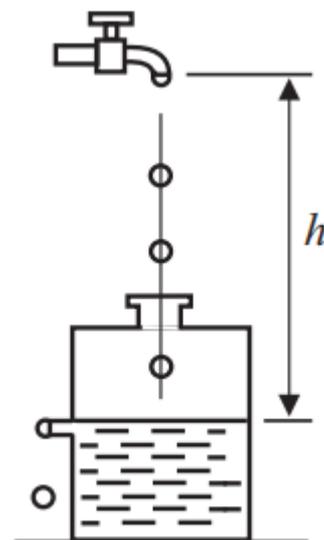


### Задача 1. «Капельный» нагрев.

В стоящий на столе калориметр налита вода комнатной температуры  $t_0$ . С большой высоты  $h$  в калориметр падают одинаковые капли воды той же температуры  $t_0$ . На уровне поверхности воды в калориметре имеется небольшое отверстие, через которое вытекает лишняя вода. Какая температура установится в калориметре спустя большое время после начала падения капель? Удельная теплоемкость воды равна  $c$ , ускорение свободного падения капель равно  $g$ .



Теплоемкостью калориметра, отдачей тепла от его стенок и испарением воды можно пренебречь.

**Решение.** При падении капли массы  $m$  в калориметр сила тяжести совершает работу  $mgh$ , которая превращается в теплоту. Эта теплота идет на нагревание капли:  $mgh = cm\Delta t$ , где  $\Delta t$  — изменение температуры капли.

По прошествии большого времени, когда весь начальный запас воды с температурой  $t_0$  вытечет из калориметра, в нем установится температура

$$t = t_0 + \frac{gh}{cm}.$$

Ответ:  $t = t_0 + \frac{gh}{cm}$

#### Критерии оценивания

1. Найдена работа силы тяжести	2
2. Утверждение, что работа силы тяжести переходит в тепло	2
3. Правильно записана формула количества теплоты при нагревании	1
4. Найдено изменение температуры капли	2
5. Найдена температура	3

## Задача 2. Вращающийся груз.

На нити подвешен груз массой 100 г. Пуля массой 5 г, летящая горизонтально, абсолютно упруго ударяется о груз. С какой минимальной скоростью должна лететь пуля, если после удара груз начал вращаться вокруг точки подвеса. Длина нити 50 см.

**Решение.** Пусть  $v$  искомая скорость пули, а скорости  $v_1$  и  $u$  скорости, которые приобретают пуля и шар после абсолютно упругого удара соответственно. Так как в этом случае справедливы закон сохранения импульса и закон сохранения энергии, то, полагая, что пуля после соударения летит назад, имеем систему уравнений:

$$mv = -mv_1 + Mu,$$

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{Mu^2}{2}.$$

Решая эту систему, получим:

$$v = \frac{M+m}{2m} u.$$

Определим минимальную скорость шара  $u$ , чтобы шар сделал, хотя бы один, полный оборот. Для того чтобы шар на нити проходил верхнюю точку с минимальной скоростью, необходимо, чтобы в верхней точке сила натяжения нити была равна нулю. Т.к. энергия при движении шара на нити сохраняется, то, записав закон сохранения энергии и основное уравнение динамики для шара в верхней точке получим:

$$\frac{Mu^2}{2} = \frac{Mu_1^2}{2} + 2Mgl,$$

$Ma = Mg$ ,  $\frac{Mu_1^2}{l} = Mg$ .  $u_1$  – скорость шара в верхней точке траектории.

$$u = \sqrt{5gl},$$

$$v = \frac{M+m}{2m} \sqrt{5gl} = 3,75 \text{ м/с.}$$

Ответ: 3,75 м/с.

### Критерии оценивания

1. Закон сохранения импульса для системы пуля-шар	1
2. Закон сохранения энергии для системы пуля-шар	1
3. Утверждение, что в верхней точке сила натяжения нити равна нулю	1
4. Закон сохранения энергии для шара	1
5. 2 закон Ньютона для шара в верхней точке	1
6. Найдена скорость	2
7. Ошибки	2

### Задача 3. Смесь газов.

Сосуд объёмом 20 л содержит смесь водорода и гелия при температуре 20 °С и давлении 2 атм. Масса смеси 5 г. Найти отношение массы водорода к массе гелия в данной смеси.

**Решение.** Используем уравнение Менделеева-Клапейрона.  $pV = \frac{m}{M}RT$ ,  $m =$

$$m_1 + m_2, \quad pV = \left( \frac{m_1}{M_1} + \frac{m - m_1}{M_2} \right) RT$$

Отсюда выражаем и считаем  $m_1: m_1 = \frac{\frac{pV}{RT} \frac{m}{M_2}}{\frac{1}{M_1} - \frac{1}{M_2}} = 1,57$  г.

зная  $m_1$ , находим  $m_2 = 3,43$  г.

Окончательно получаем  $\frac{m_1}{m_2} = 0,46$ .

Ответ: 0,46.

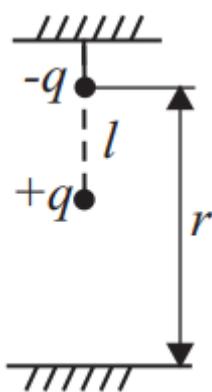
### Критерии оценивания

1. Правильно записано уравнение Менделеева-Клапейрона	2
2. Найдена масса $m_1$ ( $m_2$ )	4

3. Найдена масса $m_2$ ( $m_1$ )	1
4. Найдено отношение масс	1
5. Ошибки	2

#### Задача 4. Заряженные шарики.

Шарик массы 1 мг, имеющий положительный заряд 1 мкКл, находится внизу под закреплённым отрицательным зарядом 1 мкКл на расстоянии 1 м от него. Какую минимальную скорость надо сообщить шарика, чтобы он упал на землю? Движение происходит в поле тяготения Земли.



**Решение.** Т.к. по условию начальная скорость шарика должна быть минимальна, то он достигает земли с нулевой скоростью, следовательно, сумма действующих сил в этот момент равна нулю:

$$mg - \frac{kq^2}{r^2} = 0, r = \sqrt{\frac{kq^2}{mg}} = 30 \text{ м.}$$

Запишем закон сохранения энергии для положительно заряженного шара, учитывая, что энергия взаимодействия разноименных зарядов отрицательна, конечная скорость и высота равны нулю:

$$-\frac{kq^2}{l} + mg(r - l) + \frac{mv^2}{2} = -\frac{kq^2}{r},$$

$$v = \sqrt{\frac{2}{m} \left( \frac{kq^2}{l} - mg(r - l) - \frac{kq^2}{r} \right)} = 128 \text{ м/с.}$$

Ответ: 128 м/с.

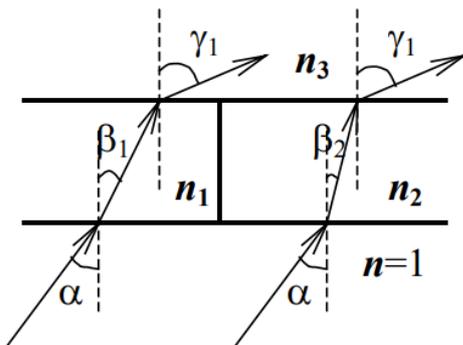
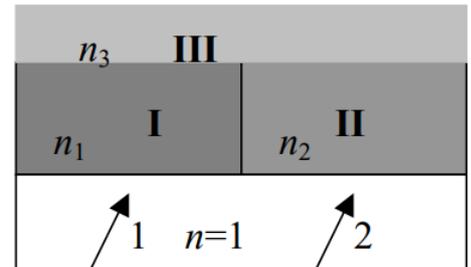
#### Критерии оценивания

1. Утверждение, что положительный шарик достигает земли с нулевой скоростью	1
2. Правильно записан 2 закон Ньютона для момента	

падения на землю	2
3. Утверждение, что энергия взаимодействия разноименных зарядов отрицательна	1
4. Закон сохранения энергии для положительно заряженного шара	2
5. Найдена скорость	2
6. Ошибки	2

### Задача 5. Три стеклышка.

Три среды с показателями преломления  $n_1$ ,  $n_2$  и  $n_3$  ( $n_1 > n_2 > n_3 > 1$ ) располагаются так, как показано на рисунке. Два луча идут параллельно друг другу, при этом луч 1 проходит только через среды I и III, а луч 2 – через среды II и III. Определите угол между этими лучами в среде III.



**Решение.** По закону преломления света:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta_1} = n_1, \quad \frac{\sin \beta_1}{\sin \gamma_1} = \frac{n_2}{n_1}, \quad \text{выражаем из первого}$$

уравнения  $\sin \beta_1$  и подставляем во второе:

$$\frac{\sin \alpha}{n_1 \sin \gamma_1} = \frac{n_3}{n_1}, \quad \text{получаем } \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma_1} = n_3.$$

Аналогичные преобразования производим для второго луча и получаем:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma_2} = n_3. \quad \text{Следовательно, лучи в среде III останутся параллельными, } \gamma_1 = \gamma_2$$

или угол между лучами равен 0.

Ответ: 0.

### Критерии оценивания

1. Нарисован ход лучей в средах с указанием углов	2
2. Закон преломления света для 1 луча	2
3. Закон преломления света для 2 луча	2
4. Проведены преобразования, получен верный ответ	4