

Олимпиада «Физтех». 2021 г. Физика. Решения. Вариант09-01

Часть 1

1. Пусть A – точка броска, B – точка максимального подъема, C – точка столкновения. Пусть время $t_{AC} = t_{BC} = \tau$. Тогда $t_{AB} = 2\tau$, $t_{ABC} = 3\tau$.

1) $h = \frac{1}{2}g(2\tau)^2 = 2g\tau^2$. 2) $h - H = \frac{1}{2}g\tau^2$, $H = h - \frac{1}{2}g\tau^2 = \frac{3}{2}g\tau^2$.

3) $\frac{S_1}{S_2} = \frac{h + (h - H)}{H} = \frac{2h - H}{H} = \frac{5}{3}$. Задачу можно решить и другими способами.

2. $S = 8\text{см}^2$, $m_1 = 50\text{ г}$, $m = 120\text{ г}$.

1) $P_A = P_0 - \rho gH = 99\text{ кПа}$.

2) Условие равновесия поршня $P_0S + m_1g - m_2g = (P_0 - \rho gH)S$. $m_2 = m_1 + \rho HS = 130\text{ г}$.

3) Поршень ниже уровня воды в сосуде на H_1 . Условие равновесия поршня

$$(P_0 + \rho gH_1)S + m_2g = (m_1 + m)g + P_0S. \quad H_1 = \frac{m_1 + m - m_2}{\rho S} = 5\text{ см}.$$

3. Сопротивление лампочки зависит от тока в ней.

1) $I_1 = \frac{P_1}{U_0} = \frac{5}{3}\text{ А} \approx 1,67\text{ А}$. 2) $I_2 = \frac{P_2}{U_0/2} = 1,1\text{ А}$. 3) $P_3 = P_1 = 20\text{ Вт}$.

Олимпиада «Физтех». 2021 г. Физика. Решения. Вариант09-01

Часть 2

4. 1) $\frac{H}{\sin \alpha} = \frac{1}{2}(g \sin \alpha)t_1^2$. Тогда $t_1 = \sqrt{\frac{2H}{g \sin^2 \alpha}} = \frac{5}{3}\sqrt{\frac{2H}{g}}$.

2) Пусть $M = 3m$ – масса клина, a – ускорение клина, a_0 – ускорение шайбы относительно клина, N – сила нормальной реакции клина на шайбу. Ускорение шайбы равно сумме переносного (ускорения клина) и относительного ускорений. Уравнение движения для клина в проекциях на горизонтальную ось $N \sin \alpha = Ma$. Уравнение движения для шайбы в проекциях на нормаль к поверхности клина

$$N - mg \cos \alpha = -ma \sin \alpha. \quad \text{Отсюда } a = \frac{mg \cos \alpha \sin \alpha}{M + m \sin^2 \alpha} = \frac{1}{7}g.$$

3) Уравнение движения для шайбы в проекциях на ось вдоль поверхности клина

$$mg \sin \alpha = m(a_0 - a \cos \alpha). \quad \text{Тогда } a_0 = g \sin \alpha + a \cos \alpha = \frac{5}{7}g. \quad \text{Относительно клина } \frac{H}{\sin \alpha} = \frac{1}{2}a_0 t_2^2.$$

$$\text{Отсюда } t_2 = \sqrt{\frac{2H}{a_0 \sin \alpha}} = \sqrt{\frac{14H}{3g}}.$$

5. 1) $VT \cdot S = \pi H^2 \cdot H$. Время наполнения $T = \frac{\pi H^3}{VS} = \frac{\pi \sqrt{2} H^3}{S \sqrt{gH}}$.

2) Начало координат поместим в конец шланга, оси x и y направим горизонтально направо и вертикально вверх. $x = V \cos \alpha \cdot t$, $y = V \sin \alpha \cdot t - \frac{1}{2}gt^2$. Найдем угол, при котором струя попадет в

точку A . $H = V \cos \alpha \cdot t$, $-H = V \sin \alpha \cdot t - \frac{1}{2}gt^2$. Исключая время t с учетом выражения для V , получаем $\text{tg}^2 \alpha - \text{tg} \alpha = 0$. Отсюда $\text{tg} \alpha = 1$ или $\text{tg} \alpha = 0$. Имеем два значения угла: $\alpha = 45^\circ$, $\alpha = 0$.

3) Найдем углы, при которых струя попадет в дальнюю верхнюю точку B бака.

$$3H = V \cos \alpha \cdot t, \quad -H = V \sin \alpha \cdot t - \frac{1}{2}gt^2. \quad \text{Исключая время } t \text{ с учетом выражения для } V, \text{ получаем}$$

$9\text{tg}^2 \alpha - 3\text{tg} \alpha + 8 = 0$. Это уравнение не имеет корней. Следовательно, ни при каких углах струя не достигнет точки B . Итак, чтобы попасть в бак, струя должна выходить под такими углами, чтобы $0 < \text{tg} \alpha < 1$ (или $0 < \alpha < 45^\circ$).

Олимпиада «Физтех». 2021 г. Физика. Решения. Вариант09-02

Часть 1

1. Пусть V_0 – начальная скорость. Пусть A – точка броска, B – точка максимального подъема, C – точка столкновения. Пусть время $t_{AC} = t_{BC} = T$. Тогда $t_{AB} = 2T$, $t_{ABC} = 3T$.

1) По условию $3T = \tau$. Время полета второго мяча до столкновения $T = \frac{\tau}{3}$.

2) $h = \frac{1}{2}g \left(2 \cdot \frac{\tau}{3}\right)^2 = \frac{2}{9}g\tau^2$. 3) $V_0 = g \left(2 \cdot \frac{\tau}{3}\right) = \frac{2}{3}g\tau$. Задачу можно решить и другими способами.

2. $S = 9\text{см}^2$, $m_2 = 250\text{г}$.

1) $P_A = P_0 - \rho gH = 98\text{кПа}$.

2) Условие равновесия поршня $P_0S + m_1g - m_2g = (P_0 - \rho gH)S$. $m_1 = m_2 - \rho HS = 70\text{г}$.

3) Поршень ниже уровня воды в сосуде на H_1 . Условие равновесия поршня $(P_0 + \rho gH_1)S + \frac{m_2}{10}g = m_1g + P_0S$. $H_1 = \frac{m_1 - m_2/10}{\rho S} = 5\text{см}$.

3. Сопротивление лампочки зависит от тока в ней.

1) $I_1 = \frac{P_1}{U_0} = 0,4\text{А}$. 2) $I_2 = \frac{P_2}{U_0/3} = 0,25\text{А}$. 3) $P_3 = P_2 = 0,5\text{Вт}$.

Олимпиада «Физтех». 2021 г. Физика. Решения. Вариант09-02

Часть 2

4. 1) $\frac{H}{\sin \alpha} = \frac{1}{2}(g \sin \alpha)t_1^2$. Тогда $t_1 = \sqrt{\frac{2H}{g \sin^2 \alpha}} = \frac{5}{4}\sqrt{\frac{2H}{g}}$.

2) Пусть $M = 2m$ – масса клина, a – ускорение клина, a_0 – ускорение шайбы относительно клина, N – сила нормальной реакции клина на шайбу. Ускорение шайбы равно сумме переносного (ускорения клина) и относительного ускорений. Уравнение движения для клина в проекциях на горизонтальную ось $N \sin \alpha = Ma$. Уравнение движения для шайбы в проекциях на нормаль к поверхности клина

$N - mg \cos \alpha = -ma \sin \alpha$. Отсюда $a = \frac{mg \cos \alpha \sin \alpha}{M + m \sin^2 \alpha} = \frac{2}{11}g$.

3) Уравнение движения для шайбы в проекциях на ось вдоль поверхности клина $mg \sin \alpha = m(a_0 - a \cos \alpha)$. Тогда $a_0 = g \sin \alpha + a \cos \alpha = \frac{10}{11}g$. Относительно клина $\frac{H}{\sin \alpha} = \frac{1}{2}a_0 t_2^2$.

Отсюда $t_2 = \sqrt{\frac{2H}{a_0 \sin \alpha}} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{11H}{g}}$.

5. 1) $VT \cdot S = \pi \left(\frac{H}{4}\right)^2 \cdot H$. Время наполнения $T = \frac{\pi H^3}{16VS} = \frac{\pi H^3}{16S\sqrt{2,5gH}} = \frac{\sqrt{10}\pi H^3}{80S\sqrt{gH}}$.

2) Начало координат поместим в конец шланга, оси x и y направим горизонтально направо и вертикально вверх. $x = V \cos \alpha \cdot t$, $y = V \sin \alpha \cdot t - \frac{1}{2}gt^2$. Найдем угол, при котором струя попадет в точку A . $\frac{1}{2}H = V \cos \alpha \cdot t$, $H = V \sin \alpha \cdot t - \frac{1}{2}gt^2$. Исключая время t с учетом выражения для V , получаем $\text{tg}^2 \alpha - 10\text{tg} \alpha + 21 = 0$. Отсюда имеем два значения угла: $\text{tg} \alpha = 3$ или $\text{tg} \alpha = 7$.

3) Найдем углы, при которых струя попадет в дальнюю верхнюю точку B бочки.

$H = V \cos \alpha \cdot t$, $H = V \sin \alpha \cdot t - \frac{1}{2}gt^2$. Исключая время t с учетом выражения для V , получаем

$\text{tg}^2 \alpha - 5\text{tg} \alpha + 6 = 0$. Это уравнение имеет корни $\text{tg} \alpha = 2$ и $\text{tg} \alpha = 3$. Струя может достигнуть точки B только при $\text{tg} \alpha = 3$, так как при меньших углах струя ударится о наружную стенку бочки. Итак, чтобы попасть в бочку, струя должна выходить под такими углами, чтобы $3 < \text{tg} \alpha < 7$.

Олимпиада «Физтех». 2021 г. Физика. Решения. Вариант 09-03

Часть 1

1. 1) Объем надводной части $V = \frac{M}{\rho} \left(1 - \frac{\rho}{\rho_0} \right) = 0,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$, $V = 50 \text{ см}^3$.

2) Объем надводной части уменьшился в два раза, следовательно половина льда растаяла. $m = \frac{0,5M\lambda}{c(t_1 - t_0)} = 0,6 \text{ кг}$, здесь $t_0 = 0^\circ\text{С}$.

2. 1) Тормозной путь платформы $L = \frac{V_0^2}{2a} = 25 \text{ м}$.

2) Из аналогичного соотношения для коробки $\mu = \frac{V_0^2}{2(L+S)g} \approx 0,135$.

3) $T = \frac{V_0}{a} = 5 \text{ с}$.

4) $U_{\text{MAX}} = V_0 \left(1 - \frac{\mu g}{a} \right) \approx 3,2 \text{ м/с}$.

3. 1) $H = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{V_0^2}{2g} \cdot \frac{\text{tg}^2 \alpha}{1 + \text{tg}^2 \alpha} \approx 6,3 \text{ м}$.

2) Наклонная плоскость образует с горизонтом угол β такой, что $\text{tg} \beta = 0,5 \cdot \text{tg} \alpha = \frac{4}{3}$.

3) $T = \frac{V_0 \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta}{g \cdot \sin \beta} = \frac{V_0}{g} \cdot \frac{\cos \alpha}{\text{tg} \beta} \approx 0,3 \text{ с}$.

4) Мешочек остановится при $\mu \geq \frac{1}{\text{tg} \beta} = 0,75$, будет в покое при $\mu \geq \text{tg} \beta = \frac{4}{3}$.

Олимпиада «Физтех». 2021 г. Физика. Решения. Вариант 09-03

Часть 2

4. Продолжительность суток $T_E = 8,64 \cdot 10^4 \text{ с}$.

1) $T = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot 2\pi \sqrt{\frac{R}{g}} \approx 1,4 \cdot 10^4 \text{ с}$.

2) В системе, где спутник покоится, точки на экваторе движутся по окружности с угловой скоростью $\omega = 2\pi \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_E} \right)$. Максимальная скорость роста расстояния

достигается в тот момент, когда скорость наблюдателя направлена по прямой, на которой находятся спутник и наблюдатель.

$$T_1 = \frac{1}{6} \cdot \frac{T_E \cdot T}{T_E - T} \approx 2,8 \cdot 10^3 \text{ с}$$

3) $V = 2\pi \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_E} \right) R \approx 2,4 \cdot 10^3 \text{ м/с}$.

5. 1) $R = \frac{U^2}{2P} = 18 \text{ Ом}$.

$$2) P_{R_1} = \frac{U^2}{2R} \frac{1}{2 + \left(\frac{R}{2R_1} + \frac{2R_1}{R} \right)}, \quad R_1 = \frac{R}{2} = 9 \text{ Ом.}$$

$$3) P_{MAX} = \frac{1}{4} \cdot \frac{U^2}{2R} = \frac{1}{4} P = 0,25 \text{ Вт.}$$

Олимпиада «Физтех». 2021 г. Физика. Решения. Вариант 09-04
Часть 1

1. 1) Объем подводной части $V = \frac{M}{\rho_0} = 0,36 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3, V = 360 \text{ см}^3.$

2) Объем подводной части уменьшился на одну треть, следовательно одна треть льда растаяла. $t - t_0 = \frac{M}{3 \cdot m} \cdot \frac{\lambda}{c} = 24 \text{ }^\circ\text{C}$, здесь $t_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$.

2. 1) Тормозной путь автомобиля $L = \frac{V_0 T}{2} = 10 \text{ м.}$

2) Из аналогичного соотношения для коробки $a = \mu g = \frac{V_0^2}{2(L + S)} = 1 \text{ м/с}^2.$

3) $\tau = \frac{V_0}{a} - T = 1 \text{ с.}$

4) $U_{MAX} = V_0 - aT = 1 \text{ м/с.}$

3. 1) $T = \frac{V_0 \cdot \sin \alpha}{g} = \frac{V_0}{g} \cdot \frac{\text{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \text{tg}^2 \alpha}} \approx 0,83 \text{ с.}$

2) Наклонная плоскость образует с горизонтом угол β такой, что $\text{tg} \beta = 0,5 \cdot \text{tg} \alpha = \frac{3}{4}.$

3) $S = \frac{(V_0 \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta)^2}{2 \cdot g \cdot \sin \beta} \approx 1,64 \text{ м.}$

4) $V = V_0 \cdot \cos \alpha (\cos \beta - \mu \cdot \sin \beta) \approx 2,8 \text{ м/с.}$

Олимпиада «Физтех». 2021 г. Физика. Решения. Вариант 09-04
Часть 2

4. Продолжительность суток $T_E = 8,64 \cdot 10^4 \text{ с.}$

1) $T = (\sqrt{2})^{\frac{3}{2}} \cdot 2\pi \sqrt{\frac{R}{g}} \approx 8,4 \cdot 10^3 \text{ с.}$

2) В системе, где спутник покоится, точки на экваторе движутся по окружности «против часовой стрелки» с угловой скоростью $\omega = 2\pi \left(\frac{1}{T} + \frac{1}{T_E} \right).$ Максимальная

скорость убыли расстояния достигается в тот момент, когда скорость наблюдателя направлена по прямой, на которой находятся спутник и наблюдатель.

$$T_1 = \frac{3}{8} \cdot \frac{T_E \cdot T}{T_E + T} \approx 2,87 \cdot 10^3 \text{ с.}$$

$$3) V = 2\pi \left(\frac{1}{T} + \frac{1}{T_E} \right) R \approx 5,2 \cdot 10^3 \text{ м/с.}$$

$$5. 1) R = \frac{2U^2}{P} = 16 \text{ Ом.}$$

$$2) P_{R_1} = \frac{U^2}{R} \frac{1}{2 + \left(\frac{R}{R_1} + \frac{R_1}{R} \right)}, \quad R_1 = R = 16 \text{ Ом.}$$

$$3) P_{MAX} = \frac{1}{4} \cdot \frac{U^2}{R} = \frac{1}{8} P = 0,25 \text{ Вт.}$$

Критерии оценивания. Олимпиада «Физтех» 2021 г.

Варианты 09-01, 09-02

Задача 1 (10 баллов)

- 1) Ответ на 1-й вопрос 4 балла
- 2) Ответ на 2-й вопрос 3 балла
- 3) Ответ на 3-й вопрос 3 балла

Задача 2 (10 баллов)

- 1) Ответ на 1-й вопрос 3 балла
- 2) Ответ на 2-й вопрос 4 балла
- 3) Ответ на 3-й вопрос 3 балла

Задача 3 (10 баллов)

- 1) Ответ на 1-й вопрос 3 балла
- 2) Ответ на 2-й вопрос 3 балла
- 3) Ответ на 3-й вопрос 4 балла
- Есть только понимание, что $R=R(T)$, без ответа 1 балл

Задача 4 (10 баллов)

- 1) Ответ на 1-й вопрос 3 балла
- 2) Есть все необходимые ур-я 2 балла
- Ответ на 2-й вопрос 2 балла
- 3) Правильная связь t и относит. ускорения 1 балл
- Найдено относительное ускорение 1 балл
- Ответ на 3-й вопрос 1 балл

Задача 5 (10 баллов)

- 1) Ответ на 1-й вопрос 4 балла
- 2) Ответ на 2-й вопрос 4 балла
- 3) Только правильный ответ 1 балл
- Правильный ответ с обоснованием 2 балла

Критерии оценивания. Олимпиада «Физтех» 2021 г.

Варианты 09-03, 09-04

Задача 1. (10 баллов)

- 1) Ответ на 1-й вопрос 5 баллов
- 2) Ответ на 2-й вопрос..... 5 баллов

Задача 2. (10 баллов)

- 1) Ответ на 1-й вопрос 2 балла
- 2) Ответ на 2-й вопрос..... 2 балла
- 3) Ответ на 3-й вопрос3 балла
- 4) Ответ на 4-й вопрос3 балла

Задача 3. (10 баллов)

- 1) Ответ на 1-й вопрос 2 балла
- 2) Ответ на 2-й вопрос..... 2 балла
- 3) Ответ на 3-й вопрос3 балла
- 4) Ответ на 4-й вопрос3 балла

Задача 4. (10 баллов)

- 1) Ответ на 1-й вопрос 3 балла
- 2) Ответ на 2-й вопрос..... 5 балла
- 3) Ответ на 3-й вопрос2 балла

Задача 5. (10 баллов)

- 1) Ответ на 1-й вопрос 3 балла
- 2) Ответ на 2-й вопрос..... 5 балла
- 3) Ответ на 3-й вопрос2 балла