Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет»

ОЛИМПИАДА «Я – БАКАЛАВР»
ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ 5-11 КЛАССОВ
2025/2026 учебный год

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП

ФИЗИКА

КЛАСС 11

Вариант 2

Задача 1 (20 баллов)

Дачник, поливая огород, зажал отверстие шланга пальцем. При этом струя, бьющая со скоростью, разделилась на 2. Скорость одной из них образовала угол α_1 с горизонтом, второй – угол α_2. На расстоянии S от дачника по горизонтали струи пересеклись. Определить начальную υ_0 скорость струи.

Разбор задания:

1. Задачу можно рассматривать как движение тела, брошенного под углом к горизонту. При этом координаты зависят от времени следующим образом:

$$x(t) = \upsilon_0 \cdot \cos\alpha \cdot t$$

$$y(t) = \upsilon_0 \cdot \sin\alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

2. В момент пересечения $x_1 = x_2 = S$; $y_1 = y_2$.

3. Получим уравнения траекторий, исключая время из зависимостей $x_1(t)$ и $x_2(t)$, и подставляя это время в зависимости $y_1(t)$ и $y_2(t)$, а затем приравняем правые части соответствующих уравнений, поскольку
$y_1(S) = y_2(S)$:

$$Stg\alpha_1 - \frac{gS^2}{2\upsilon_0^2\cos^2\alpha_1} = Stg\alpha_2 - \frac{gS^2}{2\upsilon_0^2\cos^2\alpha_2}$$

$$tg\alpha_1 - tg\alpha_2 = \frac{gS}{2\upsilon_0^2}\left(tg^2\alpha_1 - tg^2\alpha_2\right)$$

$\upsilon_0^2 = \dfrac{Sg\left(tg\alpha_1 + tg\alpha_2\right)}{2}$, откуда $\upsilon_0 = \sqrt{\dfrac{Sg\left(tg\alpha_1 + tg\alpha_2\right)}{2}}$

Ответ: $\upsilon_0 = [Sg\,(\mathrm{tg}\alpha_1 + \mathrm{tg}\alpha_2)/2]^{1/2}$.

Задача 2 (20 баллов)

Оцените импульс, передаваемый за 1 с молекулами воздуха площадке 1 см^2 стены вашего класса, если эта площадка ежесекундно испытывает

≈ $2.6\cdot10^{23}$ ударов молекул. Температура воздуха в классе 22˚С, давление 10^5 Па.

Разбор задания:

1. Примем, что удары молекул упругие. Тогда при ударе каждой молекулы передается импульс $2m_0\upsilon_{CP}$.

2. Учтем также, что среднеквадратичная скорость молекул равна $\sqrt{\dfrac{3kT}{m_0}}$.

3. Получим

$$\frac{\Delta p}{\Delta t}=\frac{N}{\Delta t}2m_0\upsilon_{CP}=\frac{2N}{\Delta t}m_0\sqrt{\frac{3kT}{m_0}}=\frac{2N}{\Delta t}\sqrt{3kTm_0}=$$

$$=\frac{2N}{\Delta t}\sqrt{\frac{3kTM}{N_A}}=2\cdot2,6\cdot10^{23}\cdot\sqrt{\frac{3\cdot1,38\cdot10^{-23}\cdot295\cdot18\cdot10^{-3}}{6\cdot10^{23}}}=$$

$$\approx5,2\cdot\sqrt{3,664}\approx9,88\quad кг\cdot м/с^2\quad\approx10\quad Па$$

4. Это давление на 1 см^2. Очевидно, на 1 м^2 выйдет 10^5 Па, что является известным приближением для нормального атмосферного давления.
Ответ: 10 Па

Задача 3 (20 баллов)

Рассмотрим колебания поплавка, изготовленного в форме цилиндра из древесины сосны, в нижней части которого на нем укреплена стальная шайба. При проведении эксперимента с ним в воде был измерен период его колебаний, T = 0,64 с. Чему равна высота L цилиндра, если в отсутствие колебаний он погружен на половину своей высоты? Ускорение свободного падения принять равным g = 10 м/с^2. Объемом шайбы пренебречь. Ответ округлить до десятых.

Разбор задания:
1. Запишем уравнение равновесия поплавка, приняв его массу равной m:
$mg = F_{APX} = \rho gV/2 = \rho gSL/2$, где ρ – плотность воды, $V = SL$ – объем цилиндра, S – площадь основания цилиндра.
Отсюда можно выразить массу конструкции: $m = \rho SL/2$
2. При дополнительном погружении поплавка на малую глубину x возникнут гармонические колебания. Для получения уравнения этих колебаний запишем 2-й закон Ньютона для поплавка:
$ma = -\Delta F_{APX} = -\rho gSx$, где ΔF_{APX} – «избыточная» сила Архимеда, вызванная дополнительным погружением на величину x (x есть величина смещения поплавка вниз), знак « – » указывает на то, что сила направлена противоположно направлению смещения.

3. Перепишем уравнение в виде $ma = -\rho gSx$, или $ma = -kx$, т.е., получили уравнение, подобное уравнению колебаний пружинного маятника. Роль коэффициента жесткости k играет величина ρgS. Как известно, период колебаний такого маятника равен $T = 2\pi\,(m/k)^{1/2}$. Подставляя «k» и выражая массу как $m = \rho SL/2$, получим

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{L}{2g}}$$

4. Из этого выражения получим формулу для высоты и вычислим ее:

$L = gT^2/2\pi^2 \approx 0{,}2$ м.

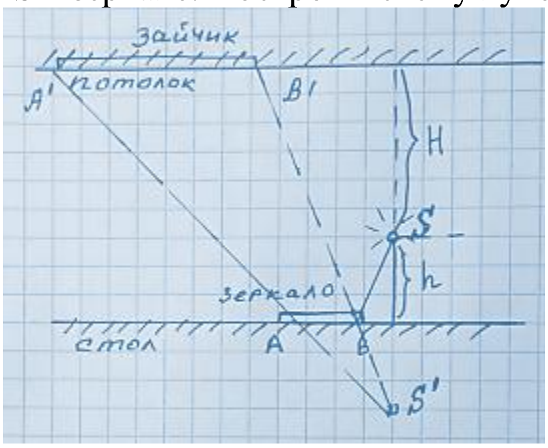
Ответ: 0,2 м.

Задача 4 (20 баллов)

Лампа настольного светильника находится на расстоянии $h = 0{,}6$ м от поверхности стола и $H = 1{,}8$ м от потолка. На столе лежит овальное зеркало, больший размер которого составляет $d = 10$ см. Определите размер и форму «зайчика», полученного на потолке от зеркала.

Разбор задания:

1. Нить накала лампы можно считать точечным источником S. Лучи, идущие от этого источника, отражаются от зеркала так, будто вышли из точки S' – мнимого изображения S в зеркале. Построим схему лучей.



2. Поскольку плоскости зеркала и потолка параллельны, форма «зайчика» будет подобна зеркалу. Будем считать, что отрезок AB на рисунке соответствует большему размеру зеркала, т.е., $AB = d$. Соответствующий размер овального «зайчика» $D = A'B'$ найдем, рассмотрев подобные треугольники $S'AB$ и $S'A'B'$. Мнимое изображение S' расположено симметрично S относительно плоскости зеркала, следовательно, высота треугольника $S'AB$ равна h, а высота треугольника $S'A'B'$ равна $H+2h$.

3. Тогда, из подобия треугольников

$$\frac{h}{H+2h} = \frac{AB}{A'B'} = \frac{d}{D}$$, откуда $D = d \cdot \frac{H+2h}{h}$

4. Произведем вычисление

$$D = 0{,}1 \cdot \frac{1{,}8 + 2 \cdot 0{,}6}{0{,}6} = 0{,}5 \quad м$$

Ответ: 0,5 м. Форма «зайчика» овальная.

Задача 5 (20 баллов)

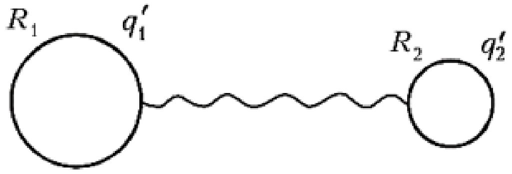
На большом расстоянии друг от друга расположили две металлические сферы. Первой сообщили заряд q = 15 мкКл, вторая осталась незаряженной. Сферы соединили длинным тонким проводником. Вычислить заряды сфер в конце процесса, если радиусы сфер равны R_1 = 2 см, R_2 = 4 см

Разбор задания:

1. После замыкания сфер система из них и проводника будет единой, откуда следует равенство потенциалов сфер:

$$k\frac{q_1'}{R_1} = k\frac{q_2'}{R_2}$$

(здесь q_1' и q_2' – заряды сфер после соединения, см. рис).



k – коэффициент пропорциональности, $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \approx 9 \cdot 10^9 \quad \frac{Н \cdot м^2}{Кл^2}$

2. Запишем закон сохранения заряда: $q = q_1' + q_2'$

3. Из уравнений (1) и (2) получаем:

$$q_1' = \frac{R_1}{R_1 + R_2}q; \quad q_2' = \frac{R_2}{R_1 + R_2}q$$

4. Произведем вычисления:

$$q_1' = \frac{R_1}{R_1 + R_2}q = \frac{2}{2+4} \cdot 15 \cdot 10^{-6} = 5 \cdot 10^{-6} \quad Кл;$$

$$q_2' = \frac{R_2}{R_1 + R_2}q = \frac{4}{2+4} \cdot 15 \cdot 10^{-6} = 10 \cdot 10^{-6} \quad Кл$$

Ответ: 5 мкКл; 10 мкКл