

XXXII открытое соревнование по физике школьников Эстонии

20 ноября 2021 года. Задачи старшей группы (11-12 класс)

Просим решение каждой задачи писать на отдельном листе.

Время решения 5 часов.

Каждый участник может решать все предложенные задачи.

В зачёт идут 6 решений, набравших наибольшее количество баллов.

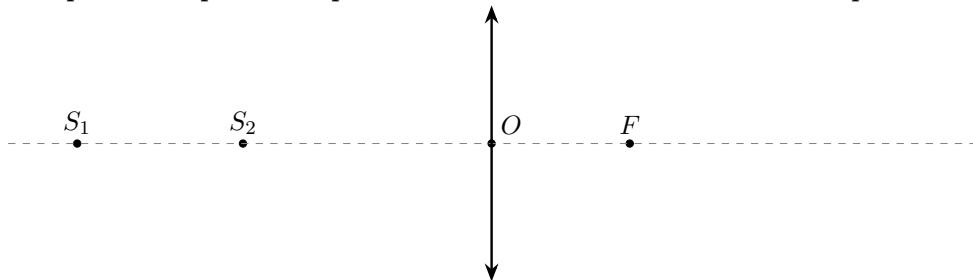
Можно использовать только принадлежности для письма и черчения, а также калькулятор.

Прочие вспомогательные инструменты запрещены.

1. (ВОЛЕЙБОЛЬНЫЙ МЯЧ) Давление внутри мяча для пляжного волейбола (показание манометра) должно быть в промежутке между $p_- = 17,5$ кПа и $p_+ = 22,5$ кПа. Мяч надувают при нормальных условиях (при температуре $t_0 = 20^\circ\text{C}$ и атмосферном давлении $p_a = 101,325$ кПа) до давления $p_0 = 17,5$ кПа и кладут на песок, где он нагревается до температуры $t_1 = 80^\circ\text{C}$. Какое давление образуется внутри мяча? (6 р.)

2. (БЛОК) На идеальный блок подвешены два груза с массами m и $M = 3m$. Меньший груз находится на полу, больший груз держат на высоте H так, что соединяющая грузы нить находится под натяжением. Когда отпускают больший груз, система начинает свободно двигаться под действием силы тяжести. На какую максимальную высоту h_{\max} поднимется меньший груз в процессе движения? Ускорение свободного падения g , а нить достаточно длинная, что меньший груз не достанет до блока. (6 р.)

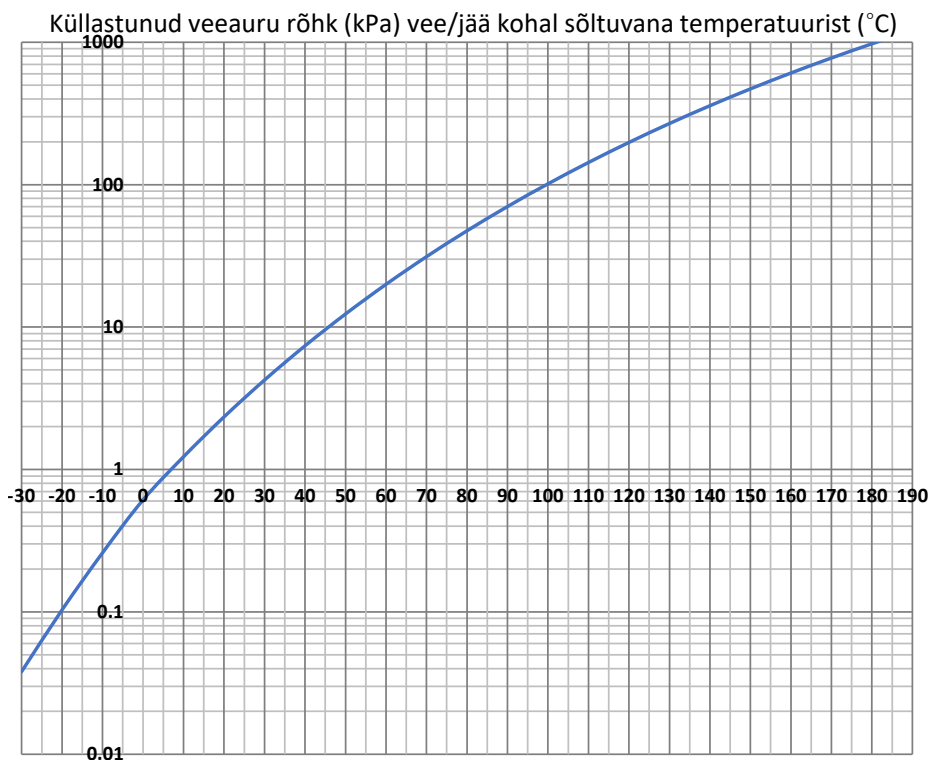
3. (ВЫПУКЛОЕ ЗЕРКАЛО) На рисунке изображена собирающая линза, её главная оптическая ось и один из фокусов. Также известно, что где-то в оптической схеме есть выпуклое зеркало. Если поместить точечный источник света в точку S_1 или S_2 , то возникшие изображения совпадут с источником света. Найдите положение выпуклого зеркала при помощи построений. Приведите решение на дополнительном листе. (8 р.)



4. (СУХОЙ ВОЗДУХ) Зимой излишняя сухость может вызвать проблемы в помещении: относительная влажность меньше 20% плохо влияет на кожу и слизистую оболочку человека. Предполагайте, что наружный воздух попадает в комнату через вентиляцию, и воздух в комнате почти полностью заменяется наружным воздухом за час, и что температура воздуха в комнате поддерживается на уровне 20 °C. При какой температуре наружного воздуха в комнате устанавливается относительная влажность меньше 20%, если относительная влажность снаружи 80%? Зависимость давления насыщенного пара от температуры приведена на графике.

Примечание: относительной влажностью воздуха называется отношение парциального давления водяного пара при данной температуре к давлению насыщенного пара. (8 р.)

Зависимость давления насыщенного пара (кПа) над водой/льдом от температуры (°C)



5. (СОЛЁНАЯ ВОДА) Цилиндрический сосуд заполнен до уровня $H = 20$ см солёной водой, плотность которой $\rho_s = 1,25$ г/см³. В цилиндр бросают ледяные кубики из пресной воды в таком количестве, что уровень жидкости в сосуде поднимается на $h = 10$ см. На сколько (и в каком направлении) изменится уровень жидкости в цилиндре, когда весь лёд растает и пресная вода смешается с солёной водой? Плотность пресной воды $\rho_v = 1,00$ г/см³, а плотность льда $\rho_j = 0,90$ г/см³. Считайте, что процентуальная разность плотностей солёной и пресной воды равна процентному содержанию соли в солёной воде.

Примечание: не обязательно все данные должны понадобиться. (8 р.)

6. (БРОСОК В ДЛИНУ) Под каким углом надо кинуть мяч на наклонной плоскости с постоянным наклоном α , чтобы при фиксированной начальной скорости мяч долетел как можно дальше? (10 р.)

7. (ГАНТЕЛЯ) Два маленьких шарика, оба с массами m , соединены лёгким жёстким стержнем, длина которого l ; назовём эту систему гантели. Один шарик несёт заряд q , а другой не заряжен. Изначально гантеля горизонтальна и неподвижна, и находится в вертикальном электрическом поле напряженностью E ; силы тяжести нет. Какова максимальная угловая скорость ω оси гантели в процессе дальнейшего движения? (10 р.)

8. (ЭФФЕКТ ОБЕРТА) Космический корабль обращается вокруг планеты, изначально по круговой орбите с радиусом $r_0 = 70\,000$ км. Линейная скорость корабля $v_0 = 3$ км/с. За короткое время кораблю сообщают маленькое изменение скорости $\Delta v = 1$ км/с в противоположную движению сторону, в результате чего космический корабль теперь движется по эллиптической орбите. Когда корабль находится в самой ближней точке своей орбиты, ему сообщают в течении короткого времени изменение скорости $\Delta v = 1$ км/с в направлении его движения.

а) Каково среднее расстояние между планетой и кораблём во время второго манёвра?

б) Какова линейная скорость корабля v_2 , когда он снова находится на расстоянии r_0 от планеты после второго манёвра?

Подсказка: Выражение гравитационной потенциальной энергии $E_{\text{пот}} = -\frac{GMm}{r}$, где G - гравитационная постоянная, M - масса планеты, m - масса космического корабля и r - расстояние от центра планеты до корабля. Также для орбит действует закон сохранения момента импульса $L = mv_{\perp}r$, где v_{\perp} - тангенциальная (перпендикулярная радиус-вектору) компонента скорости. (10 р.)

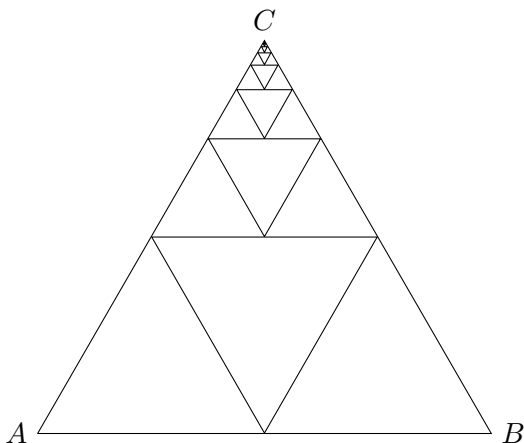
9. (ТОРМОЗЯЩИЙ ВЕЛОСИПЕД) Велосипедист заметил, что если он зажмёт передние тормоза до упора на скользкой поверхности, то переднее колесо перестанет вращаться, и велосипед будет скользить с ускорением $-a_1$. Заднее колесо останется на земле (и будет вращаться дальше). Если он затем зажмёт задние тормоза до упора, то заднее колесо перестанет вращаться, а велосипед будет дальше скользить с ускорением $-a_2$.

Высота центра масс системы велосипед-велосипедист находится на высоте h , и его горизонтальное расстояние от центра обоих колёс ℓ . Коэффициент трения как передних, так и задних колёс с землей μ . Можете предполагать, что масса обоих колёс по сравнению с массой системы ничтожная.

а) Найдите какому неравенству должно соответствовать μ , чтобы при зажатии передних тормозов заднее колесо не отрывалось от земли.

б) Найдите отношение $\frac{a_1}{a_2}$. (12 р.)

10. (ТРЕУГОЛЬНИК) Из проволоки сделан треугольник, внутри которого ещё бесконечно много равносторонних треугольников, сделанных из той же проволоки (см. рисунок). Сопротивление длины проволоки таково, что сопротивление одной стороны треугольника ABC равно R . Найдите сопротивление между двумя точками A и B треугольника ABC . (12 р.)



Задачи и решения олимпиады по физике находятся по адресу:

<https://www.teaduskool.ut.ee/et/ainevoistlused/fuusika-lahtine>

<http://efo.fyysika.ee>

Присоединяйтесь к нашей страничке в Facebook:

<https://www.facebook.com/fyysikaolympiaad>

3. (ВЫПУКЛОЕ ЗЕРКАЛО – ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ЛИСТ)

