

Московская олимпиада школьников по физике

Очный нулевой тур

06-08 октября 2017

8 класс

Вариант А

**Задача 1.** Карлсон прилетел к Малышу за 10 минут, передвигаясь со средней скоростью 8 м/с. Под конец пути запас сладкого у Карлсона закончился, поэтому оказалось, что последние 2 минуты его средняя скорость составила 3 м/с. Определите среднюю скорость Карлсона за первые 8 минут движения.

**Возможное решение.** Средняя скорость Карлсона на всем участке пути равна

$$v_{cp} = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2}{t} \quad (1),$$

где  $v_1, v_2$  – средние скорости на первом и втором участке пути соответственно. Выразим искомую величину из формулы (1)

$$v_1 = \frac{v_{cp} t - v_2 t_2}{t_1}$$

и подставим численные значения. Окончательно получаем  $v_1 = 9,25$  м/с

**Критерии оценивания.**

- |  |         |
|--|---------|
| 1. Путь за первые 8 минут в виде $v_1 t_1$     | 1 балл  |
| 2. Путь за последние 2 минуты в виде $v_2 t_2$ | 1 балл  |
| 3. $v_{cp} = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2}{t}$      | 2 балла |
| 4. Выражение для $v_1$                         | 4 балла |
| 5. Правильный числовой ответ                   | 2 балла |

**Задача 2.** В пол-литровую кружку, доверху заполненную водой, погрузили грузик массой 200 г. Определите, на сколько изменится плотность содержимого кружки? Плотность воды 1 г/см<sup>3</sup>, плотность груза 11,3 г/см<sup>3</sup>.

**Возможное решение.** Так как кружка заполнена доверху, то после погружения грузика часть воды выльется. Формула для плотности «смеси» будет иметь следующий вид:

$$\rho_{см} = \frac{m_{в1} + m_{гр}}{V_{в1} + V_{гр}},$$

где  $m_{в1}$  и  $V_{в1}$  – масса и объём оставшейся воды после погружения груза в кружку. Объём груза равен  $V_{гр} = \frac{m_{гр}}{\rho_{гр}} = 17,7$  см<sup>3</sup>. Значит,  $V_{в1} = V - V_{гр} = 482,3$  см<sup>3</sup>, где  $V = 0,5$  л. Плотность смеси равна

$$\rho_{см} = 1,36 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}.$$

Окончательно определяем разность  $\rho_{см} - \rho_{в} = 0,36 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ .

**Критерии оценивания.**

- |   |         |
|---|---------|
| 1. Указано, что часть воды вылилась                           | 1 балл  |
| 2. $V_{гр} = \frac{m_{гр}}{\rho_{гр}} = 17,7$ см <sup>3</sup> | 2 балла |

- |  |         |
|--|---------|
| 3. $V_{в1} = V - V_{гр} = 482,3 \text{ см}^3$    | 2 балла |
| 4. Записана формула для плотности смеси          | 2 балла |
| 5. Определена плотность смеси                    | 2 балла |
| 6. Получен ответ на поставленный в задаче вопрос | 1 балл  |

**Задача 3.** При какой массе  $M$  однородного рычага возможно равновесие системы, показанной на рисунке? Масса грузов равна  $m$ . Блок и нити невесома.

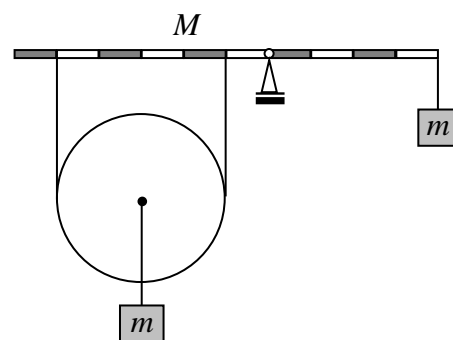
**Возможное решение.** Пусть  $a$  – длина одного «деления» рычага. Сила натяжения каждой нити у блока равна  $\frac{mg}{2}$ . Моменты силы тяжести, действующие на рычаг слева и справа относительно точки опоры, равны:

$$4mga = \frac{m}{2}ga + 5\frac{m}{2}ga + Mga$$

Решая полученное уравнение, находим, что  $M = m$ .

**Критерии оценивания.**

- |  |         |
|--|---------|
| 1. Определены силы реакции нитей                                       | 2 балла |
| 2. Указана точка приложения силы тяжести, действующей на рычаг         | 2 балла |
| 3. Указана точка, относительно которой записывается уравнение моментов | 1 балл  |
| 4. Уравнение моментов  | 4 балла |
| 5. $M = m$   | 1 балл  |



**Задача 4.** Кубик внутри пустого стакана покоится на сжатой пружине, величина деформации которой равна 1 см. В стакан наливают воду до тех пор, пока длина пружины не перестает изменяться. Найдите плотность кубика, если деформация пружины в конечном состоянии равна 2 см. Плотность воды равна  $1 \text{ г/см}^3$ .

**Возможное решение.**

Запишем второй закон Ньютона для случая, когда пружина сжата:

$$mg = k\Delta x_1,$$

где  $\Delta x_1$  – деформация пружины в первом случае. По мере наполнения стакана водой пружина начинает разжиматься и в итоге будет растянута на  $\Delta x_2 = 2 \text{ см}$ , то есть направление силы упругости сменится на противоположное. Запишем второй закон Ньютона для конечного положения кубика с учётом того, что на него действует выталкивающая сила со стороны воды

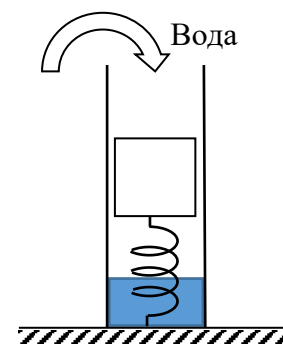
$$mg + k\Delta x_2 = \rho_B g \frac{m}{\rho_K},$$

где  $\rho_B, \rho_K$  – плотности воды и кубика соответственно. Подставляя во второе уравнение значение  $k\Delta x_1$  вместо  $mg$ , получаем выражение  $k(\Delta x_1 + \Delta x_2) = \rho_B g \frac{m}{\rho_K}$ . Решая систему уравнений, получаем:

$$\rho_K = \frac{\rho_B \Delta x_1}{\Delta x_1 + \Delta x_2} = 0,33 \text{ г/см}^3.$$

**Критерии оценивания.**

- |               |         |
|---------------|---------|
| 1. Закон Гука | 2 балла |
|---------------|---------|



- |  |         |
|--|---------|
| 2. Второй закон Ньютона для первого случая | 2 балла |
| 3. Сила Архимеда                           | 2 балла |
| 4. Второй закон Ньютона для второго случая | 3 балла |
| 5. $\rho_k = 0,33 \text{ г/см}^3$          | 1 балл  |

## Вариант В

**Задача 1.** Карлсон прилетел к Малышу за 14 минут, передвигаясь со средней скоростью 9 м/с. Под конец пути запас сладкого у Карлсона закончился, поэтому оказалось, что последние 4 минуты его средняя скорость составила 5 м/с. Определите среднюю скорость Карлсона за первые 10 минут движения.

**Возможное решение.** Средняя скорость Карлсона на всем участке пути равна

$$v_{cp} = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2}{t} \quad (1),$$

где  $v_1, v_2$  – средние скорости на первом и втором участке пути соответственно. Выразим искомую величину из формулы (1)

$$v_1 = \frac{v_{cp} t - v_2 t_2}{t_1}$$

и подставим численные значения. Окончательно получаем  $v_1 = 10,6$  м/с

### Критерии оценивания.

- |  |         |
|--|---------|
| 1. Путь за первые 10 минут в виде $v_1 t_1$    | 1 балл  |
| 2. Путь за последние 4 минуты в виде $v_2 t_2$ | 1 балл  |
| 3. $v_{cp} = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2}{t}$      | 2 балла |
| 4. Выражение для $v_1$                         | 4 балла |
| 5. Правильный числовой ответ                   | 2 балла |

**Задача 2.** В пол-литровую кружку, доверху заполненную водой, погрузили грузик массой 300 г. Определите, на сколько изменится плотность содержимого кружки? Плотность воды 1 г/см<sup>3</sup>, плотность груза 11,3 г/см<sup>3</sup>.

**Возможное решение.** Так как кружка заполнена доверху, то после погружения грузика часть воды выльется. Формула для плотности «смеси» будет иметь следующий вид:

$$\rho_{см} = \frac{m_{в1} + m_{гр}}{V_{в1} + V_{гр}},$$

где  $m_{в1}$  и  $V_{в1}$  – масса и объём оставшейся воды после погружения груза в кружку. Объём груза равен  $V_{гр} = \frac{m_{гр}}{\rho_{гр}} = 26,5$  см<sup>3</sup>. Значит,  $V_{в1} = V - V_{гр} = 473,5$  см<sup>3</sup>, где  $V = 0,5$  л. Плотность смеси равна

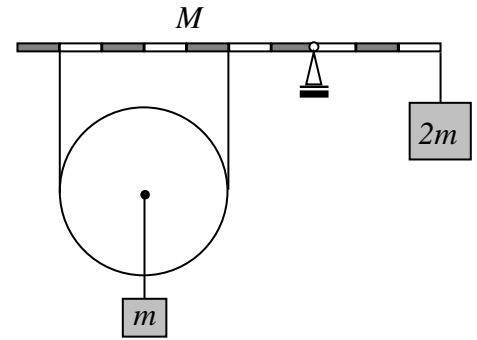
$$\rho_{см} = 1,55 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}.$$

Окончательно определяем разность  $\rho_{см} - \rho_{в} = 0,55 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ .

### Критерии оценивания.

- |   |         |
|---|---------|
| 1. Указано, что часть воды вылилась                           | 1 балл  |
| 2. $V_{гр} = \frac{m_{гр}}{\rho_{гр}} = 26,5$ см <sup>3</sup> | 2 балла |
| 3. $V_{в1} = V - V_{гр} = 473,5$ см <sup>3</sup>              | 2 балла |
| 4. Записана формула для плотности смеси                       | 2 балла |
| 5. Определена плотность смеси                                 | 2 балла |
| 6. Получен ответ на поставленный в задаче вопрос              | 1 балл  |

**Задача 3.** При какой массе  $M$  однородного рычага возможно равновесие системы, показанной на рисунке? Масса грузов равна  $m$  и  $2m$ . Блок и нити невесомы.



**Возможное решение.** Пусть  $a$  – длина одного «деления» рычага. Сила натяжения каждой нити у блока равна  $\frac{mg}{2}$ . Моменты силы тяжести, действующие на рычаг слева и справа относительно точки опоры, равны:

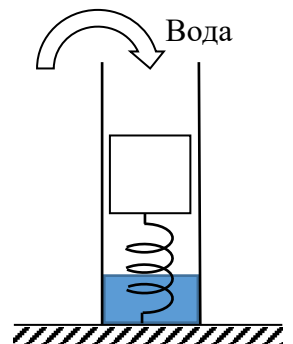
$$2mg \cdot 3a = \frac{m}{2}g \cdot 2a + \frac{m}{2}g \cdot 6a + Mg \cdot 2a$$

Решая полученное уравнение, находим, что  $M = m$ .

**Критерии оценивания.**

- |  |         |
|--|---------|
| 1. Определены силы реакции нитей                                       | 2 балла |
| 2. Указана точка приложения силы тяжести, действующей на рычаг         | 2 балла |
| 3. Указана точка, относительно которой записывается уравнение моментов | 1 балл  |
| 4. Уравнение моментов  | 4 балла |
| 5. $M = m$   | 1 балл  |

**Задача 4.** Кубик внутри пустого стакана покоится на сжатой пружине, величина деформации которой равна 1,0 см. В стакан наливают воду до тех пор, пока длина пружины не перестает изменяться. Найдите плотность кубика, если деформация пружины в конечном состоянии равна 1,5 см. Плотность воды равна 1 г/см<sup>3</sup>.



**Возможное решение.**

Запишем второй закон Ньютона для случая, когда пружина сжата:

$$mg = k\Delta x_1,$$

где  $\Delta x_1$  – деформация пружины в первом случае. По мере наполнения стакана водой пружина начинает разжиматься и в итоге будет растянута на  $\Delta x_2 = 1,5$  см, то есть направление силы упругости сменится на противоположное. Запишем второй закон Ньютона для конечного положения кубика с учётом того, что на него действует выталкивающая сила со стороны воды

$$mg + k\Delta x_2 = \rho_{\text{в}}g \frac{m}{\rho_{\text{к}}},$$

где  $\rho_{\text{в}}$ ,  $\rho_{\text{к}}$  – плотности воды и кубика соответственно. Подставляя во второе уравнение значение  $k\Delta x_1$  вместо  $mg$ , получаем выражение  $k(\Delta x_1 + \Delta x_2) = \rho_{\text{в}}g \frac{m}{\rho_{\text{к}}}$ . Решая систему уравнений, получаем:

$$\rho_{\text{к}} = \frac{\rho_{\text{в}}\Delta x_1}{\Delta x_1 + \Delta x_2} = 0,4 \text{ г/см}^3.$$

**Критерии оценивания.**

- |  |         |
|--|---------|
| 1. Закон Гука                              | 2 балла |
| 2. Второй закон Ньютона для первого случая | 2 балла |
| 3. Сила Архимеда                           | 2 балла |
| 4. Второй закон Ньютона для второго случая | 3 балла |
| 5. $\rho_{\text{к}} = 0,4 \text{ г/см}^3$  | 1 балл  |

### Вариант С

**Задача 1.** Карлсон прилетел к Малышу за 15 минут, передвигаясь со средней скоростью 9 м/с. Под конец пути запас сладкого у Карлсона закончился, поэтому оказалось, что последние 3 минуты его средняя скорость составила 5 м/с. Определите среднюю скорость Карлсона за первые 12 минут движения.

**Возможное решение.** Средняя скорость Карлсона на всем участке пути равна

$$v_{cp} = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2}{t} \quad (1),$$

где  $v_1, v_2$  – средние скорости на первом и втором участке пути соответственно. Выразим искомую величину из формулы (1)

$$v_1 = \frac{v_{cp} t - v_2 t_2}{t_1}$$

и подставим численные значения. Окончательно получаем  $v_1 = 10$  м/с

#### Критерии оценивания.

- |  |         |
|--|---------|
| 1. Путь за первые 12 минут в виде $v_1 t_1$    | 1 балл  |
| 2. Путь за последние 3 минуты в виде $v_2 t_2$ | 1 балл  |
| 3. $v_{cp} = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2}{t}$      | 2 балла |
| 4. Выражение для $v_1$                         | 4 балла |
| 5. Правильный числовой ответ                   | 2 балла |

**Задача 2.** В пол-литровую кружку, доверху заполненную водой, погрузили грузик массой 250 г. Определите, на сколько изменится плотность содержимого кружки? Плотность воды 1 г/см<sup>3</sup>, плотность груза 11,3 г/см<sup>3</sup>.

**Возможное решение.** Так как кружка заполнена доверху, то после погружения грузика часть воды выльется. Формула для плотности «смеси» будет иметь следующий вид:

$$\rho_{см} = \frac{m_{в1} + m_{гр}}{V_{в1} + V_{гр}},$$

где  $m_{в1}$  и  $V_{в1}$  – масса и объём оставшейся воды после погружения груза в кружку. Объём груза равен  $V_{гр} = \frac{m_{гр}}{\rho_{гр}} = 22,1$  см<sup>3</sup>. Значит,  $V_{в1} = V - V_{гр} = 477,9$  см<sup>3</sup>, где  $V = 0,5$  л. Плотность смеси равна

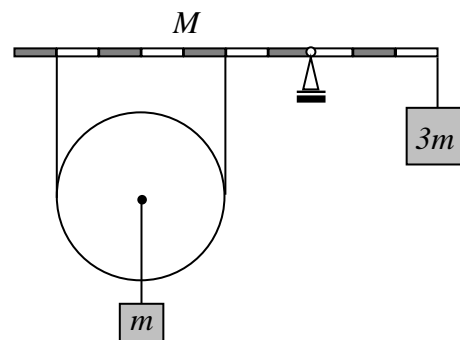
$$\rho_{см} = 1,46 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}.$$

Окончательно определяем разность  $\rho_{см} - \rho_{в} = 0,46 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ .

#### Критерии оценивания.

- |   |         |
|---|---------|
| 1. Указано, что часть воды вылилась                           | 1 балл  |
| 2. $V_{гр} = \frac{m_{гр}}{\rho_{гр}} = 22,1$ см <sup>3</sup> | 2 балла |
| 3. $V_{в1} = V - V_{гр} = 477,9$ см <sup>3</sup>              | 2 балла |
| 4. Записана формула для плотности смеси                       | 2 балла |
| 5. Определена плотность смеси                                 | 2 балла |
| 6. Получен ответ на поставленный в задаче вопрос              | 1 балл  |

**Задача 3.** При какой массе  $M$  однородного рычага возможно равновесие системы, показанной на рисунке? Масса грузов равна  $m$  и  $3m$ . Блок и нити невесомы.



**Возможное решение.** Пусть  $a$  – длина одного «деления» рычага. Сила натяжения каждой нити у блока равна  $\frac{mg}{2}$ . Моменты силы тяжести, действующие на рычаг слева и справа относительно точки опоры, равны:

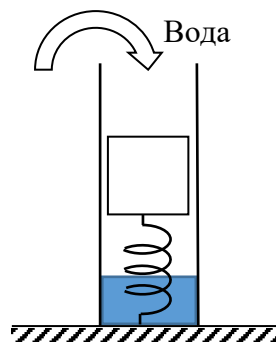
$$3mg \cdot 3a = \frac{m}{2}g \cdot 2a + \frac{m}{2}g \cdot 6a + Mg \cdot 2a$$

Решая полученное уравнение, находим, что  $M = 2,5m$ .

**Критерии оценивания.**

- |  |         |
|--|---------|
| 1. Определены силы реакции нитей                                       | 2 балла |
| 2. Указана точка приложения силы тяжести, действующей на рычаг         | 2 балла |
| 3. Указана точка, относительно которой записывается уравнение моментов | 1 балл  |
| 4. Уравнение моментов  | 4 балла |
| 5. $M = 2,5m$  | 1 балл  |

**Задача 4.** Кубик внутри пустого стакана покоится на сжатой пружине, величина деформации которой равна 1,5 см. В стакан наливают воду до тех пор, пока длина пружины не перестает изменяться. Найдите плотность кубика, если деформация пружины в конечном состоянии равна 2,0 см. Плотность воды равна  $1 \text{ г/см}^3$ .



**Возможное решение.**

Запишем второй закон Ньютона для случая, когда пружина сжата:

$$mg = k\Delta x_1,$$

где  $\Delta x_1$  – деформация пружины в первом случае. По мере наполнения стакана водой пружина начинает разжиматься и в итоге будет растянута на  $\Delta x_2 = 2 \text{ см}$ , то есть направление силы упругости сменится на противоположное. Запишем второй закон Ньютона для конечного положения кубика с учётом того, что на него действует выталкивающая сила со стороны воды

$$mg + k\Delta x_2 = \rho_{\text{в}}g \frac{m}{\rho_{\text{к}}},$$

где  $\rho_{\text{в}}, \rho_{\text{к}}$  – плотности воды и кубика соответственно. Подставляя во второе уравнение значение  $k\Delta x_1$  вместо  $mg$ , получаем выражение  $k(\Delta x_1 + \Delta x_2) = \rho_{\text{в}}g \frac{m}{\rho_{\text{к}}}$ . Решая систему уравнений, получаем:

$$\rho_{\text{к}} = \frac{\rho_{\text{в}}\Delta x_1}{\Delta x_1 + \Delta x_2} = 0,43 \text{ г/см}^3.$$

**Критерии оценивания.**

- |  |         |
|--|---------|
| 1. Закон Гука                              | 2 балла |
| 2. Второй закон Ньютона для первого случая | 2 балла |
| 3. Сила Архимеда                           | 2 балла |
| 4. Второй закон Ньютона для второго случая | 3 балла |
| 5. $\rho_{\text{к}} = 0,43 \text{ г/см}^3$ | 1 балл  |

### Вариант D

**Задача 1.** Карлсон прилетел к Малышу за 13 минут, передвигаясь со средней скоростью 8 м/с. Под конец пути запас сладкого у Карлсона закончился, поэтому оказалось, что последние 3 минуты его средняя скорость составила 4 м/с. Определите среднюю скорость Карлсона за первые 10 минут движения.

**Возможное решение.** Средняя скорость Карлсона на всем участке пути равна

$$v_{cp} = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2}{t} \quad (1),$$

где  $v_1, v_2$  – средние скорости на первом и втором участке пути соответственно. Выразим искомую величину из формулы (1)

$$v_1 = \frac{v_{cp} t - v_2 t_2}{t_1}$$

и подставим численные значения. Окончательно получаем  $v_1 = 9,2$  м/с

#### Критерии оценивания.

- |  |         |
|--|---------|
| 1. Путь за первые 10 минут в виде $v_1 t_1$    | 1 балл  |
| 2. Путь за последние 3 минуты в виде $v_2 t_2$ | 1 балл  |
| 3. $v_{cp} = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2}{t}$      | 2 балла |
| 4. Выражение для $v_1$                         | 4 балла |
| 5. Правильный числовой ответ                   | 2 балла |

**Задача 2.** В пол-литровую кружку, доверху заполненную водой, погрузили грузик массой 450 г. Определите, на сколько изменится плотность содержимого кружки? Плотность воды 1 г/см<sup>3</sup>, плотность груза 11,3 г/см<sup>3</sup>.

**Возможное решение.** Так как кружка заполнена доверху, то после погружения грузика часть воды выльется. Формула для плотности «смеси» будет иметь следующий вид:

$$\rho_{см} = \frac{m_{в1} + m_{гр}}{V_{в1} + V_{гр}},$$

где  $m_{в1}$  и  $V_{в1}$  – масса и объём оставшейся воды после погружения груза в кружку. Объём груза равен  $V_{гр} = \frac{m_{гр}}{\rho_{гр}} = 39,8$  см<sup>3</sup>. Значит,  $V_{в1} = V - V_{гр} = 460,2$  см<sup>3</sup>, где  $V = 0,5$  л. Плотность смеси равна

$$\rho_{см} = 1,82 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}.$$

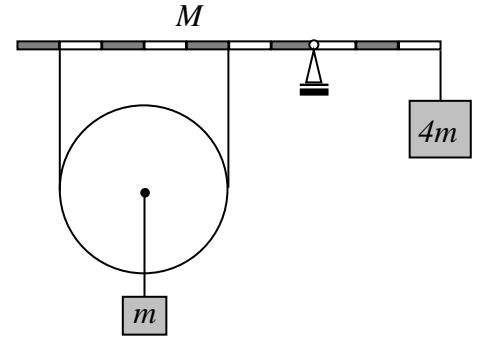
Окончательно определяем разность  $\rho_{см} - \rho_{в} = 0,82 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ .

#### Критерии оценивания.

- |   |         |
|---|---------|
| 1. Указано, что часть воды вылилась                           | 1 балл  |
| 2. $V_{гр} = \frac{m_{гр}}{\rho_{гр}} = 39,8$ см <sup>3</sup> | 2 балла |
| 3. $V_{в1} = V - V_{гр} = 460,2$ см <sup>3</sup>              | 2 балла |
| 4. Записана формула для плотности смеси                       | 2 балла |
| 5. Определена плотность смеси                                 | 2 балла |
| 6. Получен ответ на поставленный в задаче вопрос              | 1 балл  |



**Задача 3.** При какой массе  $M$  однородного рычага возможно равновесие системы, показанной на рисунке? Масса грузов равна  $m$  и  $4m$ . Блок и нити невесомы.



**Возможное решение.** Пусть  $a$  – длина одного «деления» рычага. Сила натяжения каждой нити у блока равна  $\frac{mg}{2}$ . Моменты силы тяжести, действующие на рычаг слева и справа относительно точки опоры, равны:

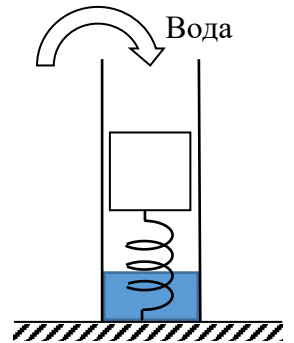
$$4mg \cdot 3a = \frac{m}{2}g \cdot 2a + \frac{m}{2}g \cdot 6a + Mg \cdot 2a$$

Решая полученное уравнение, находим, что  $M = 4m$ .

**Критерии оценивания.**

- |  |         |
|--|---------|
| 1. Определены силы реакции нитей                                       | 2 балла |
| 2. Указана точка приложения силы тяжести, действующей на рычаг         | 2 балла |
| 3. Указана точка, относительно которой записывается уравнение моментов | 1 балл  |
| 4. Уравнение моментов  | 4 балла |
| 5. $M = 4m$  | 1 балл  |

**Задача 4.** Кубик внутри пустого стакана покоится на сжатой пружине, величина деформации которой равна 1,5 см. В стакан наливают воду до тех пор, пока длина пружины не перестает изменяться. Найдите плотность кубика, если деформация пружины в конечном состоянии равна 2,5 см. Плотность воды равна 1 г/см<sup>3</sup>.



**Возможное решение.**

Запишем второй закон Ньютона для случая, когда пружина сжата:

$$mg = k\Delta x_1,$$

где  $\Delta x_1$  – деформация пружины в первом случае. По мере наполнения стакана водой пружина начинает разжиматься и в итоге будет растянута на  $\Delta x_2 = 2,5$  см, то есть направление силы упругости сменится на противоположное. Запишем второй закон Ньютона для конечного положения кубика с учётом того, что на него действует выталкивающая сила со стороны воды

$$mg + k\Delta x_2 = \rho_{\text{в}}g \frac{m}{\rho_{\text{к}}},$$

где  $\rho_{\text{в}}, \rho_{\text{к}}$  – плотности воды и кубика соответственно. Подставляя во второе уравнение значение  $k\Delta x_1$  вместо  $mg$ , получаем выражение  $k(\Delta x_1 + \Delta x_2) = \rho_{\text{в}}g \frac{m}{\rho_{\text{к}}}$ . Решая систему уравнений, получаем:

$$\rho_{\text{к}} = \frac{\rho_{\text{в}}\Delta x_1}{\Delta x_1 + \Delta x_2} = 0,38 \text{ г/см}^3.$$

**Критерии оценивания.**

- |  |         |
|--|---------|
| 1. Закон Гука                              | 2 балла |
| 2. Второй закон Ньютона для первого случая | 2 балла |
| 3. Сила Архимеда                           | 2 балла |
| 4. Второй закон Ньютона для второго случая | 3 балла |
| 5. $\rho_{\text{к}} = 0,38 \text{ г/см}^3$ | 1 балл  |

### Вариант Е

**Задача 1.** Карлсон прилетел к Малышу за 12 минут, передвигаясь со средней скоростью 7 м/с. Под конец пути запас сладкого у Карлсона закончился, поэтому оказалось, что последние 2 минуты его средняя скорость составила 4 м/с. Определите среднюю скорость Карлсона за первые 10 минут движения.

**Возможное решение.** Средняя скорость Карлсона на всем участке пути равна

$$v_{cp} = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2}{t} \quad (1),$$

где  $v_1, v_2$  – средние скорости на первом и втором участке пути соответственно. Выразим искомую величину из формулы (1)

$$v_1 = \frac{v_{cp} t - v_2 t_2}{t_1}$$

и подставим численные значения. Окончательно получаем  $v_1 = 7,6$  м/с

#### Критерии оценивания.

- |  |         |
|--|---------|
| 1. Путь за первые 10 минут в виде $v_1 t_1$    | 1 балл  |
| 2. Путь за последние 2 минуты в виде $v_2 t_2$ | 1 балл  |
| 3. $v_{cp} = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2}{t}$      | 2 балла |
| 4. Выражение для $v_1$                         | 4 балла |
| 5. Правильный числовой ответ                   | 2 балла |

**Задача 2.** В пол-литровую кружку, доверху заполненную водой, погрузили грузик массой 550 г. Определите, на сколько изменится плотность содержимого кружки? Плотность воды 1 г/см<sup>3</sup>, плотность груза 11,3 г/см<sup>3</sup>.

**Возможное решение.** Так как кружка заполнена доверху, то после погружения грузика часть воды выльется. Формула для плотности «смеси» будет иметь следующий вид:

$$\rho_{см} = \frac{m_{в1} + m_{гр}}{V_{в1} + V_{гр}},$$

где  $m_{в1}$  и  $V_{в1}$  – масса и объём оставшейся воды после погружения груза в кружку. Объём груза равен  $V_{гр} = \frac{m_{гр}}{\rho_{гр}} = 48,7$  см<sup>3</sup>. Значит,  $V_{в1} = V - V_{гр} = 451,3$  см<sup>3</sup>, где  $V = 0,5$  л. Плотность смеси равна

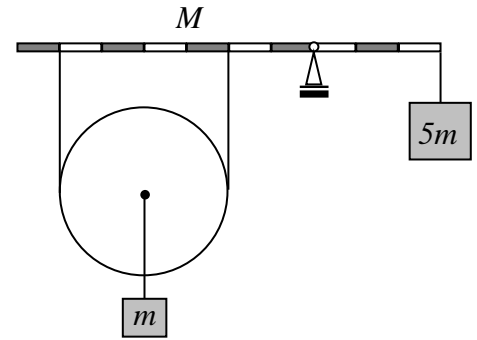
$$\rho_{см} = 2 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}.$$

Окончательно определяем разность  $\rho_{см} - \rho_{в} = 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ .

#### Критерии оценивания.

- |   |         |
|---|---------|
| 1. Указано, что часть воды вылилась                           | 1 балл  |
| 2. $V_{гр} = \frac{m_{гр}}{\rho_{гр}} = 48,7$ см <sup>3</sup> | 2 балла |
| 3. $V_{в1} = V - V_{гр} = 451,3$ см <sup>3</sup>              | 2 балла |
| 4. Записана формула для плотности смеси                       | 2 балла |
| 5. Определена плотность смеси                                 | 2 балла |
| 6. Получен ответ на поставленный в задаче вопрос              | 1 балл  |

**Задача 3.** При какой массе  $M$  однородного рычага возможно равновесие системы, показанной на рисунке? Масса грузов равна  $m$  и  $5m$ . Блок и нити невесомы.



**Возможное решение.** Пусть  $a$  – длина одного «деления» рычага. Сила натяжения каждой нити у блока равна  $\frac{mg}{2}$ . Моменты силы тяжести, действующие на рычаг слева и справа относительно точки опоры, равны:

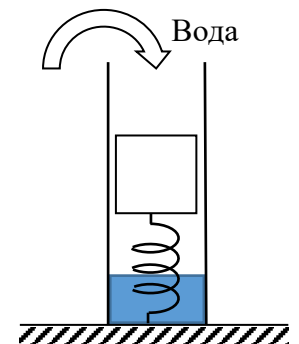
$$5mg \cdot 3a = \frac{m}{2}g \cdot 2a + \frac{m}{2}g \cdot 6a + Mg \cdot 2a$$

Решая полученное уравнение, находим, что  $M = 5,5m$ .

**Критерии оценивания.**

- |  |         |
|--|---------|
| 1. Определены силы реакции нитей                                       | 2 балла |
| 2. Указана точка приложения силы тяжести, действующей на рычаг         | 2 балла |
| 3. Указана точка, относительно которой записывается уравнение моментов | 1 балл  |
| 4. Уравнение моментов  | 4 балла |
| 5. $M = 5,5m$  | 1 балл  |

**Задача 4.** Кубик внутри пустого стакана покоится на сжатой пружине, величина деформации которой равна 2,5 см. В стакан наливают воду до тех пор, пока длина пружины не перестает изменяться. Найдите плотность кубика, если деформация пружины в конечном состоянии равна 3,5 см. Плотность воды равна 1 г/см<sup>3</sup>.



**Возможное решение.**

Запишем второй закон Ньютона для случая, когда пружина сжата:

$$mg = k\Delta x_1,$$

где  $\Delta x_1$  – деформация пружины в первом случае. По мере наполнения стакана водой пружина начинает разжиматься и в итоге будет растянута на  $\Delta x_2 = 3,5$  см, то есть направление силы упругости сменится на противоположное. Запишем второй закон Ньютона для конечного положения кубика с учётом того, что на него действует выталкивающая сила со стороны воды

$$mg + k\Delta x_2 = \rho_{\text{в}}g \frac{m}{\rho_{\text{к}}},$$

где  $\rho_{\text{в}}$ ,  $\rho_{\text{к}}$  – плотности воды и кубика соответственно. Подставляя во второе уравнение значение  $k\Delta x_1$  вместо  $mg$ , получаем выражение  $k(\Delta x_1 + \Delta x_2) = \rho_{\text{в}}g \frac{m}{\rho_{\text{к}}}$ . Решая систему уравнений, получаем:

$$\rho_{\text{к}} = \frac{\rho_{\text{в}}\Delta x_1}{\Delta x_1 + \Delta x_2} = 0,42 \text{ г/см}^3.$$

**Критерии оценивания.**

- |  |         |
|--|---------|
| 1. Закон Гука                              | 2 балла |
| 2. Второй закон Ньютона для первого случая | 2 балла |
| 3. Сила Архимеда                           | 2 балла |
| 4. Второй закон Ньютона для второго случая | 3 балла |
| 5. $\rho_{\text{к}} = 0,42 \text{ г/см}^3$ | 1 балл  |

### Вариант F

**Задача 1.** Карлсон прилетел к Малышу за 16 минут, передвигаясь со средней скоростью 10 м/с. Под конец пути запас сладкого у Карлсона закончился, поэтому оказалось, что последние 6 минуты его средняя скорость составила 5 м/с. Определите среднюю скорость Карлсона за первые 10 минут движения.

**Возможное решение.** Средняя скорость Карлсона на всем участке пути равна

$$v_{cp} = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2}{t} \quad (1),$$

где  $v_1, v_2$  – средние скорости на первом и втором участке пути соответственно. Выразим искомую величину из формулы (1)

$$v_1 = \frac{v_{cp} t - v_2 t_2}{t_1}$$

и подставим численные значения. Окончательно получаем  $v_1 = 13$  м/с

#### Критерии оценивания.

- |   |         |
|---|---------|
| 1. Путь за первые 10 минут в виде $v_1 t_1$   | 1 балл  |
| 2. Путь за последние 6 минут в виде $v_2 t_2$ | 1 балл  |
| 3. $v_{cp} = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2}{t}$     | 2 балла |
| 4. Выражение для $v_1$                        | 4 балла |
| 5. Правильный числовой ответ                  | 2 балла |

**Задача 2.** В пол-литровую кружку, доверху заполненную водой, погрузили грузик массой 650 г. Определите, на сколько изменится плотность содержимого кружки? Плотность воды 1 г/см<sup>3</sup>, плотность груза 11,3 г/см<sup>3</sup>.

**Возможное решение.** Так как кружка заполнена доверху, то после погружения грузика часть воды выльется. Формула для плотности «смеси» будет иметь следующий вид:

$$\rho_{см} = \frac{m_{в1} + m_{гр}}{V_{в1} + V_{гр}},$$

где  $m_{в1}$  и  $V_{в1}$  – масса и объём оставшейся воды после погружения груза в кружку. Объём груза равен  $V_{гр} = \frac{m_{гр}}{\rho_{гр}} = 57,5$  см<sup>3</sup>. Значит,  $V_{в1} = V - V_{гр} = 442,5$  см<sup>3</sup>, где  $V = 0,5$  л. Плотность смеси равна

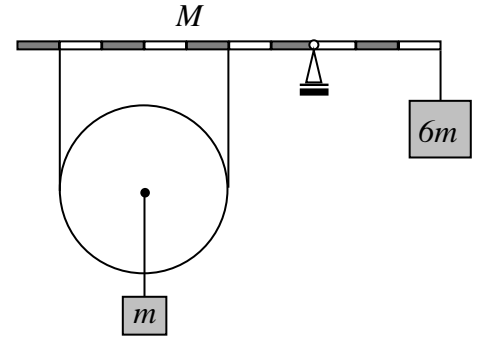
$$\rho_{см} = 2,19 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}.$$

Окончательно определяем разность  $\rho_{см} - \rho_{в} = 1,19 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ .

#### Критерии оценивания.

- |   |         |
|---|---------|
| 1. Указано, что часть воды вылилась                           | 1 балл  |
| 2. $V_{гр} = \frac{m_{гр}}{\rho_{гр}} = 57,5$ см <sup>3</sup> | 2 балла |
| 3. $V_{в1} = V - V_{гр} = 442,5$ см <sup>3</sup>              | 2 балла |
| 4. Записана формула для плотности смеси                       | 2 балла |
| 5. Определена плотность смеси                                 | 2 балла |
| 6. Получен ответ на поставленный в задаче вопрос              | 1 балл  |

**Задача 3.** При какой массе  $M$  однородного рычага возможно равновесие системы, показанной на рисунке? Масса грузов равна  $t$  и  $6t$ . Блок и нити невесомы.



**Возможное решение.** Пусть  $a$  – длина одного «деления» рычага. Сила натяжения каждой нити у блока равна  $\frac{mg}{2}$ . Моменты силы тяжести, действующие на рычаг слева и справа относительно точки опоры, равны:

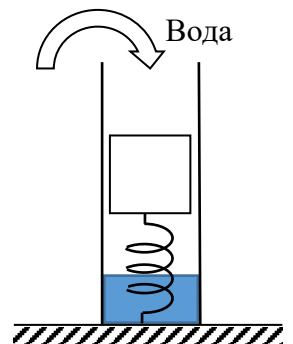
$$6tg \cdot 3a = \frac{m}{2}g \cdot 2a + \frac{m}{2}g \cdot 6a + Mg \cdot 2a$$

Решая полученное уравнение, находим, что  $M = 7t$ .

**Критерии оценивания.**

- |  |         |
|--|---------|
| 1. Определены силы реакции нитей                                       | 2 балла |
| 2. Указана точка приложения силы тяжести, действующей на рычаг         | 2 балла |
| 3. Указана точка, относительно которой записывается уравнение моментов | 1 балл  |
| 4. Уравнение моментов  | 4 балла |
| 5. $M = 7t$  | 1 балл  |

**Задача 4.** Кубик внутри пустого стакана покоится на сжатой пружине, величина деформации которой равна 2,5 см. В стакан наливают воду до тех пор, пока длина пружины не перестает изменяться. Найдите плотность кубика, если деформация пружины в конечном состоянии равна 3,0 см. Плотность воды равна 1 г/см<sup>3</sup>.



**Возможное решение.**

Запишем второй закон Ньютона для случая, когда пружина сжата:

$$mg = k\Delta x_1,$$

где  $\Delta x_1$  – деформация пружины в первом случае. По мере наполнения стакана водой пружина начинает разжиматься и в итоге будет растянута на  $\Delta x_2 = 3$  см, то есть направление силы упругости сменится на противоположное. Запишем второй закон Ньютона для конечного положения кубика с учётом того, что на него действует выталкивающая сила со стороны воды

$$mg + k\Delta x_2 = \rho_v g \frac{m}{\rho_k},$$

где  $\rho_v, \rho_k$  – плотности воды и кубика соответственно. Подставляя во второе уравнение значение  $k\Delta x_1$  вместо  $mg$ , получаем выражение  $k(\Delta x_1 + \Delta x_2) = \rho_v g \frac{m}{\rho_k}$ . Решая систему уравнений, получаем:

$$\rho_k = \frac{\rho_v \Delta x_1}{\Delta x_1 + \Delta x_2} = 0,45 \text{ г/см}^3.$$

**Критерии оценивания.**

- |  |         |
|--|---------|
| 1. Закон Гука                              | 2 балла |
| 2. Второй закон Ньютона для первого случая | 2 балла |
| 3. Сила Архимеда                           | 2 балла |
| 4. Второй закон Ньютона для второго случая | 3 балла |
| 5. $\rho_k = 0,45 \text{ г/см}^3$          | 1 балл  |