

**ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ПОКОРИ ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ!» ПО ФИЗИКЕ.  
2016/17 учебный год, МАТЕРИАЛЫ ЗАДАНИЙ**

**ЗАДАНИЯ ОТБОРОЧНОГО ЭТАПА.**

**10 и 11 классы.**

*Задания, возможные решения, ответы и критерии проверки.*

Задание отборочного этапа состояло из двух частей. В части I использовались индивидуальные варианты для каждого участника, составленные из сходных заданий одного уровня, при этом проверялись и оценивались только ответы участников. В части II использовались творческие задачи высокого уровня сложности, требующие нестандартных подходов к решению, и в этом случае проверялись и оценивались решения.

**Часть I : пример варианта.**

**Вопрос 1 (10 баллов):**

На горизонтальной поверхности лежит однородный кубик. Чтобы заставить его скользить по поверхности, надавив в горизонтальном направлении на центр его боковой грани (перпендикулярно этой грани), нужно приложить силу не менее 14 Н. На некотором расстоянии от него ставят второй однородный кубик. Масса этого кубика в 2 раза больше, чем у первого, а коэффициент трения о поверхность точно такой же. Обращенные друг к другу грани кубиков параллельны и перпендикулярны линии  $O_1O_2$ , соединяющей их центры. Между кубиками вставили невесомую пружину, ось которой совпадает с  $O_1O_2$ . Пружина изначально не деформирована (ее длина в точности равна расстоянию между кубиками). С какой минимальной постоянной силой нужно давить на центр боковой грани первого кубика в направлении второго (сжимая пружину), чтобы в результате этого воздействия второй кубик сдвинулся с места? Пружина не изгибается, кубики не отрываются от поверхности. Ответ запишите в Ньютонах, при необходимости округлив до целого значения.

**Ответ: 28.**

**Вопрос 2 (7 баллов):**

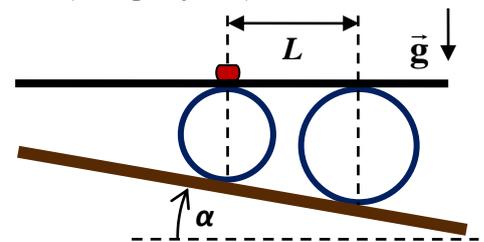
Два сосуда объемами  $V_1 = 6$  л и  $V_2 = 14$  л соединены небольшой узкой трубкой с вентилем. Первоначально вентиль закрыт, и в первом сосуде находится влажный воздух с относительной влажностью  $r_1 = 70\%$ , а во втором – с относительной влажностью  $r_2 = 50\%$ . Температура воздуха в обоих сосудах одинакова. Затем вентиль открывают. Какой будет относительная влажность воздуха после установления равновесия, если температура останется прежней? Ответ запишите в процентах.

**Вопрос 3 (8 баллов):**

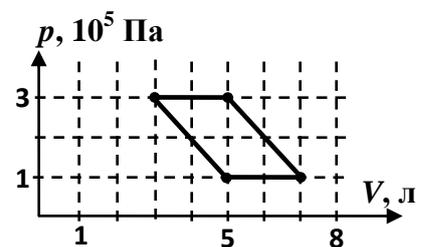
На рассеивающую линзу с фокусным расстоянием  $F = 12$  см падает сходящийся пучок света. Пройдя линзу, пучок сходится на оптической оси в главном фокусе линзы. На каком расстоянии от линзы соберется пучок, если рассеивающую линзу заменить собирающей с тем же по величине фокусным расстоянием? Ответ запишите в сантиметрах, при необходимости округлив до целого значения.

**Часть II (творческое задание). «ОПЫТЫ ПРОФЕССОРА ВАГНЕРА».**

1. («Горка профессора Вагнера») Однажды летом на своей даче профессор Вагнер соорудил горку. Наклон горки к горизонту был невелик (см. рисунок) –  $10^\circ$ , но скатываться с нее нужно было с помощью приспособления из двух цилиндрических тонкостенных труб и ровной тяжелой доски. Трубы устанавливались на наклонную плоскость горки так, что их оси были горизонтальны, и лежащая на них доска тоже была горизонтальной. На доске размещался груз, и затем систему отпускали без начальной скорости. В одном из случаев небольшой груз был размещен над осью меньшей по диаметру трубы. При этом расстояние по горизонтали до оси большей трубы равнялось  $L = 0,46$  м. Профессор измерил время от старта до того момента, когда груз оказался над осью большей трубы. Какой результат он получил (его секундомер отсчитывает время с точностью  $0,1$  с)? Масса одной из труб в  $k = 2$  раза, а другой – в  $n = 3$  раза превосходит массу доски. Ускорение свободного падения считать равным  $g \approx 9,8 \text{ м/с}^2$ . В процессе скатывания в пределах исследуемого интервала времени доска не отрывалась от труб и не скользила по ним, груз не скользил по доске, а трубы не скользили по горке. Трение качения не учитывать.



2. («Поиски холодильника») В одной из своих установок по изучению процессов образования топологически нетривиальных жидкокристаллических структур профессор Вагнер для плавного вращения резервуара использовал в качестве двигателя тепловую машину. Рабочим телом этой машины были несколько молей неона. Цикл рабочего тела показан на рисунке в координатах «давление-объем». Укажите участки цикла, на которых газ отдает тепло холодильнику, то есть определите координаты точек, которые являются началом и концом

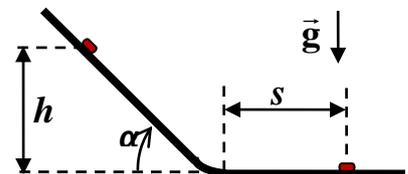


такого участка (или участков, если их несколько). Пренебрегая всеми потерями (кроме передачи тепла холодильнику), найдите КПД этой тепловой машины.

**Решение:**

3. («Электростатическая шкатулка») Как-то профессор Вагнер решил собрать оригинальную электростатическую шкатулку. Из гладких непроводящих «уголков» он изготовил каркас в форме правильного тетраэдра с длиной ребра  $a$ . «Уголки» не позволяли пластинам в форме правильных треугольников, вставленным на место граней тетраэдра, смещаться вдоль плоскости грани или внутрь тетраэдра, но совершенно не мешали им выскальзывать наружу. На каждую из четырех пластин был равномерно нанесен заряд  $q < 0$ , в центре тетраэдра профессор закрепил маленький непроводящий шарик с зарядом  $Q > 2|q|$ . Вагнер вложил пластины в грани каркаса. Затем он начал медленно закачивать внутрь тетраэдра воздух, повышая его давление. При какой разности давлений внутри и снаружи «шкатулка» рассыпалась? Электрическая постоянная  $\epsilon_0$ .

4. («На перегибе») В своих старых лабораторных журналах профессор Вагнер нашел отчет об одном из своих экспериментов. В этом эксперименте изучалось скатывание маленькой шайбы по однородному пластиковому профилю без начальной скорости. В журнале была таблица зависимости тормозного пути шайбы  $s$  на горизонтальном участке профиля от высоты точки старта  $h$  на наклонном участке, при некотором значении угла наклона  $\alpha$ . Кроме того, там также была зависимость  $s$  от угла наклона  $\alpha$  при  $h = 20$  см. Эти таблицы приведены ниже. На основании данных профессора определите:



- при каком значении  $\alpha$  проводилась серия опытов, результаты которой приведены в таблице 1.
- чему равен коэффициент трения шайбы о поверхность профиля (известно, что он одинаков для всех участков поверхности).

Каковы величины возможных ошибок Ваших результатов? Профессор вспомнил, что профиль на участке сопряжения наклонного и горизонтального участков всегда изгибался с одним и тем же радиусом кривизны, причем этот радиус был значительно больше размеров шайбы и – в большинстве опытов – заметно меньше  $h$ . Ускорение свободного падения считать равным  $g \approx 9,8 \text{ м/с}^2$ .

Таблица 1 (измерения проведены с точностью  $\pm 2$  мм):

$h$ , м	0,350	0,400	0,450	0,500	0,550	0,600	0,650	0,700	0,750	0,800
$s$ , м	0,148	0,171	0,194	0,217	0,240	0,262	0,285	0,308	0,331	0,354

Таблица 2 (измерения углов проведены с точностью  $\pm 1^\circ$ , измерения тормозного пути с точностью  $\pm 1$  мм):

$\alpha$ , °	30	40	50	60
$s$ , м	0,023	0,07	0,086	0,088