



80-я Московская олимпиада школьников по физике
2019 год
10 класс, второй тур



Условия задач, ответы, критерии оценивания

1. Лягушки на стенах и потолке (8 баллов), Бычков А. И.

Некоторые виды лягушек способны ползать по стенам и потолку при помощи специальных присосок на лапках. Эти присоски обеспечивают силу «прилипания» F , перпендикулярную поверхности. Пусть такая лягушка массой $m = 5$ г может обеспечить силу «прилипания» не больше F_0 . Чему должно быть равно значение F_0 , чтобы при любом угле наклона стенки лягушка могла бы располагаться на ней неподвижно, если коэффициент трения лап о стенку равен $\mu = 0,5$?

2. В момент срыва (10 баллов), Бычков А. И., Крюков П. А.

При восхождениях на скальные стены один конец веревки привязывается к страховочной системе, которую надевает на себя идущий первым альпинист (лидер), оставшаяся часть верёвки находится у страхующего. В процессе подъёма лидер «прощёлкивает» тянущуюся за ним верёвку через карабины (металлические кольца с защёлкой), прикрепленные к стене в точках страховки (т. B на рис. 1). В случае срыва лидера страхующий, располагающийся в т. A (на рисунке не изображён), блокирует верёвку с помощью страховочного устройства. Фактором рывка r называется отношение глубины свободного падения лидера (пока верёвка не начнёт растягиваться) к длине верёвки между страхующим и лидером на момент срыва, например, $r = \frac{2h}{H+h}$ для схемы на рис. 1. Пусть между лидером и страхующим одна точка страховки (как на рис. 1), или вообще нет точек страховки ($H = 0$). Расположение лидера и точки страховки может быть любым, но величина $h + H$ должна быть меньше длины верёвки (≈ 50 м). Альпинисты находятся высоко над землёй, так что лидер при срыве может упасть ниже страхующего. Трением между верёвкой и карабином пренебрегаем.

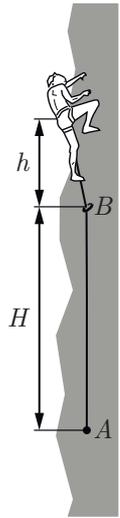


Рис. 1

1) Найдите максимальное и минимальное возможное значение фактора рывка r .

2) Относительное растяжение некоторой верёвки, на которую подвешен груз массой $m = 80$ кг составляет 5%. Считая, что данная верёвка подчиняется закону Гука, определите максимально возможное относительное растяжение верёвки при срыве альпиниста массой m .

3) На самом деле при больших растяжениях верёвка не подчиняется закону Гука. При модельном срыве в лаборатории груза массой m с фактором $r_1 = 1,5$ максимальное относительное растяжение составило 40%. Пусть $W_{\text{эксп}}$ — максимальная энергия деформации верёвки, рассчитанная на основе теста, а $W_{\text{теор}}$ — энергия деформации, рассчитанная на основе закона Гука при том же относительном растяжении. Какая энергия больше и во сколько раз?

3. Стабилизатор на термисторе (10 баллов), Резников З. М.

Идеализированная зависимость напряжения от силы тока для нелинейного элемента Z схематично показана на рис. 2. На основе этого элемента и резисторов R_1 и r по схеме, показанной на рис. 3, может быть собрано устройство (*стабилизатор напряжения*), обеспечивающее неизменное напряжение U_0 на нагрузке (резистор $R = 300$ Ом), при различных значениях напряжения на входе (между точками A и B). При этом напряжение U_{AB} должно лежать в некотором диапазоне напряжений $U_1 - \Delta U \leq U_{AB} \leq U_1 + \Delta U$, в противном случае устройство перестаёт выполнять свою функцию стабилизации напряжения.

1) Чему равны напряжение U_0 и сопротивление резистора r в данной схеме?

2) Найдите сопротивление резистора R_1 , при котором полуширина диапазона входных напряжений ΔU будет максимально возможной при напряжении середины диапазона, равном $U_1 = 6$ В.

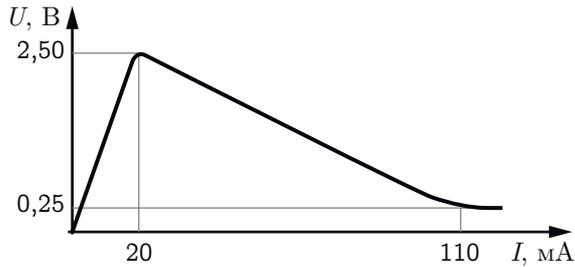


Рис. 2

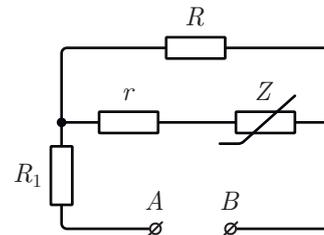


Рис. 3

4. Двигатель Стирлинга (10 баллов), Козляков В. В., Соколовский Р. И.

В задаче рассматривается термодинамическая модель двигателя Стирлинга, схематично изображенного на рис. 4. Поршни 3 совершают возвратно-поступательное движение, преобразующееся во вращательное движение с помощью кривошипно-шатунных передач. Рабочий цилиндр 1 нагревают горелкой. В рамках модели считается, что его температура поддерживается постоянной (обозначим её T). На вытеснительном цилиндре 2 закреплён радиатор 7 для улучшения теплообмена, температура в цилиндре считается равной комнатной температуре T_0 . Рабочее тело 4 (воздух) перекачивается из рабочего цилиндра в вытеснительный и обратно по трубке 5. Устройство 6 — это специальный теплообменник. При перетекании воздуха из рабочего цилиндра в вытеснительный в этом теплообменнике аккумулируется количество теплоты, неизрасходованное рабочим телом на совершение работы в рабочем цилиндре. Затем эта теплота полностью возвращается воздуху при его обратном течении из вытеснительного цилиндра в рабочий. Поэтому можно считать, что всё количество теплоты, полученное рабочим телом от нагревателя, расходуется на совершение работы в рабочем цилиндре. Максимальный объём воздуха в рабочем цилиндре обозначим V_{01} , а в вытеснительном — V_{02} . Объёмом трубки можно пренебречь.

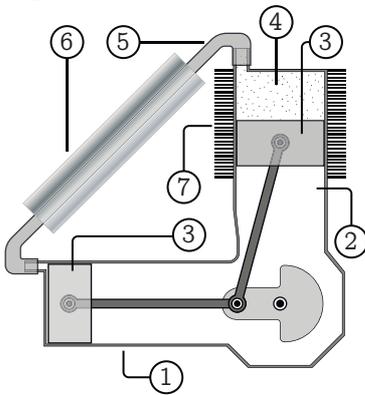


Рис. 4

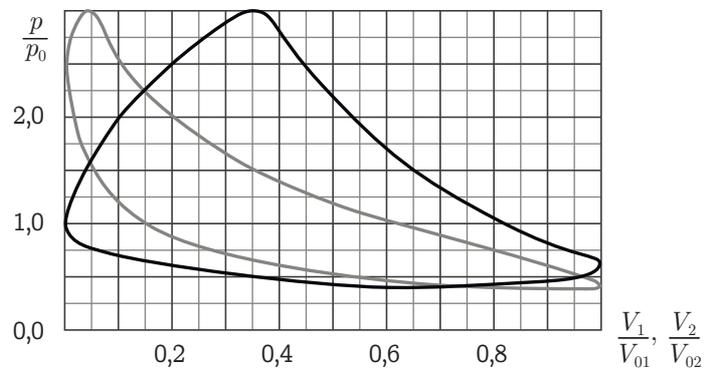


Рис. 5

В результате компьютерных расчётов были получены диаграммы зависимости относительного давления от относительного объёма: для рабочего цилиндра — чёрная линия, для вытеснительного — серая линия. При этом цикл для рабочего цилиндра обходится по часовой стрелке, а для вытеснительного — против часовой, $V_{02} = 1,25 \cdot V_{01}$.

- 1) Определите числовое значение отношения температур T и T_0 .
- 2) Какая часть общей массы воздуха находится в рабочем цилиндре при давлении $3p_0$?
- 3) Найдите значение КПД двигателя в рамках данной модели.

5. Зеркальная комната (10 баллов), Бычков А. И., Крюков П. А.

На рис. 6 (вид сверху) чёрными линиями показаны зеркала (стены комнаты), по краям которых стоят колонны (обозначены римскими цифрами). Точка S — положение наблюдателя. Арабскими цифрами обозначены некоторые теоретически возможные изображения колонн в зеркалах. Укажите номера изображений, которые может видеть наблюдатель. Для каждого выбранного вами изображения назовите колонну, являющуюся его источником. Объясните ваш ответ. Для построений используйте сетку на листе 3.

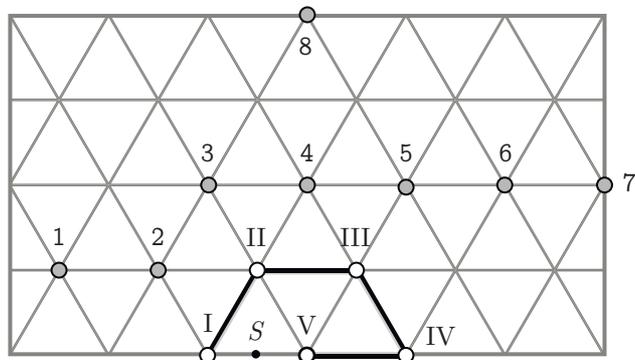


Рис. 6