

69-я олимпиада по физике школьников Эстонии

9 апреля 2022 года. Заключительный тур

Задачи основной школы (8-9 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. (ХОЛОДНЫЙ ГВОЗДЬ) Железный гвоздь диаметром $d = 2$ мм достают из глубокой заморозки при температуре $T = -20^\circ\text{C}$ и бросают в ледяную воду при температуре $T_0 = 0^\circ\text{C}$. Какова толщина образующегося на гвозде слоя льда? Плотности железа и льда $\rho_r = 7.8 \text{ г/см}^3$ и $\rho_j = 0.9 \text{ г/см}^3$ соответственно; удельная теплота таяния льда $\lambda = 334 \text{ кДж/кг}$ и удельная теплоёмкость железа $c = 450 \text{ Дж / (кг }^\circ\text{C)}$. (8 б.)

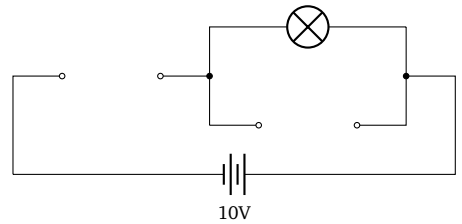
2. (ЦИЛИНДР С ГЕЛИЕМ) В демонстрации научного театра использовался перевёрнутый вверх дном аквариум для содержания водорода. В одном представлении в свободный полёт отпустили цилиндр с гелием так, что он добрался до открытого нижнего края аквариума и остался висеть у него в вертикальной позиции (дно вверх и вниз). Какова должна быть масса этого цилиндрического сосуда, если диаметр его дна $d = 20 \text{ см}$ и высота $H = 30 \text{ см}$, а в водород погрузилась $1/3$ цилиндра. Плотность водорода $\rho_{\text{H}_2} = 0,09 \text{ г/л}$, плотность гелия в цилиндре $\rho_{\text{He}} = 0,18 \text{ г/л}$ и плотность воздуха $\rho_0 = 1,2 \text{ г/л}$. Предполагаем, что аквариум заполнен водородом до нижнего края. (8 б.)

3. (ВЕЛОСИПЕДИСТ) Маленький Юра ехал на велосипеде в ветренную погоду и заметил, что если он применяет наибольшую мощность, то его скорость в разных направлениях разная. Если он едет по ветру в направлении севера, его максимальная скорость $v_1 = 12 \text{ м/с}$, против ветра в направлении юга - только $v_2 = 3 \text{ м/с}$. Какова скорость ветра? Предполагайте, что сопротивление воздуха пропорционально скорости относительно воздуха в квадрате, а трением осей колёс можно пренебречь. (8 б.)

4. (ГАЗОВЫЙ БОЙЛЕР) Найдите количество газа затрачиваемого в в газовом бойлере, чтобы при мытье рук тёплой водой температура воды в бойлере не менялась. Эффективность бойлера $\eta = 93\%$, топливная ценность газа $L = 45 \text{ МДж/кг}$, температура холодной воды $t_k = 20^\circ\text{C}$,

тёплой - $t_s = 40^\circ\text{C}$, теплоёмкость воды $c = 4200 \text{ Дж / (кг К)}$, плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$, количество воды, затрачиваемое при мытье рук, - $V = 50 \text{ мл/с}$. (8 б.)

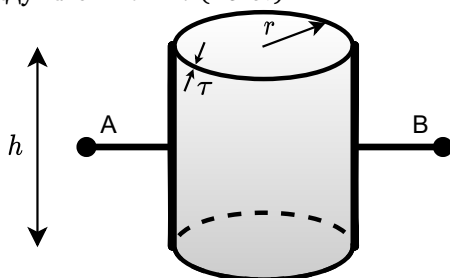
5. (3 ЛАМПЫ) У Жени три одинаковых электрических цепи, в каждом из которых два разрыва, куда можно подсоединить какое-либо количество резисторов (см. рисунок). Женя хочет заставить все три лампы одновременно гореть с номинальной мощностью 0,2 Вт и под номинальным напряжением 2 В. В распоряжении Жени шесть резисторов со значениями сопротивления 5 Ом, 6 Ом, 10 Ом, 20 Ом, 40 Ом и 80 Ом. Предложите способ подключить резисторы к электроцепи и покажите, что лампы горят с мощностью 0,2 Вт в найденных системах. Соединять цепи вместе нельзя. Каждый резистор можно использовать только один раз ровно в одной из трёх электроцепей. (10 б.)



6. (БЛОК СЕНА) У Сени имеется блок сена формой параллелепипеда со сторонами $a = 1 \text{ м}$, $b = 1.4 \text{ м}$, $c = 2 \text{ м}$. Сеня хочет переместить блок на другую сторону сенокоса. Так как волочить блок так далеко кажется Сене слишком тяжёлым, он решает блок "катить" то есть передвигать блок раз за разом вращая его с грани на грань вокруг какой-либо оси. Какую из трёх возможных осей должен выбрать Сеня, чтобы в итоге затратить на передвижение блока как можно меньше энергии? Можно предполагать, что блок сена равномерно плотен, и Сеня вращает его медленно. (10 б.)

7. (ТРЕУГОЛЬНИК ИЗ ЛИНЗ) Куда надо поместить экран, чтобы на экране возникли два изображения источника света A ? Фокусы трёх линз совпадают и находятся в точке F . Решите задачу на дополнительном листе. (10 б.)

8. (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. (10 б.)

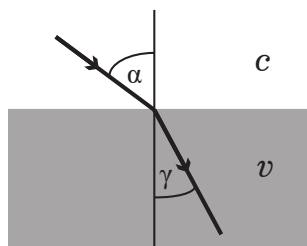


9. (ЛАЗЕРНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ РАССТОЯНИЯ) Костя использует для нахождения глубины бассейна лазерный измеритель расстояния. Измеритель вычисляет расстояние объекта, измеряя время, которое необходимо для отражения лазерного луча обратно от объекта, и калиброван для использования в воздухе. Можно считать, что луч лазера отражается от дна бассейна в обратном направлении. Костя держит прибор под углом $\beta = 30^\circ$ относительно горизонтали и на высоте $H = 1,5$ м над поверхностью воды. Какова глубина бассейна, если показание прибора $s = 5,96$ м, а показатель преломления воды $n = 1,3$? Отражение от поверхности воды не учитывать.

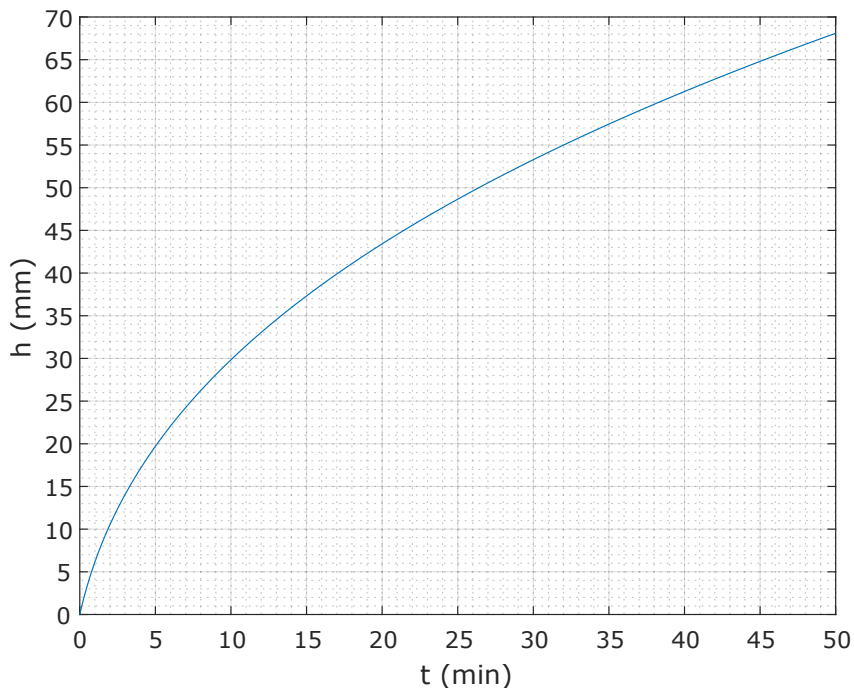
Подсказка. При переходе из вакуума/воздуха в оптически более плотную среду выполняется закон преломления

$$n = \frac{c}{v} = \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma},$$

где n — показатель преломления среды, c — скорость света в воздухе/вакууме, v — скорость света в другой среде, α и γ — углы падения и преломления (см. рисунок). (10 б.)



10. (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 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.

(a) Найдите пропускную способность канализации (л/мин на 1 м^2 поверхности), когда трубопровод не засорён.

(b) Какой должна была быть минимальная пропускная способность канализации, чтобы затопления не было?

(12 б.)

E1. (ВОГНУТАЯ ЛИНЗА) Найдите фокусное расстояние и радиус кривизны вогнутой линзы.

Оборудование: Вогнутая линза, миллиметровая бумага (A4), лазерная указка. (12 б.)

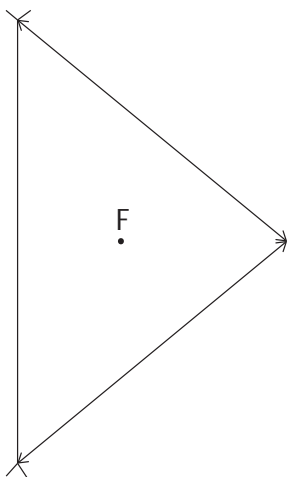
E2. (ПЛОТНОСТЬ ТЕЛА) Определите плотность неизвестного тела.

Оборудование: Неизвестное тело, нить, весы (точность $\pm 0,1 \text{ г}$), пластиковый стаканчик с водой (200 мл).

NB! Использование линейки не разрешается. (12 б.)

7. (ТРЕУГОЛЬНИК ИЗ ЛИНЗ — ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ЛИСТ)

A



A

