

1. Ехали Медведи. Из пункта A в пункт B по прямой дороге ехали медведи на велосипеде, а за ними раки на хромой собаке и ещё комарики на воздушном шарике. Все они стартовали одновременно. Медведи приехали в пункт B через пятнадцать минут. Через три минуты после них приехали раки, а комарики отстали от медведей на десять минут.

Если бы комарики полетели сами, а не на воздушном шарике, то они обогнали бы медведей на пять минут.

(а) На сколько минут отстали бы комарики от медведей, если бы в день путешествия комарики летели сами, а ветер дул в другую сторону с той же скоростью? Ветер на медведей не влияет!

(б) Во сколько раз скорость медведей на велосипеде больше скорости хромой собаки?

Возможное решение.

Все пути, пройденные участниками мероприятия одинаковые. Время движения хромой собаки (с раками) составляет $t_p = 18$ минут.

$$\frac{v_{мед}}{v_{соб}} = \frac{L}{t_{мед}} \div \frac{L}{t_{соб}} = \frac{t_{соб}}{t_{мед}} = \frac{18}{15} = 1,2$$

Время движения комариком на воздушном шарике составляет $t_{ш} = 25$ минут. Шарик движется только за счёт ветра (комарикам его не разогнать), значит в этот день ветер был попутный.

$$\frac{v_{мед}}{v_{вет}} = \frac{L}{t_{мед}} \div \frac{L}{t_{вет}} = \frac{t_{вет}}{t_{мед}} = \frac{25}{15} = \frac{5}{3}$$

$$v_{вет} = \frac{3}{5} v_{мед}$$

Если бы комарики летели сами, то их скорость складывалась бы со скоростью ветра

$$\frac{v_{мед}}{v_{вет} + v_{ком}} = \frac{L}{t_{мед}} \div \frac{L}{t_{вет+ком}} = \frac{t_{вет+ком}}{t_{мед}} = \frac{10}{15} = \frac{2}{3}$$

$$v_{вет} + v_{ком} = \frac{3}{2} v_{мед}$$

$$v_{ком} = \frac{9}{10} v_{мед}$$

Если бы комарики летели против ветра, то из их скорости вычиталась бы со скоростью ветра:

$$v_{ком} - v_{вет} = \frac{9}{10} v_{мед} - \frac{6}{10} v_{мед} = \frac{3}{10} v_{мед}$$

Тогда время движения комариков против ветра

$$\frac{t_{против}}{t_{мед}} = \frac{L}{v_{ком} - v_{вет}} \div \frac{L}{v_{мед}} = \frac{v_{мед}}{\frac{3}{10} v_{мед}} = \frac{10}{3}$$

$$t_{против} = \frac{10}{3} t_{мед} = 50 \text{ минут}$$

А отставание составило бы 35 минут.

Критерии оценивания.

| № | критерий | баллы |
|---------------|--|-----------|
| 1. | Указано, что пути одинаковые | 1 |
| 2. | Формула скорости в любом виде: $l = vt$ | 1 |
| 3. | Получен ответ: $v_{мед} > v_{соб}$ в 1,2 раза | 2 |
| 4. | Формула (или словесное описание) скорости при движении по ветру: $v = v_{ком} + v_{ветра}$ | 1 |
| 5. | Формула (или словесное описание) скорости при движении против ветра: $v = v_{ком} - v_{ветра}$ | 1 |
| 6. | Найдено время путешествия комариков: 50 минут | 3 |
| 7. | Найдено отставание комариков: 35 минут | 1 |
| итого: | | 10 |

2. Ускорил? Желая скорее довести кастрюлю с холодной водой ($t_1 = 20^\circ\text{C}$) до кипения ($t_k = 100^\circ\text{C}$), экспериментатор Глюк подлил в неё горячей воды ($t_2 = 60^\circ\text{C}$), объём которой составил $\alpha = 20\%$ от начального объёма воды в кастрюле, и включил нагреватель. Определите, во сколько раз изменилось время нагрева воды до температуры кипения.

Теплоёмкостью кастрюли по сравнению с теплоёмкостью воды в ней можно пренебречь. Мощность нагревателя постоянна. Тепловые потери не учитывайте.

Возможное решение.

Количество теплоты, которое передаёт кастрюле нагреватель с постоянной мощностью N пропорционально времени τ .

Нагревание исходного количества воды описывается уравнением:

$$cm(t_k - t_1) = N\tau_1$$

Масса воды пропорциональна её объёму. Значит нагревание смеси воды описывается уравнением:

$$cm(t_k - t_1) + c\alpha m(t_k - t_2) = N\tau_2$$

Сравним времена поделив второе уравнение на первое:

$$\frac{\tau_2}{\tau_1} = \frac{cm(t_k - t_1) + c\alpha m(t_k - t_2)}{cm(t_k - t_1)} = 1 + \alpha \frac{(t_k - t_2)}{(t_k - t_1)} = 1,1$$

Время нагревания увеличилось в 1,1 раза.

Критерии оценивания.

| № | критерий | баллы |
|---------------|---|-----------|
| 1. | Использовано выражение связи теплоты, мощности и времени | 1 |
| 2. | Использовано выражение для количества теплоты в процессе нагревания | 1 |
| 3. | Правильно описано нагревание исходного количества воды | 2 |
| 4. | Правильно описано нагревание смеси | 2 |
| 5. | Правильно найдено отношение времён | 3 |
| 6. | Сделан вывод об увеличении времени нагрева | 1 |
| Итого: | | 10 |

3. Плотность к плотности. Два кубика одинаковых размеров, изготовленные из разных материалов, поставили на столе один на другой. Если все линейные размеры нижнего кубика увеличить в 2 раза, а верхнего кубика в 3 раза, не изменяя при этом их плотности, то давление на стол увеличится в 4 раза. Найдите отношение плотностей материалов, из которых изготовлены эти кубики.

Возможное решение.

Давление кубиков на стол пропорционально их суммарной массе, и обратно пропорционально площади нижнего кубика.

$$p = \frac{m_6 + m_n}{S_n} g, \text{ где коэффициент } g = 10 \text{ Н/кг.}$$

Для первого случая: $p_1 = \frac{\rho_6 a^3 + \rho_n a^3}{a^2} g$, где a - длина ребра исходных кубов.

$$\text{Для второго случая: } 4p_1 = \frac{\rho_6 (3a)^3 + \rho_n (2a)^3}{(2a)^2} g = \frac{27\rho_6 a^3 + 8\rho_n a^3}{4a^2} g$$

Поделив друг на друга два этих выражения получим:

$$16\rho_6 a^3 + 16\rho_n a^3 = 27\rho_6 a^3 + 8\rho_n a^3$$

Откуда

$$16\rho_6 a^3 + 16\rho_n a^3 = 27\rho_6 a^3 + 8\rho_n a^3$$

$$\frac{\rho_6}{\rho_n} = \frac{8}{11} \approx 0,73$$

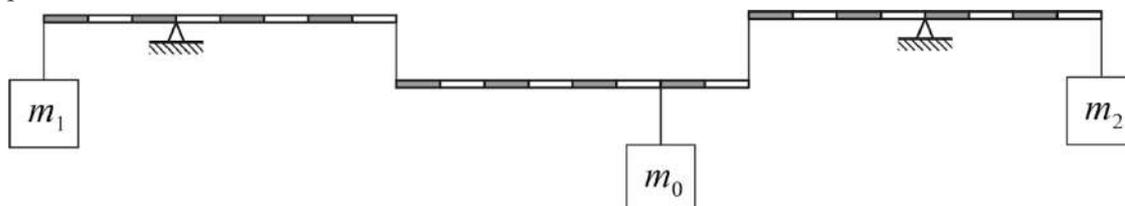
или

$$\frac{\rho_n}{\rho_6} = \frac{11}{8} \approx 1,4$$

Критерии оценивания.

| № | критерий | баллы |
|---------------|--|-----------|
| 1. | Использовано выражение для давления | 1 |
| 2. | Использована связь массы, плотности и объёма | 1 |
| 3. | Использовано выражение для объёма куба | 1 |
| 4. | Правильно записано выражение для давления в первой ситуации через плотности и длину ребра | 2 |
| 5. | Правильно записано выражение для давления во второй ситуации через плотности и длину ребра | 2 |
| 6. | Найдено отношение плотностей | 3 |
| Итого: | | 10 |

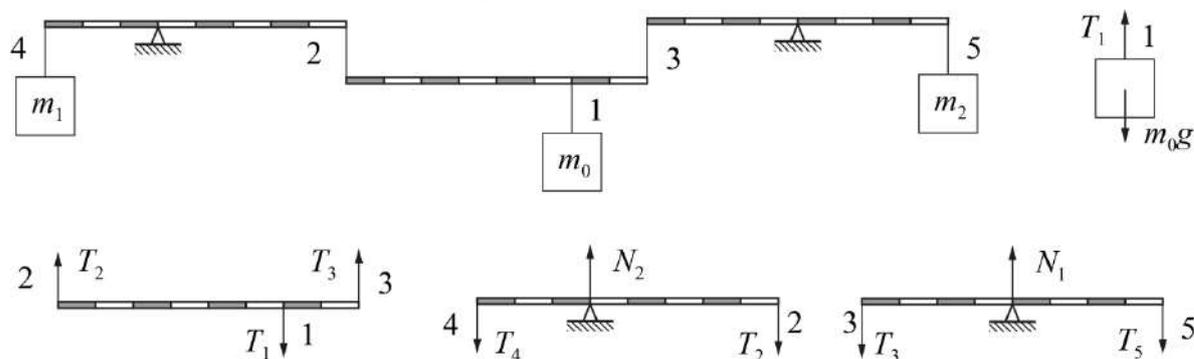
4. Подвесли. Находящаяся в равновесии система состоит из трёх лёгких горизонтальных рычагов и трёх грузов, подвешенных на нитях. Рычаги разделены на 8 равных частей. Масса центрального груза $m_0 = 2,4$ кг. Крайние рычаги могут вращаться вокруг неподвижных опор, а средний соединён с ними с помощью нитей.



Определите силы натяжения всех нитей. Трения в системе нет. Коэффициент $g = 10$ Н/кг.

Возможное решение.

Отметим, что в условиях равновесия системы силы натяжения нитей с грузами численно равны силам тяжести действующим на грузы. В частности, $T_1 = m_0g = 24$ Н. Расставим силы, действующие на рычаги.



Запишем правило моментов для центрального рычага относительно точки 2:

$$T_1 \cdot 6l = T_3 \cdot 8l \rightarrow T_3 = T_1 \cdot 6/8 = 18 \text{ Н. } l - \text{длина сегмента рычага.}$$

Запишем правило моментов для центрального рычага относительно точки 3:

$$T_1 \cdot 2l = T_2 \cdot 8l \rightarrow T_2 = T_1 \cdot 2/8 = 6 \text{ Н.}$$

Запишем правило моментов для левого рычага относительно точки опоры:

$$T_4 \cdot 3l = T_2 \cdot 5l \rightarrow T_4 = T_2 \cdot 5/3 = 10 \text{ Н.}$$

Запишем правило моментов для правого рычага относительно точки опоры:

$$T_3 \cdot 4l = T_5 \cdot 4l \rightarrow T_5 = T_3 = 18 \text{ Н.}$$

Всероссийская олимпиада школьников по физике
Муниципальный этап. 06.12.2021 г.
8 класс

| № | критерий | баллы |
|---------------|---|-----------|
| 1. | Указано, что силы натяжения нитей с грузами численно равны силам тяжести действующим на грузы | 1.0 |
| 2. | Найдена T_1 | 0.5 |
| 3. | На рисунке указаны все 3 силы, действующие на центральный рычаг | 0.5 |
| 4. | На рисунке указаны все 3 силы, действующие на правый рычаг | 0.5 |
| 5. | На рисунке указаны все 3 силы, действующие на левый рычаг | 0.5 |
| 6. | Записаны 2 правила моментов для центрального рычага (по 0,5 балла). Вместо одного из них может быть условие нулевой равнодействующей | 1.0 |
| 7. | Найдена T_2 | 1.0 |
| 8. | Найдена T_3 | 1.0 |
| 9. | Записано правило моментов для левого рычага. | 1.0 |
| 10. | Найдена T_4 | 1.0 |
| 11. | Записано правило моментов для правого рычага. | 1.0 |
| 12. | Найдена T_5 | 1.0 |
| итого: | | 10 |

Примечания:

- 1) Правильное решение неавторским методом оценивается в 10 баллов!
- 2) Вместо рисунков с расстановкой сил может быть словесное описание ситуации с указанием точек приложения.
- 3) Использование $g = 9,8$ Н/кг ошибкой не является.
- 4) Оценка за силы разделяется на 2 части по 0,5 балла: оценка за аналитическую связь с известной силой (засчитывается даже при арифметической ошибке на предыдущем этапе) и балл за правильное численное значение.