

69-я олимпиада по физике школьников Эстонии

9 апреля 2022 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.

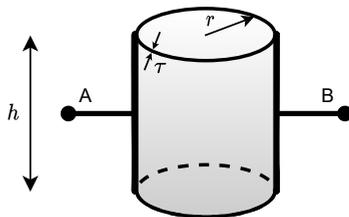
При решении экспериментальной задачи можно пользоваться лишь указанным в задаче оборудованием.

Оценка погрешности измерения не требуется.

1. (МЕТАНИЕ ДИСКА) Попутный ветер обычно помогает в спорте, но не в метании диска. Объясните качественно, почему встречный ветер может увеличить результат метания. Приведите рисунок с летающим диском, показанным в вертикальном сечении, показывающий направление полёта диска и направление ветра. На этом рисунке покажите диаграмму сил, действующих на диск во время полета, и опишите, как на них влияет встречный ветер. (6 б.)

2. (СНЕЖНАЯ ПЛОЩАДЬ) Маша опаздывает в школу и пытается рассчитать, как перебежать заснеженную площадь перед школой. Площадь имеет прямоугольную форму, в одном углу которой находится Маша, а на противоположном по диагонали углу находится дверь в школу. Параллельная зданию школы сторона площади имеет длину 100 м, а перпендикулярная сторона 50 м. Маша оценила, что по дорожке она бежит со скоростью 6 м/с, а по снегу на 20% медленнее. Сколько времени сможет сэкономить Маша, если она побежит по заснеженной площади по сравнению со случаем, если она побежит по расположенной вдоль площадки дорожке? (8 б.)

3. (ЦИЛИНДР) Удельное сопротивление тонкого цилиндра ρ , радиус r , высота h и толщина τ . Круглые днища цилиндра удалены, а на противоположных сторонах цилиндра материал цилиндра заменен тонкими проводящими клеммами длиной h и толщиной τ (рис. А и В). Найдите сопротивление между клеммами. (8 б.)



4. (ТРЕУГОЛЬНИК ИЗ ЛИНЗ) Куда надо поместить экран, чтобы на экране возникли два изображения источника света А? Фокусы трёх линз сов-

падают и находятся в точке F . Решите задачу на дополнительном листе. (8 б.)

5. (ВЕЛОСИПЕД) Двигатель электровелосипеда расположен на оси колеса и может развивать максимальный крутящий момент $M = 60$ Нм и максимальную полезную мощность $P = 500$ Вт (можно считать, что последняя не зависит от скорости). Колеса 26-дюймовые, то есть радиуса $r = 0,33$ м. Суммарная масса велосипеда и велосипедиста $m = 110$ кг. Силой трения в осях колёс пренебречь.

(а) На горку с каким максимальным углом подъёма всё-ещё возможно подняться только на электрической тяге?

(б) Какую максимальную скорость достигает этот велосипед при поднятии на горку с углом наклона $\alpha = 5^\circ$ при прошествии какого-то времени? (8 б.)

6. (ПНЕВМАТИЧЕСКАЯ ВИНТОВКА) В пневматической винтовке используется азот под давлением $p_1 = 34$ МПа для ускорения пули. Какова температура азота, оставшегося в стволе сразу после выстрела? До выстрела сжатый азот имел температуру $t_0 = 20^\circ\text{C}$; давление воздуха $p_0 = 100$ кПа. Молярная теплоемкость азота при постоянном объеме $c_V = \frac{5}{2}R$, а температура кипения $T_k = -196^\circ\text{C}$.

Подсказка: В более медленных, чем звук, процессах с газом без теплообмена действует так называемый закон адиабаты $pV^\gamma = \text{const}$, где показатель степени для азота $\gamma = 7/5$. (10 б.)

7. (ЗАТОПЛЕНИЕ) Уличная канализация устроена так, что в случае дождя дождевая вода сначала собирается в канаву под улицей, откуда вода отводится по ливневому трубопроводу. Однако из-за засорения ливневого трубопровода он может обеспечить отвод дождевой воды лишь на 50% от максимально возможной мощности. Однажды во время проливного дождя, через 6 минут после начала дождя, канава заполнилась, и вода попала на улицу. На графике (на отдельном листе) показана зависимость суммарного количества осадков h от времени t от начала проливного дождя.

После окончания ливневого дождя расчёты показали, что даже если бы ливневый трубопровод не засорился, это не спасло бы от паводка, и канава заполнилась бы через 9 минут после начала дождя.

Какой должна была быть минимальная пропускная способность канализации (л/мин на 1 м^2 поверхности), чтобы затопления не было? (10 б.)

8. (ВОДОЛЕЙ) Олег стоит на весах, в одной руке держит бутылку, в которой $m = 1$ кг воды, во второй достаточно большой сосуд, который располагается на $h = 1$ м ниже, чем бутылка. Он начинает выливать воду из бутылки в сосуд со скоростью $\dot{m} = 1$ кг/с. Нарисуйте график (вместе с числовой шкалой), показывающий как меняется показание весов от момента, пока вся вода ещё в бутылке до момента, когда вся вода окажется в сосуде. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с², а также можно считать, что вода движется из бутылки в сосуд без сопротивления воздуха. Сосуд такой широкий, что уровень воды в нём не меняется. Выполненные расчеты с объяснениями запишите на отдельный лист. (12 б.)

9. (СПУТНИК) Какую температуру приобретёт маленький абсолютно чёрный спутник, имеющий форму куба, который движется вокруг Земли по низкой орбите (высота от поверхности земли намного меньше, чем радиус Земли) и находится с ночной стороны?

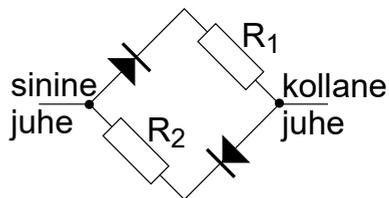
Подсказка: Землю можно считать, как бесконечную плоскость температуры $T_0 = 15$ °С, имеющую относительный коэффициент лучеиспускания $\epsilon = 0,6$, то есть её плотность излучения (Вт/м²) составляет 60% от излучения такого же абсолютно чёрного тела σT^4 , где σ обозначает постоянную Стефана — Больцмана. (12 б.)

10. (ПЛАСТИНКА) Маленькую металлическую незаряженную круглую пластинку радиуса r и толщины h поместили на расстоянии R от точечного заряда q , расположенного на оси пластинки. С какой силой F пластинка притягивается к заряду или отталкивается от него? Можете считать, что $h \ll r \ll R$, а так же, сила, создаваемая зарядами, индуцированными в центре и на краю пластины, пренебрежимо мала. (12 б.)

Е1. (ЧЁРНЫЙ ЯЩИК) Оборудование: чёрный ящик, из которого выходят синий и жёлтый провода, в котором находятся два диода и резисторы подключённые так, как показано на приведённой схеме; батарея; мультиметр; такой же диод, как в чёрном ящике, который подключён к резистору примерного сопротивления $R = 2,43 \text{ k}\Omega$. К свободным концам резистора и диода припаяны провода для облегчения соединения, а к разъёму между резистором и диодом можно присоединить провод или крокодил.

Найдите максимально точно значения сопротивлений резисторов R_1 и R_2 , находящихся в чёрном ящике.

Подсказка: ток через диод нелинейно зависит от приложенного напряжения, с пренебрежимо малым током при применении обратного напряжения (т.е. когда ток должен двигаться в направлении, противоположном стрелке).



ВВ! Не подсоединяйте диод напрямую к клеммам батареи — это разрушит диод или приведет к выгоранию батареи. (12 б.)

Е2. (ПИНГ-ПОНГ) Оборудование: два мячика для пинг-понга, к одному из которых через игольное отверстие прикреплена нить; деревянная линейка; пластиковая линейка.

Найдите коэффициент трения между шариком для пинг-понга и деревянной линейкой. (14 б.)

Задачи и решения олимпиады по физике находятся по адресу:
<https://www.teaduskool.ut.ee/olumpiaadid/fuusikaolumpiaad>
<https://efo.fyysika.ee>

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

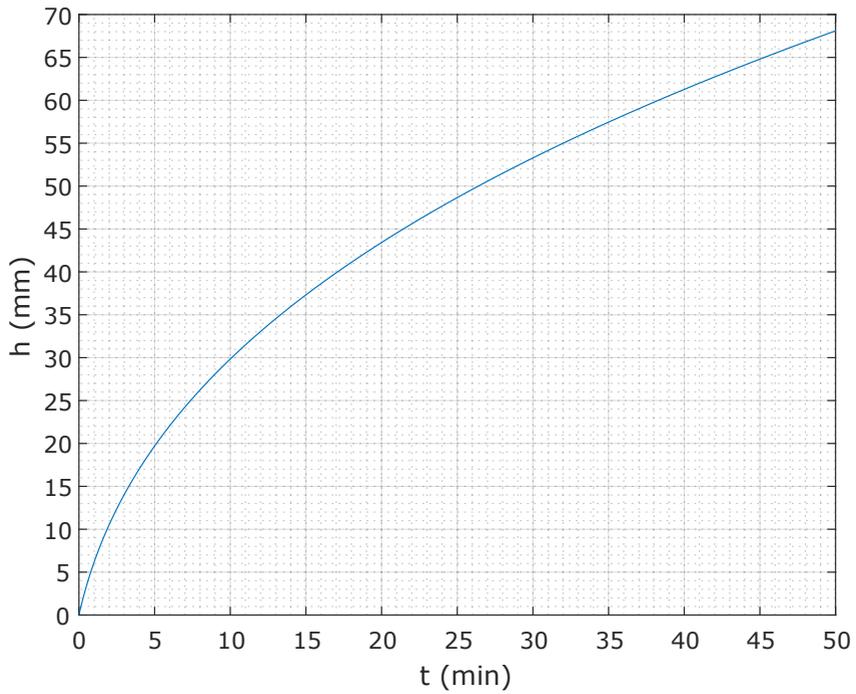
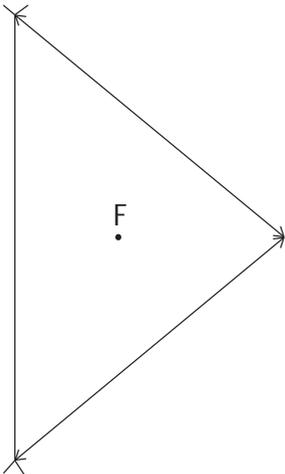


График задачи 7

4. (ТРЕУГОЛЬНИК ИЗ ЛИНЗ — ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ЛИСТ)

A



A

