

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ГРАНИТ НАУКИ»

ФИЗИКА

**КРИТЕРИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОБЕДИТЕЛЕЙ И ПРИЗЕРОВ,
ОТВЕТЫ НА ЗАДАНИЯ ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО ТУРА
2016/2017 года
(очный заключительный тур)**

КРИТЕРИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОБЕДИТЕЛЕЙ И ПРИЗЕРОВ ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО ТУРА ОЛИМПИАДЫ ПО ФИЗИКЕ

При конструировании вариантов использованы различные способы представления информации в текстах заданий.

Участник олимпиады получает билет, состоящий из семи заданий:

три задачи базового и повышенного уровня сложности;

две задачи творческого характера, в которых сформулировано определенное требование, выполнимое на основе знания физических законов, но отсутствуют какие-либо прямые или косвенные указания на физические явления, законами которых следует воспользоваться при решении;

две задачи высокого уровня сложности, для решения которых требуются более глубокие знания и смекалка.

Выполнение заданий творческого характера требует большей самостоятельности мышления, умения найти принцип решения и применять знания при объяснении физических явлений.

Для решения творческих задач-оценок (где требуется грубая прикидка, оценка по порядку величины) необходимо сформулировать простую физическую модель рассматриваемого явления, самостоятельно выбрать необходимые разумные числовые значения физических величин (опираясь на повседневный опыт) и, получить числовой результат, более или менее соответствующий реальности. Естественно, что спектр возможных числовых ответов достаточно широк, поэтому в таких задачах контролируется прежде всего правильность рассуждений и выводов.

Разделение на категории призеров и победителей основано на общей сумме баллов за решение всех задач варианта Олимпиады.

Проверку и оценивание работ проводит жюри Олимпиады.

Задания в варианте разной сложности, что учитывается при проверке, так как оценка каждого задания зависит от уровня его сложности.

Максимальный балл за задачу ставится в том случае, если задача решена полностью, без недочетов.

Незначительное снижение баллов может быть, если задача решена с недочетами, не влияющими на общий ход решения или допущена математическая ошибка.

Значительное снижение баллов может быть, если задача не решена (допущены серьезные ошибки) и т.д.

Чтобы набрать максимальное количество баллов, необходимо:

1) выполнить рисунок или начертить схему (если это требуется для решения);

2) сопровождать применяемые формулы и законы пояснениями, мотивирующими решение;

3) представить результат в общем виде, т.е. преобразовать выражение для определяемой величины так, чтобы в него входили лишь буквенные обозначения величин, заданных в условии задачи, и необходимые физические константы (при решении задач вычислительного характера);

4) проверить размерность полученного результата;

5) выполнить необходимые вычисления, используя значения физических величин из условия задачи и известные константы. При необходимости, в некоторых задачах творческого характера, недостающие значения величин выбрать самостоятельно;

6) построить графики (если необходимо);

7) сформулировать полный ответ в соответствии с вопросом задачи.

Распределение баллов по задачам

Номер задачи в варианте	Максимальный балл за задачу
№1, №2	9 баллов
№3	10 баллов
№4	14 баллов
№5	16 баллов
№6	20 баллов
№7	22 баллов
Максимальная сумма баллов	100 баллов

Решения, приведенные в черновике или выполненные карандашом, не проверяются и не оцениваются.

Оценки по задачам ставятся в таблицу на первой странице работы.

Ставить оценки внутри работы нежелательно.

Суммарная оценка проставляется на первой странице работы и подтверждается подписью члена Жюри.

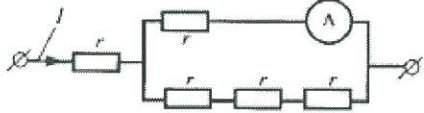
Все работы участников Олимпиады, претендующих на признание кандидатами в победители, проходят контрольную проверку председателем Жюри по предмету.

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по образовательной
деятельности Горного университета,
заместитель председателя оргкомитета
по проведению олимпиад,
профессор В.А. ШИЕНСТ

«*Март 2017 г.*»

Билет № 27

1. Во сколько раз возрастет давление идеального газа в замкнутом сосуде, если все находящиеся в нем молекулы заменить молекулами, масса которых в 4 раза больше? **Ответ: не изменится**
2. Через участок цепи (см. рисунок) течет постоянный ток $I = 10 \text{ А}$. Какую силу тока показывает амперметр? Сопротивлением амперметра пренебречь. **Ответ: 7,5А**

$$I = 10 \text{ А}$$
$$A = I \cdot \frac{r}{4r} = 7,5 \text{ А}$$
3. Найти силу тяготения, действующую на тело массой 8 кг, поднятое над Землей на высоту, равную $1/3$ Земного радиуса. **Ответ: 45 Н.**
4. В стакане плавает кусок льда, в котором находится стальная гайка. Как изменится уровень воды, когда лед растает? **Ответ обосновать.** **Ответ: не изменится; не изменится; понизится.**
5. Обезьяна раскачивалась на длинной тонкой лиане так, что максимальный угол отклонения лианы от вертикали составлял α . Когда обезьяна находилась в нижней точке траектории, лиана зацепилась серединой за ветку дерева. Каким стал максимальный угол β отклонения лианы от вертикали, если $\alpha < 60^\circ$? Что изменится, если $60^\circ < \alpha < 90^\circ$? **Ответ: $\beta = (\arccos(2\cos \alpha) - 1)$. При $\alpha < 60^\circ$, $\beta < 90^\circ$ лиана натянута. При $\alpha > 60^\circ$, $\beta > 90^\circ$ натяжение упадёт лиана провиснет, обезьянка начнёт двигаться по параболе.**
6. Луч света падает из воздуха на поверхность воды. Длина волн света в воде в m раз меньше, чем в воздухе. Найти угол между преломленным и отраженным лучами, если угол падения равен α . **Ответ: $\gamma = \pi - \alpha - \arcsin\left(\frac{\sin \alpha}{m}\right)$**
7. Шарик падает вертикально вниз с высоты 2 м без начальной скорости на наклонную плоскость, образующую с горизонтом угол 30° и упруго отскакивает от нее. На каком расстоянии от места падения он снова ударится о ту же плоскость? **Ответ: $s = 8h \sin \alpha = 8\text{м}$**

Председатель предметной комиссии
по проведению олимпиад по физике,
д.ф-м.н., проф.


А.С. Мустафаев

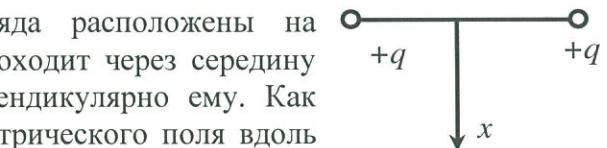
«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по образовательной
деятельности Горного университета,
заместитель председателя оргкомитета
по проведению олимпиад,
профессор В.А. ШИЕНСТ

«18 Января 2017 г.

Билет № 28

1. Угол полного внутреннего отражения равен 30° при переходе свет из воды в воздух. Чему равна скорость распространения света в воде? **Отв. $1,5 \cdot 10^8 \text{ м/с}$**
2. Газ сжат изотермически от объема $V_1=8 \text{ л}$ до объема $V_2=6 \text{ л}$. Давление при этом возросло на $\Delta p = 4 \text{ кПа}$. Каким было первоначальное давление p_1 ? **Ответ: 12 кПа.**
3. ЭДС самоиндукции, возникающая в цепи с индуктивностью 2 Гн, изменяется с течением времени по закону $\epsilon = 10 + 4 t$ (величины выражены в СИ). По какому закону изменяется сила тока в цепи? **Ответ: $I = -(5t + t^2)$**
4. В воде плавает деревянный кубик. На поверхность воды налили слой масла, полностью покрывающий кубик. Изменится ли глубина погружения кубика в воду? Если изменится, то как? Ответ обосновать.
Ответ: глубина погружения уменьшится.
5. Оценить давление шариковой ручки на бумагу при письме. Размер следа, оставляемый на бумаге, и силу нажима выбрать самостоятельно. **Ответ: $p = F/S \sim F/d^2$, где, $F \approx 1 \text{ Н}$, $d \approx 0,2 \text{ мм}$ - ширина следа, оставленного шариком на бумаге, $p \approx 3 \cdot 10^7 \text{ Па}$.**
6. Чугунное ядро массой m падает в воде с постоянной скоростью v . С какой силой F надо тянуть его вверх, чтобы оно поднималось со скоростью $2v$? Сила сопротивления движению прямо пропорциональна величине скорости. Плотность воды ρ_w , плотность чугуна ρ . **Ответ: $F = 3mg(1 - \rho_w/\rho)$, где; ответ не зависит от v .**
7. Два одинаковых одноименных заряда расположены на расстоянии ℓ друг от друга. Ось x проходит через середину отрезка, соединяющего заряды, перпендикулярно ему. Как будет изменяться напряженность электрического поля вдоль оси x ? Определите координату x , в которой значение напряженности максимально.
Ответ $E = E_{\max}, x = \pm\sqrt{\ell^2/8}$



Председатель предметной комиссии
по проведению олимпиад по физике,
д.ф-м.н., проф.

А.С. Мустафаев

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по образовательной
деятельности Горного университета,
заместитель председателя оргкомитета
по проведению олимпиад,
профессор В.А. ШНЕЙДЕР

«2017 г.»

Билет № 29

1. Удельное сопротивление графитового стержня от карандаша $\rho=400 \text{ мкОм}\cdot\text{м}$. Длина стержня $l=20 \text{ см}$. Площадь сечения $3,14 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$. Какой ток пройдёт по стержню, если на него подать напряжение $U=6 \text{ В}$? **Ответ: $I=US/\rho l=0,236 \text{ А}$**
2. Два шарика, расположенные на расстоянии 10 см друг от друга, имеют отрицательные одинаковые заряды и взаимодействуют с силой 0,23 МН. Найти число “избыточных” электронов на каждом шарике. **Ответ: 10^{11} электронов.**
3. Угол падения света на поверхность воды равен α . Под каким углом свет должен упасть на поверхность стекла, чтобы угол преломления остался прежним?
Скорость света в воде v_w скорость света в стекле $v_{ст}$. **Ответ: $\alpha_2 = \arcsin\left(\frac{v_w}{v_{ст}} \sin \alpha_1\right)$**
4. Оцените какая масса воздуха уйдет из аудитории при повышении в ней температуры на 10 К.
Ответ: С учетом сохранения объема аудитории и давления в ней по закону Клапейрона – Менделеева получаем $\Delta m \sim m\Delta T = \rho V \Delta T / T$, где ρ – плотность воздуха, а V – объем аудитории. При $V \approx 2 \cdot 10^3 \text{ м}^3$, $T \approx 300 \text{ К}$, $\rho \approx 1,3 \text{ кг}/\text{м}^3$ получаем $\Delta m \approx 80 \text{ кг}$.
5. В стакане плавает кусок льда. Как изменится уровень воды, когда лед, растает? Изменится ли ответ, если во льду находится кусочек пробки? Стальная гайка?
Ответ: не изменится; не изменится; понизится.
6. На клин, плоскость которого составляет угол α с горизонтом (см. рисунок), положили тело A . Какое ускорение a необходимо сообщить клину в горизонтальном направлении, чтобы «выбить» клин из-под тела, т. е. чтобы тело A свободно падало? **Ответ: $a > g \operatorname{ctg} \alpha$**
7. Часы с латунным маятником идут правильно при 0°C . На сколько отстанут часы за сутки, если температура повысится до 20°C ? ($\alpha_{\text{латуни}}=19 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$)
Ответ: $N=86400 \times n=86400 \times 1/2\pi \sqrt{(g/l_0(1+\alpha\Delta t))}=16\text{с.}$

Председатель предметной комиссии
по проведению олимпиад по физике,
д.ф-м.н., проф.

А.С. Мустафаев

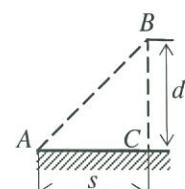
«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по образовательной
деятельности Горного университета,
заместитель председателя оргкомитета
по проведению олимпиад,
профессор В.А. ШИНЕНСТ

«*Лихачев*» 2017 г.

Билет № 30

1. Определите сопротивление проводника, который нужно соединить параллельно с проводником, имеющим сопротивление 300 Ом, чтобы их общее сопротивление стало равным 120 Ом. **Ответ:200 Ом**
2. Один математический маятник имеет период 6 с, а другой 8 с. Каков период колебаний математического маятника, длина которого равна сумме длин двух маятников? **Ответ:10с.**
3. Два тела одинаковой массы, находящиеся на некотором расстоянии друг от друга, притягиваются с силой F_1 . Какой станет сила притяжения F_2 , если не изменяя расстояния между телами половину массы первого тела перенести на второе? **Ответ: $0,75F_1$**
4. Колбу с закипевшей водой снимают с плитки. Кипение прекращается. Колбу плотно закрывают резиновой пробкой с продетым сквозь нее холодным массивным медным стержнем. Вода закипает. Объясните явление.
Ответ: При внесении в колбу холодного стержня на нем происходит конденсация пара. Масса и температура пара уменьшаются, что приводит к уменьшению давления в закрытой колбе. При этом температура кипения воды также понижается. В результате уже слегка остывшая вода снова начинает кипеть.
5. Оценить давление внутри осветительной тонкостенной стеклянной лампочки заполненной инертным газом. Необходимые для оценки реальные параметры задачи выбрать самостоятельно, используя свой жизненный опыт. **Ответ:** Так как объем и масса газа в баллоне сохраняются, то по закону Шарля $p_0/T = p/T_0$, где p_0 и T_0 – атмосферное давление и температура. Давление внутри выключенной лампочки выбирается таким, чтобы после нагрева поднявшееся давление p нагретого до температуры T газа сравнялось с внешним p_0 . Тогда $p = p_0 T_0 / T$. Полагая $T_0 \approx 300$ К, $T \approx 400$ К, получаем $p = 3p_0/4 \approx 0,7 \cdot 10^5$ Па.
6. Доска толщиной 5 см плавает в воде, погрузившись на 70%. Поверх воды разливается слой нефти толщиной 1 см. На сколько будет выступать доска над поверхностью нефти? **Ответ: на 1,3 см.**
7. Человек находится на берегу озера в точке A и хочет в кратчайшее время попасть в точку B , находящуюся на озере (см. рисунок). Скорость движения человека в воде v_1 а по берегу v_2 . По какой траектории следует двигаться человеку, если $v_2 > v_1$?



Решение. Очевидно, движение по пути AB (кратчайшему) может потребовать далеко не кратчайшего времени Из-за медленного движения в воде. Выгоднее может оказаться войти в воду в точке D (см. рисунок), сократив путь в воде даже за счет удлинения пути по берегу. Определим, при каком значении $DC = x$ время движения будет минимальным. Это время:

$$t = \frac{s-x}{v_2} + \frac{\sqrt{d^2+x^2}}{v_1} = \frac{sv_1 - xv_1 + v_2\sqrt{d^2+x^2}}{v_1v_2}.$$

Очевидно, величина $y = v_2\sqrt{d^2+x^2} - v_1x$ должна быть минимальной (заметим, что эта величина уже не содержит s). Далее можно пойти различными путями.

1. Для умеющих дифференцировать:

$$y' = \frac{xv_2}{\sqrt{d^2+x^2}} - v_1 = 0, \text{ откуда } x = \frac{dv_1}{\sqrt{v_2^2-v_1^2}}.$$

2. Более длинный путь, но не требующий дифференцирования – выразим x через y :

$$v_2\sqrt{d^2+x^2} = y + xv_1; \quad v_2^2(d^2+x^2) = y^2 + 2xyv_1 + x^2v_1^2; \quad x^2(v_2^2 - v_1^2) - 2xyv_1 + v_2^2d^2 - y^2 = 0.$$

$$\text{Отсюда } x = \frac{yv_1 \pm v_2\sqrt{y^2 - (v_2^2 - v_1^2)d^2}}{v_2^2 - v_1^2}.$$

Минимальное значение y , при котором подкоренное выражение неотрицательно:

$$y_{\min} = d\sqrt{v_2^2 - v_1^2}; \text{ при этом } x = \frac{dv_1}{\sqrt{v_2^2 - v_1^2}}.$$

При $s > \frac{dv_1}{\sqrt{v_2^2 - v_1^2}}$. следует двигаться по берегу до точки D , а потом плыть к B . При

$s < \frac{dv_1}{\sqrt{v_2^2 - v_1^2}}$ следует сразу плыть по прямой к точке B .

Председатель предметной комиссии
по проведению олимпиад по физике,
д.ф-м.н., проф.

А.С. Мустафаев