

70-я олимпиада по физике школьников Эстонии

1 апреля 2023 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. (ПЛАВНОЕ ДВИЖЕНИЕ) Водитель автобуса хочет ехать плавно, т.е. чтобы у пассажиров, стоящих в автобусе и ни за что не держащихся, не возникало риска потерять равновесие и упасть из-за резкого ускорения или торможения. Поэтому при торможении он постепенно увеличивает давление на педаль тормоза, пока автобус не остановится. Такое движение плавное? Если плавное, тогда обоснуйте, почему это так. Если оно не плавное, то объясните, в какой момент стоящим пассажирам грозит потеря равновесия, в какую сторону они рискуют упасть и как следует тормозить, чтобы торможение было плавным, т.е. стоячие пассажиры никогда бы не рисковали потерять равновесие? (6 б.)

2. (ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПАСТУХ) При выпасе скота электропастухом пастбище окружают длинный провод, электрически изолированный от земли столбами. Генератор электропастуха подает на этот провод импульсное напряжение: периоды отсутствия напряжения чередуются с короткими периодами напряжения. Во время импульса генератор напряжения электропастуха можно рассматривать как электродвижущую силу \mathcal{E} , имеющую определенное внутреннее сопротивление R . Электрический импульс опасен для жизни, если через человека проходит ток больше $I_0 = 30$ мА. О некоторой марке электропастуха известно следующее: если один из выводов генератора напряжения заземлен, а провод, идущий от другого, идеально изолирован от земли, то напряжение между проводом и землей равно $U_m = 15$ кВ. Человек, идущий босиком и поэтому имеющий хороший электрический контакт с землей, касается провода сухой рукой и получает удар током. Предположим, что сопротивление тела человека много меньше сопротивления сухой кожи рук $r = 5$ кОм.

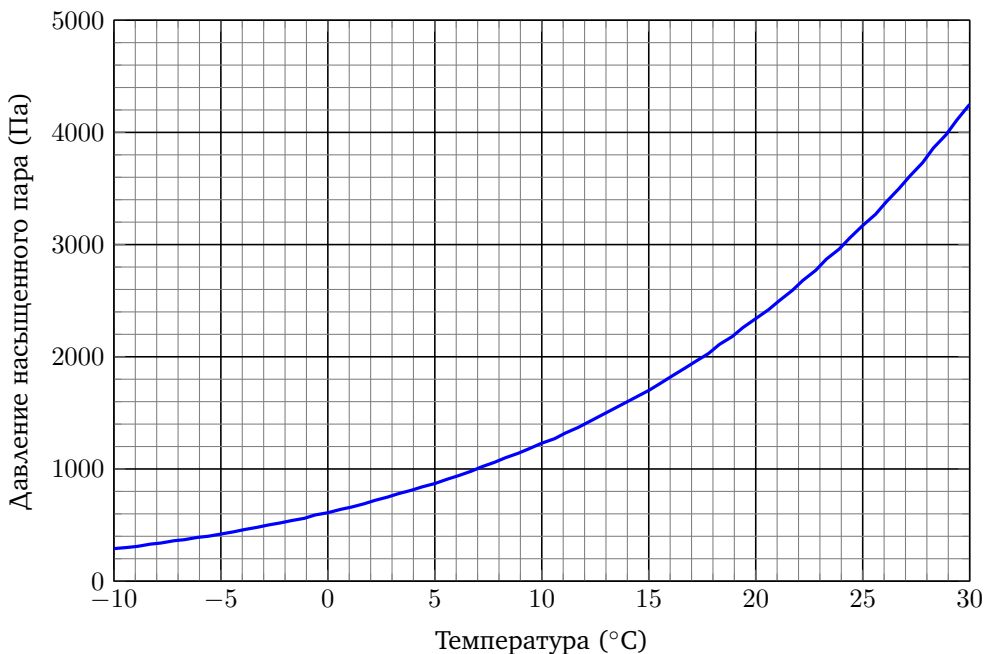
а) Нарисуйте электрическую схему, описывающую ситуацию, когда человек получает удар током от электроизгороди.

б) Какие значения внутреннего сопротивления R допустимы? (6 б.)

3. (ЛИНЗА И ДВА ЗЕРКАЛА) Построить все изображения объекта АВ (см. рисунок на дополнительном листе). На схеме показаны серая стена, синее полупрозрачное зеркало (половина света проходит насквозь, половина отражается как в обычном зеркале) под наклоном 45° , выпуклая линза с фокусным расстоянием f и плоское зеркало. Решение представьте на дополнительном листе. (8 б.)

4. (КОРАБЛЬ) Корабль шёл через Суэцкий канал и застрял там так, что перекрыл весь канал. Длина корабля l , ширина w , высота h , масса m . Ниже поверхности воды k частью объема корабля, причем $klwh\rho < m$. Можно считать, что корабль прямоугольный с равномерным распределением массы и $l \gg w$. Плотность воды ρ , ускорение свободного падения g , ширина канала d . Коэффициент трения между корпусом корабля и каналом равен μ . Буксиры тянут оба конца корабля вдоль канала в разные стороны. С какой силой F должны тянуть буксиры, чтобы сдвинуть с места застрявшее судно? (8 б.)

5. (ПРИНУДИТЕЛЬНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ) У Ксюши дома принудительная вентиляция. Она обнаружила, что ей необходимо каждые десять часов наполнять увлажнитель, в баке которого содержится $m = 1$ кг воды, чтобы поддерживать относительную влажность в помещении $r_1 = 50\%$. Температура снаружи $T_2 = -5^\circ\text{C}$ и относительная влажность $r_2 = 80\%$, а температура в помещении $T_1 = 20^\circ\text{C}$. Используя прилагаемый график давления насыщенного пара, найдите скорость, с которой принудительная вентиляция обменивает воздух в помещении. Молярная масса воды $M = 18$ г/моль, универсальная газовая постоянная $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$, давление воздуха равно $p = 100$ кПа. (8 б.)



6. (ИГЛА В ВОДЕ) На поверхность воды медленно опускают иголку массой $m = 0,5$ г и длиной $l = 6$ см. Под каким углом относительно горизонтали будет поверхность воды у иглы? Коэффициент поверхностного натяжения воды равен $\sigma = 72,8 \frac{\text{мН}}{\text{м}}$, а ускорение свободного падения $g = 9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$. Выталкивающую силу можно не учитывать. (8 б.)

7. (ИСКУССТВЕННЫЙ СПУТНИК) Искусственный спутник обращается вокруг планеты по круговой орбите радиусом $r = 55\,199$ км со скоростью $v = 2,4$ км/с. Спутнику можно придать изменение скорости $\Delta v = 0,7$ км/с за короткий промежуток времени.

а) Каково было бы максимальное расстояние спутника от центра планеты R_1 , если бы спутнику сообщалось ускорение в направлении его движения?

б) Каким было бы самое большое расстояние R_2 , если бы направление ускорения было от планеты? (10 б.)

8. (ТОЛКАНИЕ ЯДРА) Как известно из механики, при заданной начальной скорости (при отсутствии сопротивления воздуха) брошенное тело улетит дальше всего, когда угол броска к горизонту равен 45° . В толкании ядра оптимальный угол несколько меньше.

а) Найдите его значение, полагая, что максимальное расстояние полета ядра равно $s_m = 20$ м, толкатель высвобождает ядро на высоте $h_0 = 2$ м от земли, и начальная скорость не зависит от направления толкания.

б) Какова начальная скорость такого ядра?

Ускорение свободного падения $g = 9,8 \text{ м/с}^2$. (10 б.)

9. (СТАТИЧЕСКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО) Пленка формата А4 общей площадью $S = 630 \text{ см}^2$ заряжена с однородной положительной поверхностной плотностью. Если эту пленку приложить к заземленной металлической пластине, площадь которой намного больше площади пленки, то пленка «прилипнет» к пластине, и для того, чтобы пленка скользила по пластине, необходимо приложить силу $F = 0,1$ Н вдоль пластины; коэффициент трения между пленкой и пластиной $\mu = 0,5$. Масса пленки намного меньше 20 г. Какое напряжение приобретёт пленка по отношению к металлической пластине, если её оторвать от пластины и удерживать на расстоянии $h = 5$ см от пластины, параллельно пластине? Электрическая постоянная $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\Phi}{\text{М}}$. (12 б.)

10. (ТОНУЩИЙ МЯЧ) Промокший и наполненный водой теннисный мяч плавает в воде так, что он почти полностью погружен в воду, а верхний край касается поверхности воды. При взгляде с берега на высоте $H = 2$ м кажется, что шар приплюснутый в форме эллипсоида с отношением ширины к высоте $k = 3$. На каком расстоянии от глаза наблюдателя находится мяч, если показатель преломления воды $n = \frac{4}{3}$? При решении задачи можно делать разумные округления. (12 б.)

Е1. (ДЛИНА НИТИ НАКАЛИВАНИЯ) Максимально точно определите длину нити накаливания лампы накаливания. Нить имеет форму длинной спирали (т.е. пружины), необходимо найти её полную длину (длину, которую она приобрела бы, если бы спираль распрямить).

Оборудование: линза на подставке, защищенная корпусом лампа накаливания, блок питания, экран (блок, обёрнутый бумагой), мерная лента. Линзу можно рассматривать как тонкую линзу, плоскость которой отмечена линией на корпусе.

Внимание! Лампу нельзя вынимать из корпуса. Во избежание перегрева лампы следует зажигать только в вертикальном положении (где стекло вертикально). (14 б.)

Е2. (ПРИЩЕПКА) Найдите максимально точно полную работу, необходимую для полного сжатия концов прищепки. Атмосферное давление $p_0 = 1,01 \cdot 10^5$ Па.

Оборудование: прищепка, шприц (без иглы), колпачок с резьбой для герметичного закрытия кончика шприца, электронный штангенциркуль.

Внимание! Не вытягивайте поршень шприца из цилиндра, так как поршень смазан силиконовым маслом и будет размазываться. Не разрывайте прищепку на части! При закрытии шприца колпачком закручивайте колпачок с умеренным усилием, этого достаточно для герметичного закрытия, сильное закручивание может испортить резьбу. (14 б.)

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

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

3. (ЛИНЗА И ДВА ЗЕРКАЛА — ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ЛИСТ)

