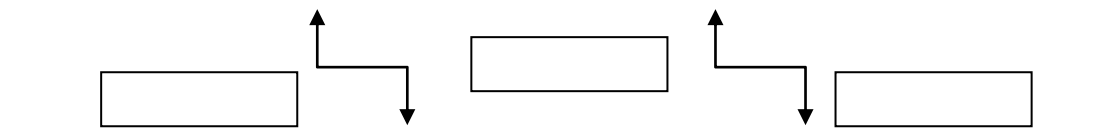
Рух із прискореного «перетворився» на сповільнений. Кінцева швидкість стала «початковою». Уявіть собі, що в кіно знятий епізод падіння прокручують у оборотному напрямку. Таким чином, за методом оборотності значення швидкості в момент падіння тіла отримали зразу.

Задача 2. За п’яту секунду рівносповільненого руху тіло проходить 5 см і зупиняється. Який шлях тіло пройшло за третю секунду?

Використовуючи оборотність, переформулюємо задачу так. За першу секунду рівноприскореного руху без початкової швидкості тіло проходить 5 см. Який його шлях за третю секунду?

Шляхи, що проходить тіло під час рівноприскореного руху без початкової швидкості за послідовні рівні проміжки часу, відносяться як непарні числа натурального ряду. Тому невідомий шлях дорівнює 25 см.

Задача 3. Необхідно поставити в невеликий проміжок між машинами, що стоять вздовж тротуару, ще одну. Як слід заїжджати: переднім чи заднім ходом, якщо повертаються тільки передні колеса?



Розглянемо виїзд автомобіля. При будь-якому маневруванні центр кола виїзду лежить на прямій, що проходить через задні колеса. Таким чином, при виїзді заднім ходом вірогідність зачепити машину більша. Тому заїжджати необхідно заднім ходом.

Задача 4. Звідки необхідно кинути маленький м'ячик на жорстко закріплену на горизонтальній площині півсферу радіусом R , щоб він зупинився на її вершині?



Нехай м'ячик починає без початкової швидкості вільно рухатись з вершини півсфери.

Опишемо цей рух відомими рівняннями

$$\frac{v^2}{R} = g \cos \alpha$$

$$\frac{mv^2}{2} = mgR(1 - \cos \alpha)$$

З цієї системи рівнянь маємо:

$$\cos\alpha = \frac{2}{3}$$

$$v = \sqrt{\frac{2}{3}}gR$$

Подальший рух описується рівняннями:

$$X = R\sin\alpha + v\cos\alpha t$$

$$R\cos\alpha = v\sin\alpha \cdot t + \frac{gt^2}{2}$$

$$\text{Звідси } x \approx 1,13R$$

Із закону збереження енергії випливає. Що початкова швидкість може мати єдине значення:

$$mgR = \frac{mv_0^2}{2}$$

$$v_0 = \sqrt{2gR}$$