

Решения задач 9 класс

1. Покоящаяся цилиндрическая бомба диаметром 0,3 м при взрыве разлетается на осколки, которые за время 2 с удаляются от оси цилиндра на расстояние 100 м. Определить, на какое расстояние от оси цилиндра разлетятся осколки за то же время, если в момент взрыва бомба будет вращаться вокруг своей оси с частотой 20 об/с. Влияние силы тяжести не учитывать.

Возможное решение

При взрыве покоящейся бомбы её осколки разлетаются в радиальном направлении со скоростью

$$v_0 = \frac{l_0}{t}.$$

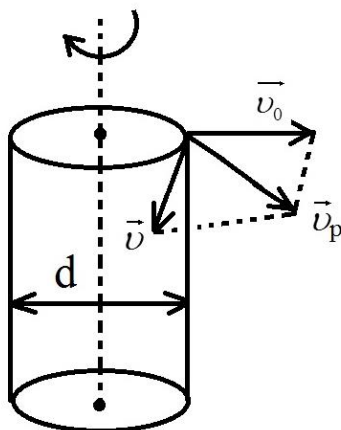
При взрыве вращающейся бомбы касательная скорость осколков

$$v = \omega R = 2\pi nR,$$

где ω – угловая скорость $\omega = 2\pi n$.

Так как радиус бомбы $R = \frac{d}{2}$, то

$$v = 2\pi n \frac{d}{2} = \pi n d$$



Векторы скоростей $\vec{v}$ и $\vec{v}_0$ взаимно перпендикулярны. Результирующая скорость по теореме Пифагора:

$$v_p = \sqrt{v_0^2 + v^2}$$

$$v_p = \sqrt{\left(\frac{l_0}{t}\right)^2 + (\pi n d)^2}$$

Искомое расстояние, на которое разлетятся осколки бомбы

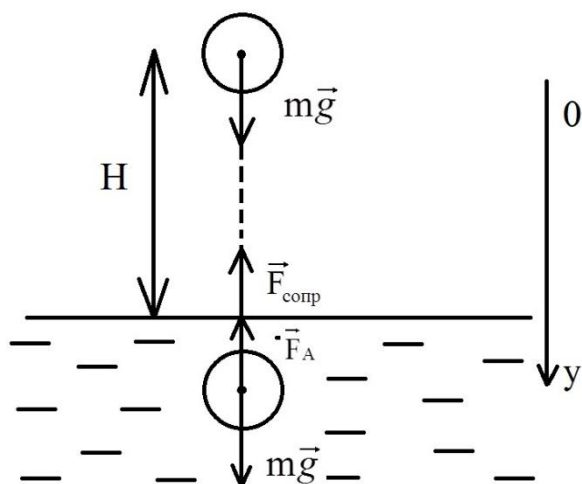
$$l = v_p t = \sqrt{l_0^2 + (\pi n d t)^2} = 107 \text{ м.}$$

Критерии оценивания

1. Правильно представлен рисунок скоростей осколков и получены формулы скоростей v и v_0	3 балла
2. Обосновано применение теоремы Пифагора	1 балл
3. Получено общее выражение результирующей скорости	2 балла
4. Получена формула искомого расстояния l в общем виде	2 балла
5. Получен числовой ответ	2 балла

2. Шарик плотностью $\rho = 500 \text{ кг/м}^3$, меньшей чем у воды, падает с высоты $H = 5 \text{ м}$ в воду. Сила сопротивления в воде составляет $1/3$ силы тяжести, действующей на шарик. Пренебрегая силой сопротивления воздуха, определить на какую глубину h шарик погрузится в воду. Плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Возможное решение



В воздухе на шарик действует только сила тяжести $\vec{F}_T = m\vec{g}$.

В воде на шарик дополнительно действуют сила сопротивления воды и сила Архимеда.

В воде шарик имеет отрицательное ускорение и в соответствии со вторым законом Ньютона получим

$$-ma = F_T - (F_c + F_A),$$

$$\text{где } F_A = \rho_0 V g, \quad V = \frac{m}{\rho_0}.$$

Тогда основное уравнение движения в воде будет:

$$-ma = mg - \frac{1}{3}mg - \rho_0 \frac{m}{\rho} \cdot g.$$

Конечная скорость шарика в воздухе равна его начальной скорости в воде: $H = \frac{v_0^2}{2g}$, $v_0^2 = 2gH$.

Конечная скорость шарика в воде равна нулю, тогда ускорение

$$a = \frac{v_0^2}{2h} = \frac{2gH}{2h} = \frac{gH}{h}.$$

Подставим полученные величины в основное уравнение:

$$\frac{-mgH}{h} = mg - \frac{mg}{3} - \frac{\rho_0 mg}{\rho}.$$

Окончательное выражение для глубины h

$$h = \frac{3\rho H}{3\rho_0 - 2\rho} = 3,75 \text{ м}$$

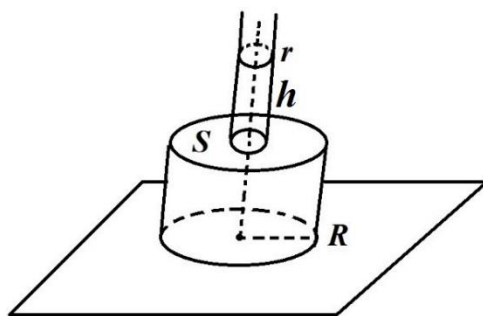
Критерии оценивания

- | | |
|--|---------|
| 1. Правильно указаны силы, действующие на шарик в воздухе | 2 балла |
| 2. Составлено основное уравнение движения шарика в воде | 2 балла |
| 3. Получены выражения для начальной скорости и ускорения шарика в воде | 3 балла |

- | | |
|---|---------|
| 4. Получено выражение для глубины погружения шарика в воде | 2 балла |
| 5. Определено численное значение глубины погружения шарика в воде | 1 балл |

3. Цилиндрический сосуд радиусом 20 см без дна стоит на столе. Край сосуда плотно прилегает к поверхности стола. Масса сосуда 5 кг. В верхней части сосуд переходит в трубу. В сосуд наливают жидкость плотностью 1000 кг/м³. После того как уровень жидкости в трубке достигнет высоты 20 см, жидкость начинает просачиваться на стол. Определить радиус трубки.

Возможное решение



Сила тяжести сосуда равна

$$F_T = mg.$$

Сила, с которой жидкость поднимает вверх сосуд, равна

$$F = p \cdot S, \quad \text{где } S = S_1 - S_2$$

(S_1 – площадь дна: $S_1 = \pi R^2$; $S_2 = \pi r^2$ – площадь сечения трубки);

$p = \rho_0 g h$ – давление столба жидкости h .

Тогда $F = \rho_0 g h (S_1 - S_2)$ или $F = \rho_0 g h \pi (R^2 - r^2)$.

Жидкость просачивается на стол при условии $F_T = F$.

4. Выполним преобразования и получим

$$r^2 = \frac{\pi R^2 \rho_0 h - m}{\pi \rho_0 h}; \quad r = \sqrt{\frac{\pi R^2 \rho_0 h - m}{\pi \rho_0 h}} = 0,18 \text{ м}$$

Критерии оценивания

- | | |
|---|---------|
| 1. Правильно представлена схема задачи | 2 балла |
| 2. Получено выражение для подъемной силы в общем виде | 3 балла |
| 3. Записано условие просачивания жидкости | 2 балла |
| 4. Получено выражение для искомого радиуса | 2 балла |
| 5. Найдено численное значение для радиуса r | 1 балл |

4. Определить, с какой скоростью должны лететь капля воды, чтобы при столкновении её с такой же неподвижной каплей обе испарились. Удельная теплоёмкость воды $4200 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$, удельная теплота парообразования $2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$, начальная температура капель 20°C .

Возможное решение

$t_0 = 20^\circ\text{C}$	1. Удар каплей воды будет неупругим и по закону сохранения полного импульса
$c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$	$m v_1 + m v_2 = 2m v$ и так как $v_2 = 0$.
$L = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$	$m v_1 = 2m v$.
$v_2 = 0$	Отсюда $v = \frac{m v_1}{2m} = \frac{v_1}{2}$.
$t_k = 100^\circ\text{C}$	2. Часть кинетической энергии первой капли превратится в теплоту
$v_1 - ?$	$Q = Q_H + Q_{\text{и}}$, где теплота нагревания
	$Q_H = c \cdot 2m(t_k - t_0)$, $Q_{\text{и}} = 2mL$ – теплота на парообразование.
	Следовательно
	$\frac{m v_1^2}{2} = \frac{m v^2}{2} + 2m c(t_k - t_0) + 2mL$.
	3. Выполним преобразование и получим
	$v_1 = 2\sqrt{2 \cdot \sqrt{c(t_k - t_0) + L}}$.
	4. Вычислим: $v_1 = 2\sqrt{2 \cdot \sqrt{4200(100 - 20) + 2,3 \cdot 10^6}} \approx 4579 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.
	Ответ: $v_1 = 4579 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

Критерии оценивания

1. Записан закон сохранения импульса	2 балла
2. Записан закон сохранения и превращения энергии в процессе удара и испарения каплей воды	3 балла
3. Получена формула искомой скорости в общем виде	4 балла
4. Получено численное значение скорости первой капли воды	1 балл

5. Зависимость сопротивлений

Обмотка реостата имеет сопротивление R_0 . Для каждой из трёх схем включения реостата (рис. а, б, в) постройте график зависимости сопротивления цепи R от сопротивления r правой части реостата

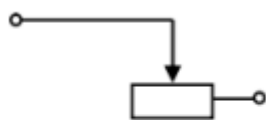


Рис. а

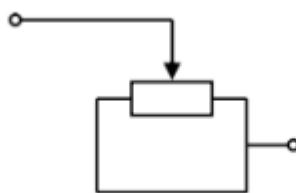


Рис. б

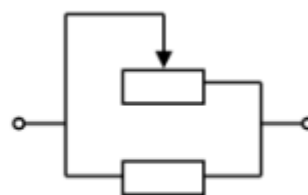
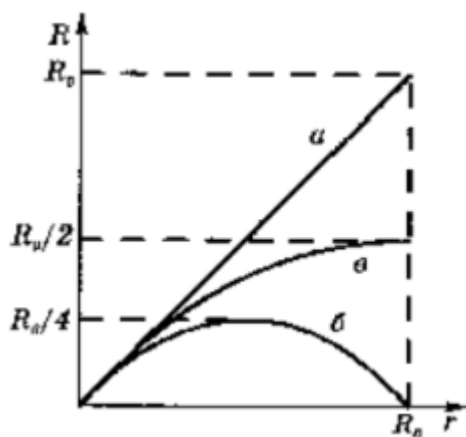


Рис. в



Для схемы, на рис. а, очевидно, $R = r$.

В схеме, на рис. б части реостата с сопротивлениями r и $(R_0 - r)$ соединены параллельно

$$R = \frac{r(R_0 - r)}{r + (R_0 - r)} = \frac{r(R_0 - r)}{R_0}$$

В схеме, на рис. в соединены параллельно проводники с сопротивлениями r и R_0 :

$$R = \frac{rR_0}{r + R_0}$$

Графики этих зависимостей приведены на рисунке. В начале координат все три графика касаются друг друга.

Критерии оценивания

- | | |
|--|---------|
| 1. Получена формула для сопротивления на рисунке а | 1 балл |
| 2. Получена формула для сопротивления на рисунке б | 2 балла |
| 3. Получена формула для сопротивления на рисунке в | 2 балл |
| 4. Построен график для схемы а | 1 балл |
| 5. Построен график для схемы б | 2 балла |
| 6. Построен график для схемы в | 2 балла |