

71-я олимпиада по физике школьников Эстонии

6 апреля 2024 года. Заключительный тур
Задачи гимназии (10-12 классы)

Просим решение каждой задачи писать на отдельном листе.

Время решения 5 часов. Каждый участник может решать все предложенные задачи.

В зачёт идут 5 теоретических и 1 экспериментальная задача, набравшие наибольшее количество баллов.

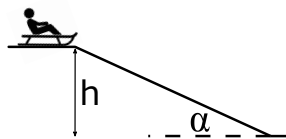
Можно использовать принадлежности для письма и черчения, а также калькулятор.

Прочие вспомогательные средства запрещены.

При решении экспериментальной задачи можно пользоваться лишь указанным в задаче оборудованием.

Оценка погрешности измерения не требуется.

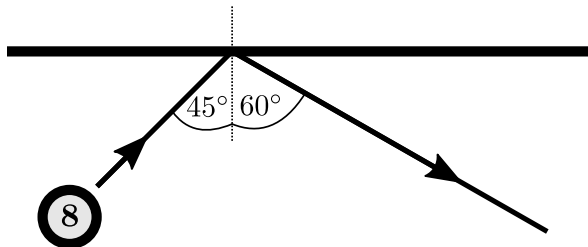
1. (ГОРКА) Ваня и Костя вместе катаются на санках по горке высотой $h = 6$ м и $\alpha = 15^\circ$, имеющую постоянный угол наклона по всему склону. С какой скоростью Ване нужно толкнуть санки Кости вверх горки, чтобы Костя смог спуститься с горки? Коэффициент трения санок о заснеженный склон $\mu = 0,3$, ускорение свободного падения $g = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$. (6 б.)



2. (РОГАТКА) Ксюша нашла в парке рогатку и хотела с её помощью запустить камешек вертикально вверх так, чтобы он коснулся ветки дерева точно над ней. Если Ксюша растянет рогатку на расстояние 3 см от расслабленного состояния резины, то камню не хватает $1/4$ расстояния до ветки. Насколько Ксюша должна растянуть резинку рогатки, чтобы камешек долетел до ветки? (6 б.)

3. (СВЕТОДИОДЫ) У Лёши есть красный и синий светодиоды, батарейка 9 В, резисторы 300 Ом и 360 Ом, а также красный и синий кнопочные переключатели. Кнопочные переключатели имеют две клеммы, которые подключаются друг к другу, когда кнопка нажата, и не подключаются, когда кнопка не нажата. Красный диод загорается при подаче на него прямого напряжения 3 В, а синий — при подаче прямого напряжения 1,8 В. При более низких напряжениях ток через диод не проходит. Напряжение на диоде не зависит от величины проходящего через него тока. Какую схему должен составить Лёша, чтобы при нажатии красного переключателя загорался красный диод, при нажатии синего переключателя загорался синий диод, не нажав ни одного не загорался ни один диод, а при нажатии обоих переключателей также не загорался ни один диод. Лёша также хочет, чтобы при горении диода через него проходил ток 20 мА, и батарея никогда не подвергалась короткому замыканию. (8 б.)

4. (БИЛЬЯРД) Бильярдный шар массы $m = 200$ г и начальной скорости $v_0 = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ неупруго отскакивает от края бильярдного стола, так что угол до удара равен 45° , а угол после отскока 60° (см. рисунок). Предположим, что край бильярдного стола действует на мяч только в направлении, перпендикулярном краю. Найди а) сколько процентов энергии бильярдного шара было потеряно при отскоке; б) какова была средняя сила F_p , действующая на мяч во время удара, если считать, что удар длился $t_p = 0,01$ с. (8 б.)

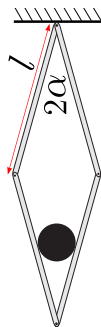


5. (ЛИНЕЙКА В КОРИДОРЕ) Вы стоите в коридоре ширины 1 м с зеркалами на обеих стенах. Между зеркалами на расстоянии 30 см от правого зеркала находится вертикальный узкий предмет. Вы держите перед собой линейку вертикально. Вы замечаете, что 10 см линейки видится Вам так же, как и сам объект, 7,5 см так же, как и отражение объекта в правом зеркале и 3,75 см, как второе отражение объекта в правом зеркале. Как далеко от зеркала Вы стоите? (10 б.)

6. (ОХЛАЖДЕНИЕ) У Насти есть два одинаковых конических термоса без крышки, частично заполненных равным объёмом жидкости при температуре $T = 40^\circ\text{C}$. Конические термосы ставят так, чтобы поверхность жидкости была параллельна основанию конуса, а вершина конуса находилась внизу. Настя добавляет такое же количество более тёплой жидкости в один из термосов при $T_{\text{add}} = 88^\circ\text{C}$. Жидкости мгновенно достигают теплового равновесие, и Настя сразу измеряет скорость охлаждения жидкостей и обнаруживает, что скорость охлаждения более тёплой жидкости в $k = 1,62$ раза превышает скорость охлаждения более холодной жидкости. Мощность теплотерь пропорциональна площади охлаждаемой поверхности и разнице температур. Найдите температуру воздуха T_{air} . Предполагайте, что теплообмен между жидкостью и термосом отсутствует и плотность жидкости не зависит от температуры.

Подсказка: объём конуса $V = \frac{1}{3}S_p H$, где S_p — площадь дна конуса, а H — его высота. (10 б.)

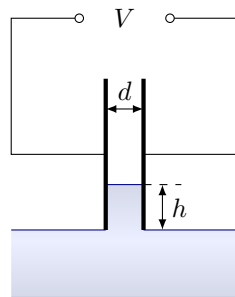
7. (РОМБ) С потолка свисает ромбовидная шарнирная конструкция из невесомых стержней, каждый длины l (см. рисунок). Внутри ромба помещают цилиндр массы m . В результате ромб принимает положение равновесия, при котором угол при вершине ромба равен 2α . Трение между цилиндром и стержнями отсутствует. Найдите радиус цилиндра. (12 б.)



8. (ТРЕУГОЛЬНИК) Собирающая линза с фокусным расстоянием f даёт изображение прямоугольного треугольника, один угол которого 30° , которое также является прямоугольным треугольником с углом 30° . Гипотенуза треугольника проходит вдоль главной оптической оси линзы. Найдите длину гипотенузы треугольника. (12 б.)

9. (ТУМАН) Молярная масса сухого воздуха (т.е. без водяного пара) $\mu_a = 28,97 \frac{\text{г}}{\text{МОЛЬ}}$, молярная масса воды $\mu_v = 18,02 \frac{\text{г}}{\text{МОЛЬ}}$. При определенном давлении и температуре $T_1 = 25^\circ\text{C}$, плотность сухого воздуха равна $\rho_k = 1182,8 \frac{\text{г}}{\text{М}^3}$, а плотность воздуха определенной влажности без капель тумана равна $\rho = 1169,3 \frac{\text{г}}{\text{М}^3}$. Какова плотность этого влажного воздуха при $T_2 = 10^\circ\text{C}$, если известно, что плотность насыщенного водяного пара при этой температуре равна $\rho_m = 9,4 \frac{\text{г}}{\text{М}^3}$. Предполагайте, что конденсирующиеся капли тумана остаются витать в воздухе, и что плотность воды намного больше плотности воздуха. (12 б.)

10. (КОНДЕНСАТОР В ЖИДКОСТИ) Плоский конденсатор с расстоянием между пластинами d расположен вертикально и краем опущен в жидкость, как показано на рисунке. Диэлектрическая проницаемость жидкости равна ε , а к обкладкам конденсатора приложено напряжение V . Насколько высок уровень жидкости h в пространстве между пластинами по сравнению с остальной свободной поверхностью жидкости? Диэлектрическая проницаемость вакуума ε_0 , диэлектрическая проницаемость воздуха $\varepsilon_g = 1$, плотность жидкости ρ , ускорение свободного падения g . Поверхностное натяжение жидкости можно не учитывать; высота и ширина конденсатора, а также высота части конденсатора, заполненной воздухом, значительно превышают d . (12 б.)



Е1. (ОММЕТР) При использовании мультиметра в качестве омметра, резистор между выводами мультиметра подключается последовательно с внутренним источником напряжения мультиметра и некоторым внутренним сопротивлением. Показание сопротивления, показываемое омметром, соответствует силе тока, протекающего в этой цепи. Найдите напряжение питания омметра, когда переключатель находится в режиме «x10k» (в котором показание необходимо умножить на десять тысяч, чтобы получить значение измеряемого сопротивления).

Оборудование: аналоговый мультиметр, который можно использовать только в режимах омметра и вольтметра, неизвестный резистор, неизвестная батарейка.

Предупреждения! Перед измерениями в режиме омметра показание необходимо обнулить (т.е. добиться показания 0 Ом), соединив выводы мультиметра и повернув регулировочный винт мультиметра. (14 б.)

Е2. (ГИБКАЯ ЛЕСКА) Крутильный маятник — это система, в которой материал, находящийся под растягивающим напряжением, закручивается вокруг собственной оси, создавая силу, возвращающую в положение равновесия. Для достаточно малых колебаний по часовой стрелке-против часовой стрелки имеет место аналог закона Гука $\tau = -\kappa\theta$, где τ — момент силы, действующей на тело, θ — угол вращения относительно положения равновесия (в радианах), а κ — коэффициент кручения (аналог жёсткости пружины пружинного маятника). Коэффициент скручивания κ и длина лески L с хорошим приближением обратно пропорциональны, поэтому $\kappa = \frac{c}{L}$, где c — константа. Найдите значение константы c для данной лески. Ускорение свободного падения равно $g = 9,82 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

Оборудование: два куска лески, цилиндрический груз массой $M = 100$ г, штатив с зажимом, деревянные бруски (для амортизации в зажиме), секундомер, чёрный маркер. Длину можно измерять только с помощью вышеупомянутых экспериментальных инструментов, использование других инструментов (в том числе линейки, клетчатой и миллиметровой бумаги, длин частей тела) не допускается!

Подсказка: Для вращательного движения выполняется $\tau = I\alpha$, где I — момент инерции, а α — угловое ускорение. Момент инерции цилиндрического тела относительно оси симметрии равен $I = \frac{1}{2}MR^2$, где M — масса тела, R — радиус цилиндра. (14 б.)

Задачи и решения олимпиады по физике находятся по адресу:
<https://www.teaduskool.ut.ee/et/ainevoistlused/fuusika-lahtine>
<http://efo.fyysika.ee>

Присоединяйтесь к нашей страничке в Facebook:
<https://www.facebook.com/fyysikaolympiaad>