# 69-я олимпиада по физике школьников Эстонии

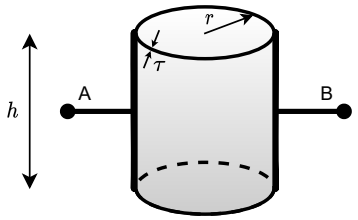
*9 апреля 2022 года. Заключительный тур*
*Задачи гимназии (10-12 классы)*

***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 $\rho$, радиус $r$, высота $h$ и толщина $\tau$. Круглые днища цилиндра удалены, а на противоположных сторонах цилиндра материал цилиндра заменен тонкими проводящими клемами длиной $h$ и толщиной $\tau$ (рис. A и B). Найдите сопротивление между клеммами. (*8 б.*)




**4.** (*ТРЕУГОЛЬНИК ИЗ ЛИНЗ*) Куда надо поместить экран, чтобы на экране возникли два изображения источника света $A$? 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.
(a) На горку с каким максимальным углом подъёма всё-ещё возможно подняться только на электрической тяге?
(b) Какую максимальную скорость достигает этот велосипед при поднятии на горку с углом наклона $\alpha = 5°$ 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 $t_0 = 20\,°\mathrm{C}$; давление воздуха $p_0 = 100\,\mathrm{kPa}$. Молярная теплоемкость азота при постоянном объеме $c_V = \frac{5}{2}R$, а температура кипения $T_k = -196\,°\mathrm{C}$.
*Подсказка:* В более медленных, чем звук, процессах с газом без теплообмена действует так называемый закон адиабаты $pV^\gamma = const$, где показатель степени для азота $\gamma = 7/5$. (*10 б.*)

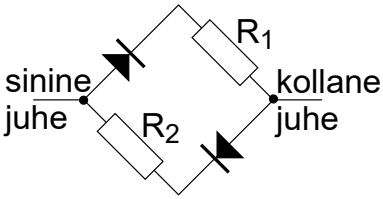
**7.** (*ЗАТОПЛЕНИЕ*) Уличная канализация устроена так, что в случае дождя дождевая вода сначала собирается в канаву под улицей, откуда вода отводится по ливневому трубопроводу. Однако из-за засорения ливневого трубопровода он может обеспечить отвод дождевой воды лишь на 50% от максимально возможной 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 рассчёты 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/с$^2$, 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 преобретёт маленький абсолютно чёрный спутник, имеющий форму куба, который двигается 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 $T_0 = 15\,°\mathrm{C}$, имеющую относительный коэффициент лучеиспускания $\epsilon = 0{,}6$, то есть её плотность излучения (Вт/м$^2$) составляет 60% от излучения такого же абсолютно чёрного тела $\sigma T^4$, где $\sigma$ 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.*)

**E1.** (*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 $R = 2{,}43\,\mathrm{k\Omega}$. К свободным концам резистора и диода припаяны провода для облегчения соединения, а к разъему 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 приложении обратного напряжения (т.е. когда ток должен двигаться в направлении, противоположном стрелке).

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

**E2.** (*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

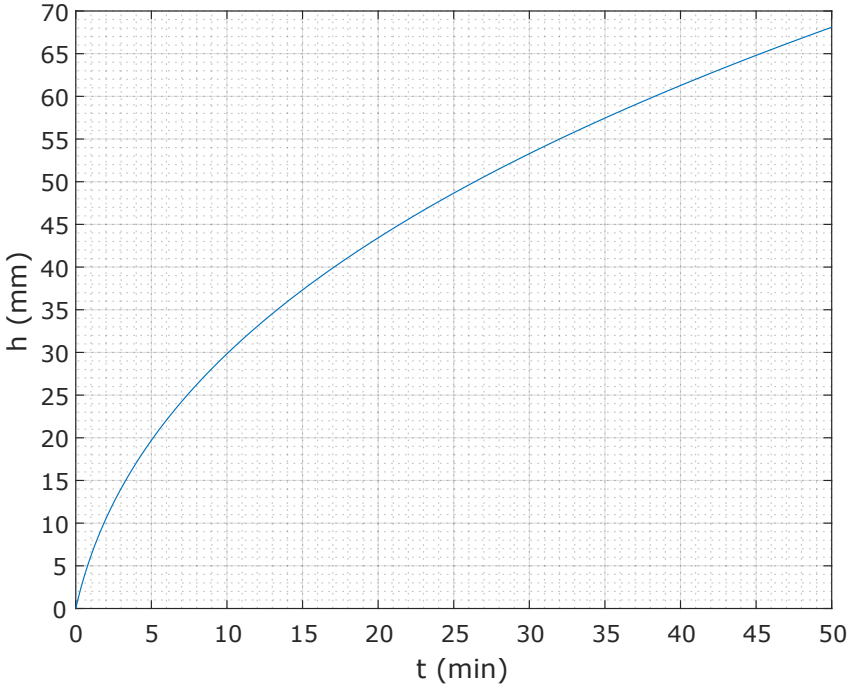
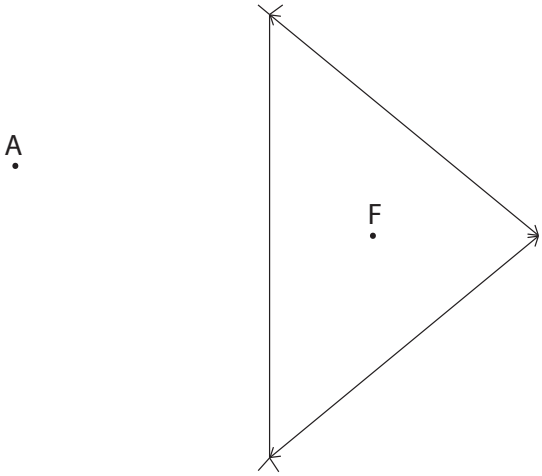
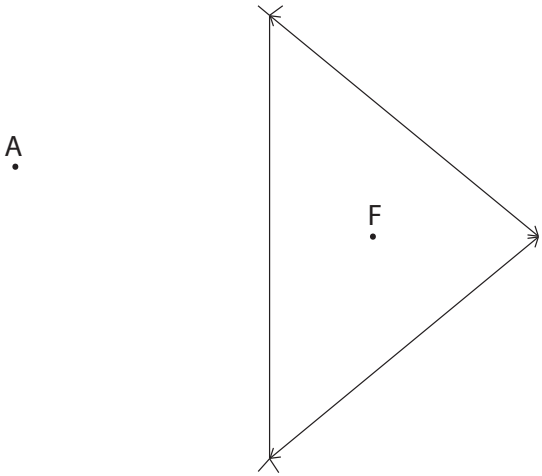



График задачи 7

**4.** (*ТРЕУГОЛЬНИК ИЗ ЛИНЗ — ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ЛИСТ*)