

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/см³, плотность груза 11,3 г/см³.

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 $V_{гр} = \frac{m_{гр}}{\rho_{гр}} = 17,7$ см³. Значит, $V_{в1} = V - V_{гр} = 482,3$ см³, где $V = 0,5$ л. Плотность смеси равна

$$\rho_{см} = 1,36 \frac{г}{см^3}.$$

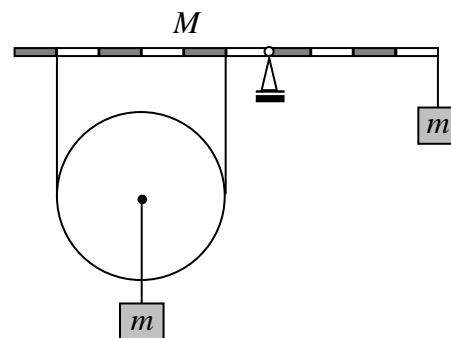
Окончательно определяем разность $\rho_{см} - \rho_{в} = 0,36 \frac{г}{см^3}$.

Критерии оценивания.

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



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:

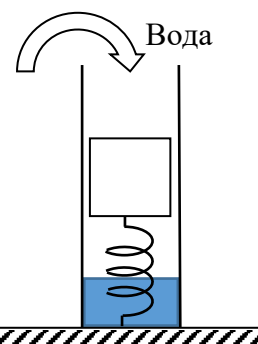
$$4mga = \frac{m}{2}ga + 5\frac{m}{2}ga + Mga$$

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 г/см^3 .



Возможное решение.

Запишем второй закон Ньютона для случая, когда пружина сжата:

$$mg = k\Delta x_1,$$

где Δx_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 ρ_B, ρ_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/см³, плотность груза 11,3 г/см³.

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 $V_{гр} = \frac{m_{гр}}{\rho_{гр}} = 26,5$ см³. Значит, $V_{в1} = V - V_{гр} = 473,5$ см³, где $V = 0,5$ л. Плотность смеси равна

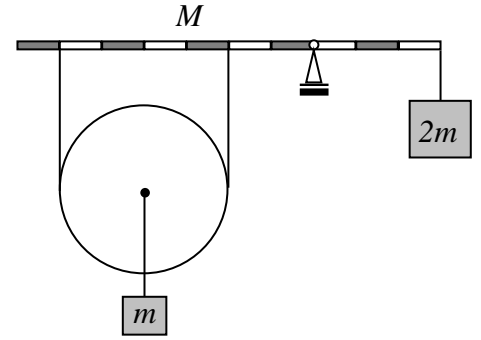
$$\rho_{см} = 1,55 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}.$$

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 ³ | 2 балла |
| 3. $V_{в1} = V - V_{гр} = 473,5$ 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 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:

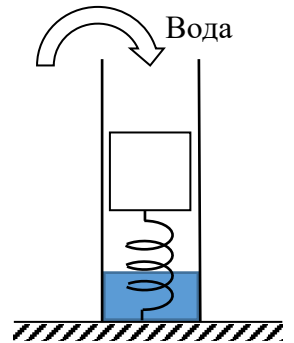
$$2mg \cdot 3a = \frac{m}{2}g \cdot 2a + \frac{m}{2}g \cdot 6a + Mg \cdot 2a$$

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/см³.



Возможное решение.

Запишем второй закон Ньютона для случая, когда пружина сжата:

$$mg = k\Delta x_1,$$

где Δx_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

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

где ρ_v, ρ_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:

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

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. $\rho_k = 0,4 \text{ г/см}^3$ | 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/см³, плотность груза 11,3 г/см³.

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 $V_{гр} = \frac{m_{гр}}{\rho_{гр}} = 22,1$ см³. Значит, $V_{в1} = V - V_{гр} = 477,9$ см³, где $V = 0,5$ л. Плотность смеси равна

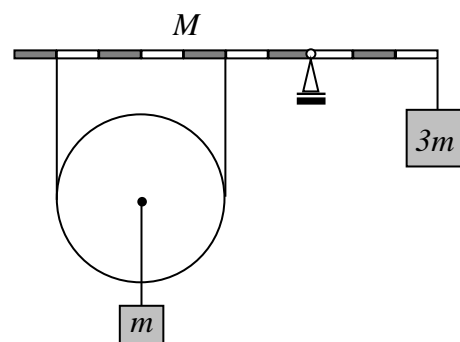
$$\rho_{см} = 1,46 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}.$$

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 ³ | 2 балла |
| 3. $V_{в1} = V - V_{гр} = 477,9$ 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 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:

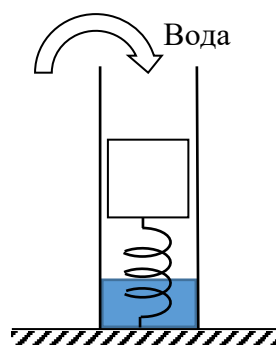
$$3mg \cdot 3a = \frac{m}{2}g \cdot 2a + \frac{m}{2}g \cdot 6a + Mg \cdot 2a$$

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 г/см^3 .



Возможное решение.

Запишем второй закон Ньютона для случая, когда пружина сжата:

$$mg = k\Delta x_1,$$

где Δx_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

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

где ρ_v, ρ_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:

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

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. $\rho_k = 0,43 \text{ г/см}^3$ | 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/см³, плотность груза 11,3 г/см³.

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 $V_{гр} = \frac{m_{гр}}{\rho_{гр}} = 39,8$ см³. Значит, $V_{в1} = V - V_{гр} = 460,2$ см³, где $V = 0,5$ л. Плотность смеси равна

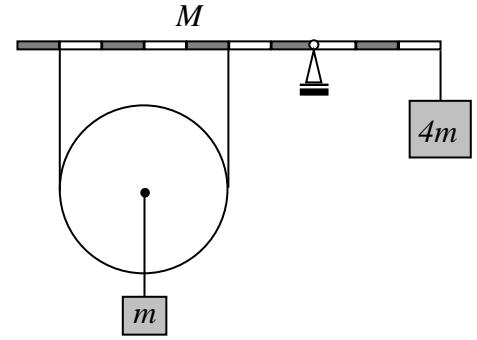
$$\rho_{см} = 1,82 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}.$$

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 ³ | 2 балла |
| 3. $V_{в1} = V - V_{гр} = 460,2$ 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 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:

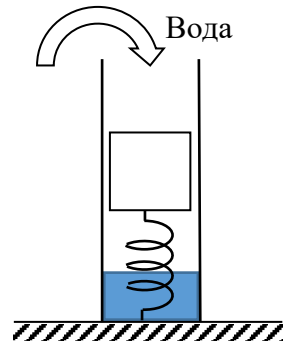
$$4mg \cdot 3a = \frac{m}{2}g \cdot 2a + \frac{m}{2}g \cdot 6a + Mg \cdot 2a$$

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/см³.



Возможное решение.

Запишем второй закон Ньютона для случая, когда пружина сжата:

$$mg = k\Delta x_1,$$

где Δx_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/см³, плотность груза 11,3 г/см³.

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 $V_{гр} = \frac{m_{гр}}{\rho_{гр}} = 48,7$ см³. Значит, $V_{в1} = V - V_{гр} = 451,3$ см³, где $V = 0,5$ л. Плотность смеси равна

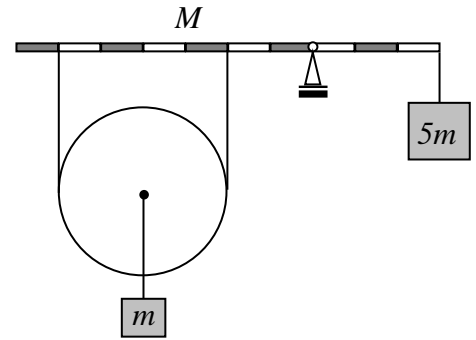
$$\rho_{см} = 2 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}.$$

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 ³ | 2 балла |
| 3. $V_{в1} = V - V_{гр} = 451,3$ 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 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:

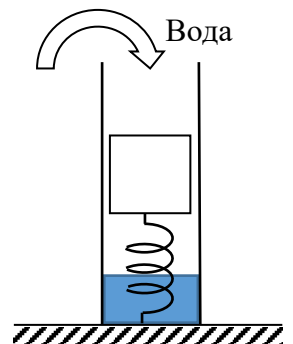
$$5mg \cdot 3a = \frac{m}{2}g \cdot 2a + \frac{m}{2}g \cdot 6a + Mg \cdot 2a$$

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/см³.



Возможное решение.

Запишем второй закон Ньютона для случая, когда пружина сжата:

$$mg = k\Delta x_1,$$

где Δx_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

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

где ρ_v, ρ_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:

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

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. $\rho_k = 0,42 \text{ г/см}^3$ | 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 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 650 г. Определите, на сколько изменится плотность содержимого кружки? Плотность воды 1 г/см³, плотность груза 11,3 г/см³.

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 $V_{гр} = \frac{m_{гр}}{\rho_{гр}} = 57,5$ см³. Значит, $V_{в1} = V - V_{гр} = 442,5$ см³, где $V = 0,5$ л. Плотность смеси равна

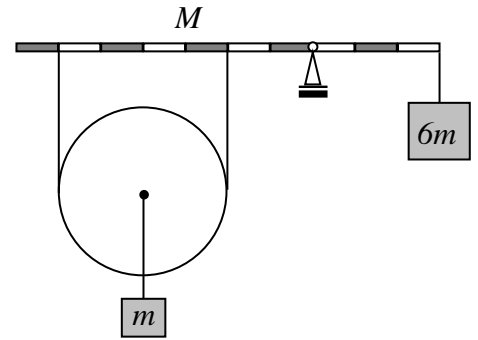
$$\rho_{см} = 2,19 \frac{г}{см^3}.$$

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

Критерии оценивания.

- | | |
|---|---------|
| 1. Указано, что часть воды вылилась | 1 балл |
| 2. $V_{гр} = \frac{m_{гр}}{\rho_{гр}} = 57,5$ см ³ | 2 балла |
| 3. $V_{в1} = V - V_{гр} = 442,5$ 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 и $6m$. 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:

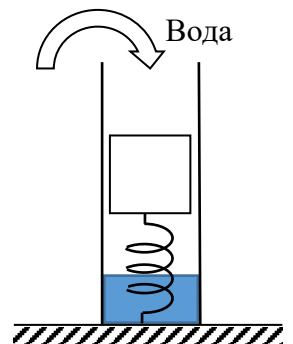
$$6mg \cdot 3a = \frac{m}{2}g \cdot 2a + \frac{m}{2}g \cdot 6a + Mg \cdot 2a$$

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

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. $M = 7m$ | 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/см³.



Возможное решение.

Запишем второй закон Ньютона для случая, когда пружина сжата:

$$mg = k\Delta x_1,$$

где Δx_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 ρ_v, ρ_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 |