

### Задача 1

В далёком космосе оказался школьный динамометр, корпус которого имеет массу  $M = 20$  г, а пружина имеет массу  $m = 10$  г. За крючок, укрепленный на корпусе, тянут с силой  $F_1 = 5$  Н, направленной вдоль оси пружины, а за крючок, находящийся на свободном конце пружины, тянут с силой  $F_2 = 2$  Н, направленной в сторону, противоположную силе  $F_1$ . Что будет «показывать» динамометр, то есть напротив какого деления на шкале остановится индикаторная стрелка?

**Ответ:**  $F = F_2 + \frac{m(F_1 - F_2)}{2(M + m)} = \frac{m(F_1 + F_2) + 2MF_2}{2(M + m)} = 2,5$  Н.

#### Критерии

Получена и обоснована формула  $\Delta x = (F_1 + F_2)/(2k)$ , связывающая удлинение пружины с модулями сил, приложенных к ее концам – 2 балла.

Найдено ускорение пружины – 1 балл.

Найдена сила, действующая со стороны корпуса динамометра на конец пружины, прикрепленный к корпусу – 2 балла.

Получен правильный ответ (формула и число) – 1 балл.

Всего: 6 баллов

### Задача 2

На гладкой горизонтальной поверхности находится жесткий клин массой  $M$ , причем его гладкая наклонная поверхность составляет угол  $\alpha$  с горизонтом. На этот клин налетает жесткий шарик массой  $m$ , у которого за мгновение до столкновения с наклонной поверхностью клина скорость была горизонтальной. Происходит абсолютно упругий удар. При каком отношении  $m/M$  шарик после удара будет двигаться в вертикальном направлении?

**Ответ:**  $m/M = 1 - \text{ctg}^2\alpha$ .

#### Критерии

Правильно записан закон сохранения механической энергии – 1 балл.

Правильно записан закон сохранения горизонтальной проекции импульса – 1 балл.

Правильно записан закон сохранения проекции импульса шарика на наклонную плоскость – 2 балла.

Решена система уравнений и получен правильный ответ – 2 балла.

Всего: 6 баллов

### Задача 3

Школьник Коля налил в тарелку холодную окрошку, имеющую температуру  $t_{\text{окр}} = 10$  °С. Масса окрошки в тарелке равна  $m = 300$  г, а её удельная теплоёмкость равна удельной теплоёмкости воды  $c_{\text{в}} = 4200$  Дж/(кг·°С). Коля добавил в окрошку горячую картошку, которая имела температуру  $t_{\text{карт}} = 80$  °С. Полная теплоёмкость добавленной картошки равна  $C = 450$  Дж/°С. После установления теплового равновесия температура картошки и окрошки оказалась равной  $t = 22$  °С. В какую сторону было передано больше теплоты при теплообмене с окружающей средой: от содержимого тарелки в среду или наоборот, и на сколько больше?

**Ответ:** больше теплоты было передано от содержимого тарелки в окружающую среду на величину  $Q = C(t_{\text{карт}} - t) - mc_{\text{в}}(t - t_{\text{окр}}) = 10980$  Дж.

#### Критерии

Найдено количество теплоты, полученное окрошкой при нагревании – 2 балла.

Найдено количество теплоты, отданное картошкой при охлаждении – 2 балла.

Найдено количество теплоты, ушедшей от содержимого тарелки в окружающую среду (формула и число) – 1 балл.

Правильно определено, в какую сторону было передано больше теплоты при теплообмене с окружающей средой – 1 балл.

Всего: 6 баллов

### Задача 4

В интернете сейчас можно легко найти видеозаписи различных физических опытов, в частности, такого:

Группа студентов напускает в большое корыто до краев какой-то тяжелый газ из баллона, а потом кладет на поверхность этого газа в корыте модель корабля, согнутую из алюминиевой фольги, и этот «корабль» плавает, как настоящий «летучий голландец»! Потом студенты зачерпывают ковшиком газ из корыта, переливают его внутрь «корабля», и он тонет.

Найдите, какой минимальной молярной массой  $M$  должен обладать этот тяжелый газ, чтобы в нем мог плавать «корабль» в форме прямоугольного параллелепипеда (с открытым верхом), согнутый из бытовой алюминиевой фольги толщиной  $h = 25$  мкм. Размеры «корабля»: длина  $a = 50$  см, ширина  $b = 20$  см, высота бортов  $c = 10$  см. Считать, что лишние куски, образовавшиеся при сгибании параллелепипеда из листа фольги, удалены. Плотность алюминия  $\rho_{\text{Al}} = 2,7$  г/см<sup>3</sup>, плотность воздуха при данных условиях равна  $\rho_{\text{в}} = 1,3$  кг/м<sup>3</sup>, средняя молярная масса воздуха  $M_{\text{в}} = 29$  г/моль.

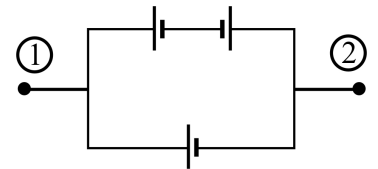
**Ответ:** молярная масса тяжелого газа  $M \geq \frac{([2(a+b)c + ab]h\rho_{\text{Al}} + abc\rho_{\text{в}})M_{\text{в}}}{abc\rho_{\text{в}}} \approx 65$  г/моль.

### Критерии

- Правильно найдена масса «корабля» – 1 балл.
- Правильно найдена масса воздуха (или общая масса «корабля» с воздухом в нем) – 1 балл.
- Записано условие плавания «корабля» – 1 балл.
- Применено уравнение Клапейрона–Менделеева для плотностей воздуха и тяжелого газа – 1 балл.
- Получен правильный ответ в общем виде – 1 балл.
- Получен правильный численный ответ – 1 балл.
- Всего: 6 баллов.

### Задача 5

Из трех одинаковых батареек собрали цепь, схема которой изображена на рисунке. Что покажет вольтметр, подключенный к выводам 1 и 2? ЭДС каждой из батареек равна  $\mathcal{E}$ .



**Ответ:** показание вольтметра  $V = 2\mathcal{E}/3$ .

### Критерии

- Правильно нарисована эквивалентная схема (или указано, что две батарейки, включенные навстречу друг другу, можно заменить резистором, сопротивление которого равно удвоенному значению внутреннего сопротивления батарейки) – 2 балла.
- Правильно найдена сила тока в цепи – 2 балла.
- Правильно найдено показание вольтметра – 2 балла.
- Всего: 6 баллов.