

67-я олимпиада по физике школьников Эстонии

9-е июня 2020 г. Заключительный тур.

Задачи гимназии (10 – 12 класс)

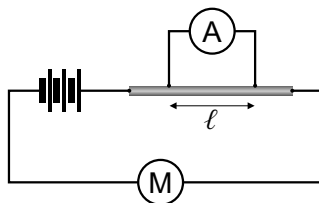
Просим решение каждой задачи писать на отдельном листе!

1. (СТЕКЛЯННЫЙ ШАР) Большой стеклянный шар диаметром D освещается фонариком, из которого выходит пучок световых лучей диаметром d . Каков должен быть показатель преломления стекла, чтобы направленный в центр шара пучок света собрался на поверхности шара? Предполагайте, что диаметр пучка значительно меньше диаметра шара ($d \ll D$) и что выходящий из фонарика пучок параллельный. (6 б.)

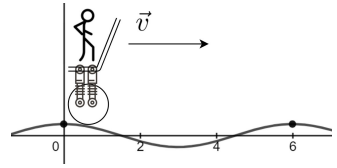
Подсказка: Для маленьких углов $\sin \alpha \approx \alpha$, если α в радианах.

2. (ШОКОЛАДНЫЕ СЫРКИ) Ричард купил шоколадные сырки, которые легли однородным слоем на дне магазинного пакета. Находясь в хорошем настроении, Ричард крутит пакетом, делая вертикальные круги. Вскоре он, однако, начинает беспокоиться из-за сырков. К счастью, выясняется, что они не выпали и не превратились в кашу. Покажите, что если Ричард не будет махать или крутить пакетом, то он сможет положить на дно пакета в два раза более толстый слой сырков, и ни один из них не превратится в кашу. Сырки можно считать жидкостью. Можно предполагать, что сырок превращается в кашу тогда, когда давление около него превосходит некое критическое значение. Когда Ричард делает пакетом вертикальные круги, угловая скорость его руки постоянна. Также предполагайте, что толщина слоя сырков намного меньше радиуса круга. (8 б.)

3. (ПУСКОВОЙ ТОК) Таавет решил измерить силу пускового тока машины. Он нашёл амперметр с измерительным диапазоном $I_0 = 1$ мА и внутренним сопротивлением $R_0 = 100$ Ом, а также медную трубку достаточной длины, внутренний диаметр которой был $d_1 = 6$ мм и внешний $d_2 = 8$ мм. Он подсоединил трубку последовательно к аккумулятору и стартеру машины (последний можно считать резистором), а амперметр параллельно медной трубке как изображено на схеме сбоку. Какова должна быть дистанция между контактами ℓ , чтобы максимальному показанию I_0 соответствовала сила измеряемого тока $I_1 = 500$ А? Удельное сопротивление меди $\rho = 1,68 \cdot 10^{-8}$ Ом · м. Сопротивлением проводов и контактов можно пренебречь. (8 б.)

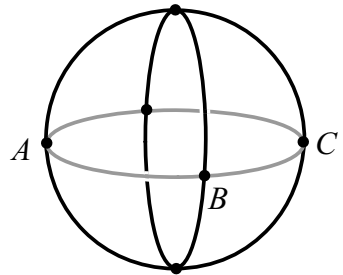


4. (ГИРОСКУТЕР) Ханнес, весящий $m = 75$ кг, едет на гироскутере по бугристой дороге с постоянной скоростью v . За профиль бугристой дороги (видом сбоку) можно взять косинусоидальную волну с амплитудой $A = 60$ мм и периодом $\Delta x = 6$ м. У гироскутера есть система амортизации, состоящая из $n = 2$ параллельно соединённых пружин с жёсткостью $k = 900$ Н/м. Найдите скорость v , при которой колебания Ханнеса наиболее значительны, то есть возникает резонанс. Весом гироскутера можно пренебречь. Скорость v – это скорость, которую бы показывал находящийся на гироскутере GPS навигатор, а не одометр, вычисляющий скорость из вращения колёс. (8 б.)



Подсказка: Если ускорение тела a и его расстояние до точки равновесия y связаны равенством $a = -\omega^2 y$, где ω - положительная константа, тело колеблется с периодом $\frac{2\pi}{\omega}$.

5. (ГЛОБУС) Сандра было скучно, и она нашла в ящике двоюродной тётки три куска проволоки. Она соединила их в круги одинакового радиуса и сделала из них для интереса глобус, как показано на рисунке. Кольца делили друг друга на четыре равные части, а в точках пересечения были узлы. Проволока имела равномерное линейное сопротивление. Сандра измерила сопротивления отдельных кусков проволоки омметром и получила $R_1 = 4$ Ом (серый круг на рисунке) и $R_2 = 8$ Ом (чёрные круги на рисунке). Каково было бы сопротивление, измеренное между:



а) клеммами A и C; (4 б.)

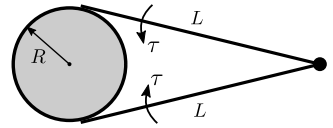
б) клеммами A и B. (6 б.)

(Всего 10 б.)

6. (УКЛОН) Олег бросает мяч на футбольное поле с краевой линии. Выясняется, что оттуда он может бросить мяч максимально до средней линии поля, которая находится на расстоянии L . Он хочет построить за краевой линией (вне поля) такой уклон, с любой точки которого он мог бы максимально добросить до средней линии поля. Каков должен быть профиль высоты уклона?

Можно предполагать, что максимальная скорость, с которой Олег бросает мяч, не зависит от направления броска. Сопротивлением воздуха можно пренебречь. Ответ можно дать в форме $y = f(x)$ или $x = g(y)$. (10 б.)

7. (ПАЛОЧКИ) Две палочки длиной L соединены концами подвижным соединением без трения. На гладком горизонтальном столе (без трения) стоит цилиндр радиусом R и массой m . На рисунке изображён вид сверху на цилиндр и палочки. Предполагаем, что палочки всегда держат горизонтально, как на рисунке. Ими сжимают цилиндр посередине так, что концы палочек находятся точно в точках касания. Массой палочек можно пренебречь. Также предполагаем, что центр масс цилиндра находится в середине соединяющего точки касания отрезка.

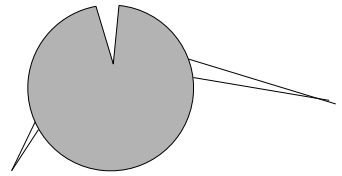


(а) Найдите наименьший коэффициент трения μ_{\min} между палочками и цилиндром, необходимый, чтобы цилиндр не выскользнул при сжатии его палочками. (5 б.)

(б) Пусть коэффициент трения между палочками и цилиндром $\mu > \mu_{\min}$. Найдите наименьший необходимый момент силы τ_{\min} , который необходимо применить к палочкам, чтобы при сжатии цилиндра палочками цилиндр можно было поднять со стола. Ускорение свободного падения Земли g . (7 б.)

(Всего 12 б.)

8. (ОПТИЧЕСКИЙ ПРИБОР) Внутри цилиндра с клинообразным вырезом расположены два параллельных друг другу зеркала, которые также параллельны оси цилиндра. Лучи света могут входить в цилиндр и выходить из него сквозь дырки в стенках цилиндра. Изнутри цилиндр полый и его стенки не отражают свет. На рисунке изображён вид сверху на цилиндр вместе с двумя лучами, входящими в цилиндр и выходящими из него после отражений. Реконструируйте положения зеркал и пути лучей (найдите как минимум одно возможное решение). Решение представьте на дополнительном листе. (12 б.)



9. (ВОЗДУШНЫЕ ШАРЫ) Каур решил провести эксперимент с двумя воздушными шарами в вакуумной камере. Изначально он соединил шары трубкой, в середине которой находится затвор. Держа затвор закрытым, он пустил в оба шара одинаковое количество воздуха. Так как шары были сделаны из разных материалов, они расширились по разному. Один после долгого времени расширился до радиуса r_1 , второй до радиуса r_2 , где $r_1 > r_2$. После этого он открыл затвор и позволил воздуху свободно двигаться из одного шара в другой. Каковы новые радиусы воздушных шаров, R_1 и R_2 , по прошествии большого количества времени? По прошествии этого времени температуры обоих шаров становятся равны внешней температуре (сквозь излучение чёрного тела). Предполагайте, что объём воздуха в трубке пренебрежимо мал по сравнению с объёмом в воздушных шарах и что воздушные шары принимают форму идеального шара. Оболочки шаров можно считать состоящими из гиперэластичных

материалов, которые подчиняются линейной эластической модели $\sigma = E\epsilon$, где σ - сила натяжения материала на единицу площади, E - модуль Юнга материала и $\epsilon = \Delta L/L_0$ - относительная деформация материала. Для воздушных шаров можно предполагать, что деформация намного больше, чем изначальная длина, т.е. $\Delta L \gg L_0$. Также предполагайте, что при расширении объём оболочек шаров остаётся таким же и что толщина оболочки пренебрежимо мала по сравнению с размерами шаров. (12 б.)

10. (КВАДРАТ) Сопротивлением между противоположными концами квадратной пластины с однородным удельным сопротивлением измеряется R , см рисунок (а). Каков был бы результат измерения сопротивления между серединами противоположных сторон того же квадрата, см рисунок (b)? В обоих случаях для подсоединения омметра используются такие же дискообразные электроды с пренебрежимо малым сопротивлением, которые прижимаются к пластине так, как показано на рисунке. (14 б.)



E1. (ОТНОШЕНИЕ МАСС) Найдите отношение масс грузов. Использовать принцип рычажных весов запрещено в любом исполнении.

Оборудование: нить, 2 груза (болт и дугообразный металлический груз), миллиметровая бумага, 2 зажима с присоской (для прикрепления на стол, под стол или к стенке стола), кольцо с бритвенным лезвием для разрезания нити. (14 б.)

E2. (ЧЁРНЫЙ ЯЩИК) Чёрный ящик содержит четыре резистора, которые подсоединены к четырём внешним контактам неизвестным способом. Контакты можно подсоединять к омметру и при необходимости замыкать между собой.

(а) Определите схему содержимого чёрного ящика (нарисуйте схему, обозначьте на ней цвета внешних контактов и обоснуйте схему основываясь на результатах измерения). (7 б.)

(б) Найдите значения сопротивлений всех резисторов. (7 б.)

Оборудование: чёрный ящик, у которого четыре внешних контакта (белый, зелёный, синий и красный), омметр. (Всего 14 б.)

Можно решать все задачи. В зачёт идут 5 задач с наибольшим количеством набранных баллов из теоретической части и 1 экспериментальная задача. Для решения экспериментальной задачи можно использовать только материалы, указанные в перечне. Оценка погрешности не требуется.

Время на решение – 5 часов.

Задачи физической олимпиады и решения находятся в интернете по адресу
<http://www.teaduskool.ut.ee/olumpiaadid/fuusikaolumpiaad>

<http://efo.fyysika.ee>

Подписывайтесь на нашу страницу Facebook www.facebook.com/fyysikaolympiaad

8. (ОПТИЧЕСКИЙ ПРИБОР - ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ЛИСТ)

