

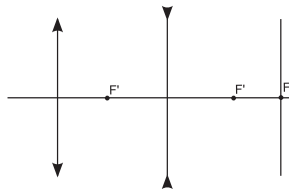
60-я олимпиада школьников Эстонии по физике

13-е апреля 2013-го года. Заключительный тур.

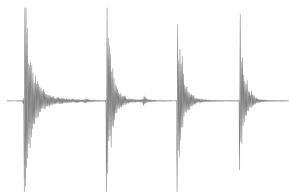
Задачи гимназии (10 - 12 класс)

Решение каждой новой задачи начинайте на новом листе!

1. (ЛИНЗЫ) У Юры есть несколько вогнутых линз, для нахождения фокусного расстояния которых он сконструировал простую систему. Он направил параллельный главной оптической оси пучок лучей лазера диаметром $2R$ в центр собирающей линзы с фокусным расстоянием f_1 , после чего пучок сфокусировался в одной точке на экране. Если же теперь поместить вогнутую линзу с фокусным расстоянием f_2 на равном расстоянии между выпуклой линзой и экраном, то на экране вместо точки возникнет пятно диаметра $2r$. Найдите f_2 , если $2f_2 < f_1$. (6 б.)

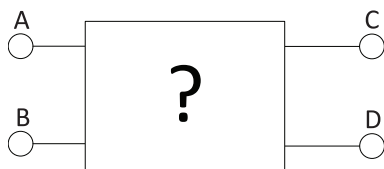


2. (МЯЧ) С помощью компьютерной программы Роман проанализировал звуки, возникающие при отскоках мяча от пола, и получил график, изображенный на рисунке (крупнее — на дополнительном листе) и показывающий форму звукового сигнала. Известно, что после третьего отскока мяч поднялся над землей ровно на 1 метр. Найдите максимальную высоту мяча после первого отскока. (6 б.)



3. (ВЕЛОСИПЕДИСТ) Едя на велосипеде, мальчик измеряет скорость ветра относительно себя: если он едет по дороге в одну сторону со скоростью 10 км/ч, то получает результат 20 км/ч, а если едет в противоположную сторону со скоростью 20 км/ч, то результат измерения — снова 20 км/ч. С какой скоростью относительно земли дует ветер? (8 б.)

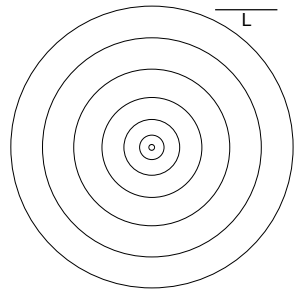
4. (ЧЕРНЫЙ ЯЩИК) Все клеммы изображенного на рисунке черного ящика ненадолго соединяют. Затем если к клеммам A и B присоединить батарейку с напряжением U , а к клеммам C и D — вольтметр, то вольтметр покажет в начальный момент напряжение U . Завершив измерение, все клеммы вновь ненадолго соединяют. Если присоединить ту же батарейку к клеммам C и D , а вольтметр — к клем-



мам A и B , то показание вольтметра в начальный момент — $\frac{U}{2}$. Известно, что в черном ящике находятся только идентичные конденсаторы. Нарисуйте схему черного ящика. (8 б.)

5. (СПУТНИК) Геостационарной орбитой называется такая орбита спутника, при которой он недвижим относительно Земли. Каков размер площади, которую можно наблюдать с такого спутника? В качестве ответа приведите диаметр этой площади, измеренный вдоль поверхности Земли. Гравитационная постоянная $G = 6,7 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$, масса Земли $M = 6,0 \cdot 10^{24}$ кг, радиус Земли $r = 6400$ км, период вращения Земли $t = 24$ ч. (8 б.)

6. (ПРУД) Рассмотрим волны, образующиеся на поверхности пруда после того, как в тот кинули камень. При падении камня в воду на поверхности возникает большое число возмущений с разными длинами волн, каждое из которых распространяется с характерной для данной длины волны скоростью. Из интерференции этих возмущений образуется гребень, чье движение мы и рассмотрим. На рисунке (крупнее — на дополнительном листе)



через равные промежутки времени отмечены положения этого гребня. В качестве масштаба приведен отрезок длиной L . Скорость гребня v зависит от длины волн λ компонентов, образующих гребень, и от глубины воды h . Пока время t после соприкосновения камня с поверхностью воды мало, гребень состоит из компонентов с длиной волны $\lambda \ll h$, а скорость гребня зависит от времени как $v \approx \frac{gt}{\pi}$. Дальше же, где гребень образуют возмущения с длиной волны $\lambda \gg h$, он движется со скоростью $v \approx \sqrt{hg}$. Оцените глубину h пруда при условии, что она постоянна по всему пруду. В качестве ответа приведите отношение h/L . (10 б.)

7. (МИКРОСКОП) Так называемый цифровой микроскоп состоит из передвигаемой вдоль главной оптической оси линзы (объектива), которая создает действительное изображение изучаемого предмета на поверхности электронного матричного сенсора. Четкое изображение предмета возникает на сенсоре при двух разных положениях объектива. Отношение соответствующих линейных увеличений равно 25. В каком положении и во сколько раз мощность света, падающая на единицу площади сенсора, больше? Предполагайте, что размеры линзы гораздо меньше, чем ее расстояние до предмета. (10 б.)

8. (МАГАЗИН) В больших зданиях зачастую бывают передние. Зачем они нужны? Рассмотрим магазин, к которому пристроили настолько узкую переднюю, что она не влияет на теплопотери через стены магазина. При открытии одной из дверей магазина через данную дверь происходит обмен некоего количества воздуха. Будем считать, что воздух везде хорошо смешан, то есть через открытую дверь с улицы в переднюю поступает воздух при уличной температуре; для всех дверей сделаем аналогичные допущения. Также предположим, что количество обмениваемого при открытии двери воздуха не зависит от разницы температур и что теплопотери, обусловленные теплопроводимостью дверей и стен передней, ничтожно малы по сравнению с теплопотерями, вызываемыми смешиванием воздуха.

Рассмотрим ситуацию до постройки передней. В прохладный апрельский день во время работы магазина уличная температура была стабильно на уровне $T_1 = 4\text{ }^\circ\text{C}$. Ночью, когда магазин был закрыт, температура была стабильно на уровне $T_2 = 0\text{ }^\circ\text{C}$. Работой электрических радиаторов магазина управляет термостат, который поддерживает внутреннюю температуру на уровне $T_0 = 20\text{ }^\circ\text{C}$. Ночью средняя мощность радиаторов была равна $P_2 = 5,0\text{ кВт}$, а днем $P_1 = 4,6\text{ кВт}$. Днем значимы два эффекта: (а) люди время от времени открывают дверь на улицу; (б) тепло человеческих тел и освещение внутри магазина вносят некий дополнительный вклад в отопление магазина.

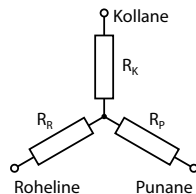
После пристройки передней выяснилось, что при тех же внешней температуре и количестве посетителей средняя мощность радиаторов в дневное время упала до $P_3 = 3,8\text{ кВт}$. С какой мощностью выделяют теплоту находящиеся внутри магазина люди и приборы освещения, если предполагать, что мощность теплопотерь пропорциональна разнице температур? (10 б.)

9. (ФУТБОЛИСТЫ) Два футболиста отрабатывают показательный удар, при котором два мяча сталкиваются в воздухе. Стоя друг от друга на расстоянии $d = 20\text{ м}$, футболисты одновременно пинают по мячу, лежащему перед ними, придавая обоим скорость $v = 15\text{ м/с}$. В какой области могут столкнуться мячи? В качестве ответа приведите рисунок в виде сверху, где отмечены положения футболистов и область возможных столкновений. Приведите также размеры этой области. Отдельно находить и отмечать на рисунке высоту возможных столкновений мячей над землей не нужно. Ускорение свободного падения $g = 9,8\text{ м/с}^2$. (12 б.)

10. (КОНДЕНСАТОР) Плоскопараллельный конденсатор с квадратными пластинами площадью S и расстоянием между пластинами $d \ll \sqrt{S}$ заря-

дили до напряжения U_0 и затем отсоединили от батарейки. В конденсатор вводится квадратная проводящая пластина, также площадью S и толщиной $d/2$ так, что находится полностью внутри него. В ходе процесса пластина не соприкасается с пластинами конденсатора и остается параллельна им. Какую работу совершили при вводе пластины? Втянулась ли пластина сама или должны ли внешние силы были ее заталкивать? Предполагать, что поле внутри конденсатора остается однородным. Диэлектрическая проницаемость вакуума равна ϵ_0 . (12 б.)

Е1. (ЗВЕЗДА) Три резистора соединены «звездой» указанным на рисунке способом. Из узлов звезды выходят провода указанного на схеме цвета (kollane — желтый, rupunane — красный, roheline — зеленый), центр звезды покрыт изоляцией.



а) Предполагая, что вольтметр идеален, измерьте отношения сопротивлений резисторов R_K , R_R и R_P к наименьшему из них. (8 б.)

б) Оцените значения сопротивления резисторов, если известно, что сопротивление вольтметра равно 4500 Ом. (4 б.)

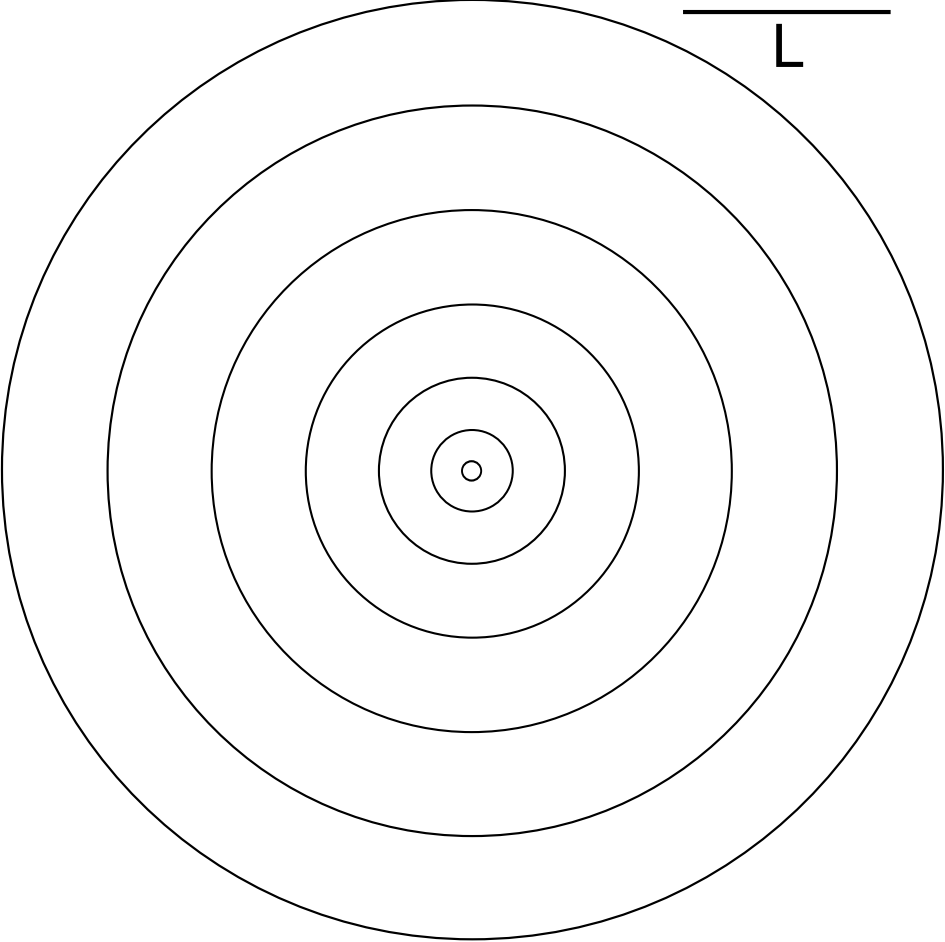
Оборудование: «звезда» из резисторов, батарейка, вольтметр. Оценивать погрешность измерения не нужно. (12 б.)

Е2. (МЯЧИК ДЛЯ ПИНГ-ПОНГА) Измерьте коэффициент трения покоя между мячиком для пинг-понга и линейкой. Оцените погрешность измерения. *Оборудование:* Мячик для пинг-понга, две деревянные линейки. (12 б.)

Можно решать все предложенные задачи. В зачет идут 5 теоретических и 1 экспериментальная задача, набравшие наибольшее количество баллов. При решении экспериментальной задачи можно пользоваться лишь указанным в задаче оборудованием. Время решения 5 часов.

Задачи и решения олимпиады по физике находятся в интернете по адресу <http://www.teaduskool.ut.ee/ejo>

Дополнительный лист к задаче «Пруд»



Дополнительный лист к задаче «Мяч»

