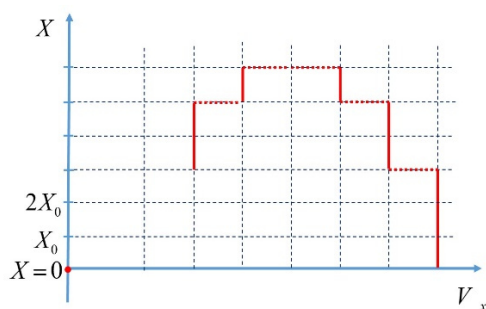


Разбор избранных заданий

Интернет-олимпиады школьников по физике 2024/2025 учебного года

2. Тур 1. 7 класс. Олимпиада, задача: График с неподписанной осью (25 баллов)

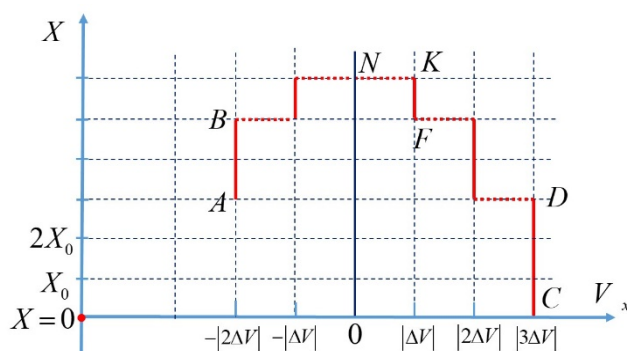


В момент начала отсчёта времени материальная точка начинает движение вдоль оси Ox из начала координат $x=0$ с некоторой начальной скоростью, причём через каждые $\Delta t = 2$ с считая от начала движения проекция её скорости на ось Ox изменяется на величину ΔV . На рисунке показан весь график зависимости координаты точки от проекции её скорости. Масштаб графика линейный, но подписи по оси скоростей отсутствуют. Значение $X_0=2.6$ м. Определите:

1. Максимальное значение $V_{\max}$ скорости точки.
2. Максимальное расстояние $X_{\max}$, на которое точка удалялась от начала координат.
3. Проекцию S_x на ось Ox суммарного перемещения точки за последние два интервала Δt .
4. Путь L , который прошла точка за всё время движения.
5. Среднюю путевую скорость $V_{\text{ср}}$ (отношение пути к времени движения) точки за всё время движения.

Ответы вводите с точностью не хуже, чем до одного процента.

Решение.



1. Самое сложное в задаче – понять, из какого места на графике начато движение. Хотя в условии и сказано, что движение начинается из начала координат $x=0$, но многие ошибочно считают, что из точки А. Правильно, конечно, что началу отсчёта времени соответствует точка С, проекция

скорости точки убывает во времени, уменьшаясь на ΔV через каждые Δt секунд. На графике движение происходит от точки С к точке А.

Вторая сложность – понять, где находится ноль на оси скорости. Обратим внимание, что на графике есть точка N, когда после изменения скорости не происходило изменения координаты. Следовательно, эта точка соответствует нулевому значению проекции скорости.

К этому выводу можно прийти и другим способом – составив последовательность изменения координаты X за промежутки Δt (уменьшение V на шаг ΔV влево) начиная с точки С: $3X_0, 2X_0, 1X_0, -1X_0, -2X_0$.

Обратим внимание, что при движении со скоростью ΔV (участок FK) координата изменяется на X_0 за интервал времени Δt . Максимальное значение скорости точки

$$V_{\max}=3V_0 = 3X_0/\Delta t = 3 \cdot 2.6/2 \text{ м/с} = 3.9 \text{ м/с}.$$

2. Максимальное расстояние, на которое точка удалялась от начала координат

$$X_{\max}=6X_0=6 \cdot 2.6 \text{ м} = 15.6 \text{ м}.$$

3. За последние два интервала времени Δt координата точки уменьшилась на $3X_0$.

Проекция перемещения точки на ось Ox

$$S_x = -3X_0 = -7.8 \text{ м}.$$

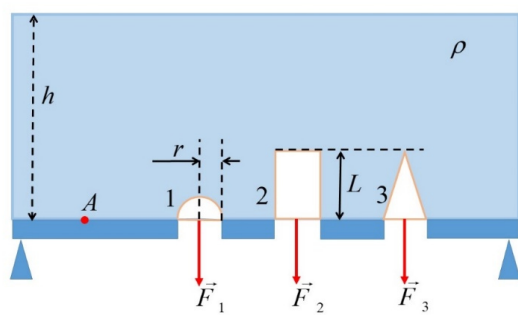
4. Путь, пройденный точкой за всё время движения

$$L = 9X_0 = 23.4 \text{ м}.$$

5. Полное время движения $t = 6\Delta t = 12 \text{ с}$. Средняя путевая скорость

$$V_{\text{ср}} = L/t = 23.4/12 \text{ м/с} = 1.95 \text{ м/с}.$$

3. Тур 1. 7 класс. Олимпиада, задача: Сосуд с отверстиями (20 баллов)



Цилиндрический сосуд заполнен жидкостью плотностью $\rho=1.1 \text{ г/см}^3$ до высоты $h=46 \text{ см}$. Сосуд опирается на подставки, в свободной от опоры части дна проделаны три круглых отверстия, радиусом $r=3.9 \text{ см}$. Для того чтобы жидкость не вытекала, отверстия закрыты лёгкими

колпачками, радиус основания которых практически совпадает с r . Первый колпачок – полусфера, второй – цилиндр, высотой $L=19.8 \text{ см}$, третий – конус тоже высотой L . Массой колпачков и толщиной их стенок можно пренебречь. Атмосферное давление $p_a=101.6 \text{ кПа}$.

Определите:

1. Силу F_1 давления первого колпачка на дно сосуда.
2. Силу F_2 давления второго колпачка на дно сосуда.
3. Силу F_3 давления третьего колпачка на дно сосуда.
4. Давление p в точке A на дне сосуда.

В ответ силы вводите с точностью не хуже, чем до десятой процента, давление – с точностью до одного паскаля. Число $\pi=3.1416$. Ускорение свободного падения примите равным 9.8 м/с^2 . Объем сферы радиусом R равен $4/3\pi R^3$, объем конуса с радиусом основания R и высотой H равен $\pi R^2 H/3$.

Решение.

Воспользуемся третьим законом Ньютона: для того, чтобы определить силу, действующую со стороны колпачков на опору, будем искать силу реакции опоры, действующую на колпачки. Колпачки неподвижны. Сумма сил, действующих на колпачок равна нулю. Следовательно, сила, с которой дно (опора) действует на колпачок, компенсирует разницу сил давления жидкости и воздуха сверху и воздуха снизу. Поскольку атмосферное давление действует и на верхнюю, и на нижнюю поверхности колпачка, нам необходимо вычислить только силу давления со стороны столбика жидкости, находящейся над колпачком.

Проще всего вычислить силу, действующую на колпачок 2. Площадь поперечного сечения столба $S = \pi r^2$, а его высота $h-L$. Поэтому его объем $V = \pi r^2(h-L)$, а масса $m = \rho V$. Следовательно,

$$F_2 = mg = \rho \pi r^2(h-L)g = 13.5 \text{ Н.}$$

2. Для того, чтобы обобщить решение для случаев 1 и 3 заметим, что $V = V_0 - V_2$, где $V_0 = \pi r^2 h$ объем столба радиусом r от дна сосуда до высоты h , а V_2 – объем колпачка 2. В общем случае получается аналогично: сила, действующая со стороны колпачка на дно сосуда, $F = mg = \rho Vg$, где m – масса столба жидкости над колпачком, а V – ее объем. Но V равен разности V_0 и объема жидкости V_n , вытесненной колпачком с номером n . Поэтому получаем формулу

$$F = \rho (\pi r^2 h - V_n) g$$

Первый колпачок является полусферой объемом $V_1 = 4/3 \pi r^3 / 2 = 2/3 \pi r^3$, поэтому

$$F_1 = \rho (\pi r^2 h - 2/3 \pi r^3) g = 22.3 \text{ Н.}$$

3. Третий колпачок – конус объемом $V_3 = \pi r^2 L / 3$, поэтому

$$F_3 = \rho (\pi r^2 h - \pi r^2 L / 3) g = 20.3 \text{ Н.}$$

4. Давление в точке А равно сумме давления жидкости и атмосферного давления:

$$p = \rho gh + p_a = 106558.8 \text{ Па .}$$