

Московская олимпиада школьников по физике

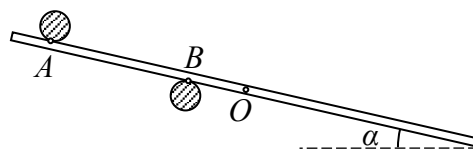
Очный нулевой тур

06-08 октября 2017

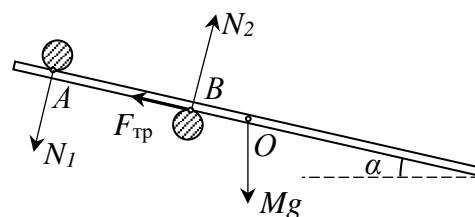
11 класс

Вариант А

Задача 1. Стержень лежит на двух горизонтальных валиках, касаясь их в точках A и B . Известны длина отрезка $AB = a$ и расстояние b между точкой A и центром тяжести прута O . Найдите коэффициент трения μ между валиком B и стержнем, если валик A гладкий, а прут образует с горизонтом угол α .



Возможное решение. На рисунке указаны силы, действующие на стержень. Рассмотрим пограничный случай, когда стержень покоится при минимальном значении коэффициента трения μ . Запишем уравнение моментов относительно точки пересечения линий действия сил N_1 и Mg :



$$F_{\text{тр}} \cdot b \operatorname{tg} \alpha = N_2 \cdot a.$$

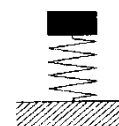
Из закона Амонтона-Кулона $F_{\text{тр}} = \mu N_2$. Значит, $\mu = \frac{a}{b} \operatorname{tg} \alpha$.

Окончательно получаем $\mu \geq \frac{a}{b} \operatorname{tg} \alpha$.

Критерии оценивания.

- | | |
|--|---------|
| 1. Указаны силы, действующие на стержень | 3 балла |
| 2. Указана точка, относительно которой записывается уравнение моментов | 1 балл |
| 3. Уравнение моментов | 3 балла |
| 4. Закона Амонтона-Кулона | 1 балл |
| 5. $\mu \geq \frac{a}{b} \operatorname{tg} \alpha$ | 2 балла |

Задача 2. На легкой пружине уравновешена гиря. Деформация пружины при этом составляет $x = 5$ см. Чтобы увеличить деформацию пружины вдвое, медленно приподнимая груз в вертикальном направлении, надо совершить работу $A = 9$ Дж. Найдите жесткость пружины.



Возможное решение. Условие равновесия гири в начальный момент: $mg = kx$, где m – масса гирьки, k – жесткость пружины. Запишем закон сохранения энергии, приняв «нулевой» уровень потенциальной энергии силы тяжести в начальном положении гири:

$$\frac{kx^2}{2} + A = 3mgx + \frac{k(2x)^2}{2} \Rightarrow A = \frac{3}{2}kx^2 + 3kx^2 \Rightarrow k = \frac{2A}{9x^2} \cong 800 \text{ Н/м.}$$

Критерии оценивания.

- | | |
|---|---------|
| 1. Условие равновесия гири в начальный момент | 2 балла |
| 2. Выражение потенциальной энергии силы упругости | 1 балл |
| 3. Выражение потенциальной энергии силы тяжести | 1 балл |
| 4. Записан закон сохранения энергии | 3 балла |
| 5. Найдено выражение для коэффициента жесткости пружины | 2 балла |
| 6. Получено численное значение коэффициента жесткости пружины | 1 балл |

Задача 3. В сосуде под поршнем находится некоторая масса кислорода при температуре $2T$. В него закачивают ещё такую же массу водорода, а температуру понижают до T . Найдите, во сколько раз изменился объём содержимого под поршнем. Газы считать идеальными. Молярная масса кислорода 32 г/моль, водорода 2 г/моль.

Возможное решение. Запишем два уравнения состояния для начального состояния и для конечного:

$$pV_1 = \frac{m}{\mu_1} R \cdot 2T,$$

$$pV_2 = \left(\frac{m}{\mu_1} + \frac{m}{\mu_2} \right) R \cdot T.$$

Разделив одно уравнение на другое, получаем

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{\frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2}}{\frac{2}{\mu_1}} = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{\mu_1}{\mu_2} \right) = 8,5.$$

Критерии оценивания.

- | | |
|--|---------|
| 1. $p_1 = p_2 = p$ | 2 балла |
| 2. $pV_1 = \frac{m}{\mu_1} R \cdot 2T$ | 3 балла |
| 3. $pV_2 = \left(\frac{m}{\mu_1} + \frac{m}{\mu_2} \right) R \cdot T$ | 3 балла |
| 4. $\frac{V_2}{V_1} = 8,5$ | 2 балла |

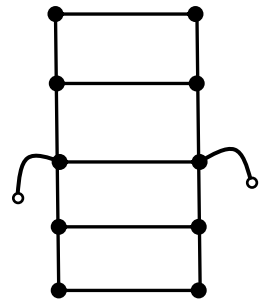
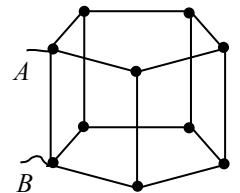
Задача 4. Определите эквивалентное сопротивление проволочной сетки между узлами A и B , если сопротивление каждого проводника равно R .

Возможное решение. Эквивалентная схема представлена на рисунке. Воспользовавшись формулами для параллельного и последовательного соединений, окончательно получаем

$$R_{AB} = \frac{11}{19} R.$$

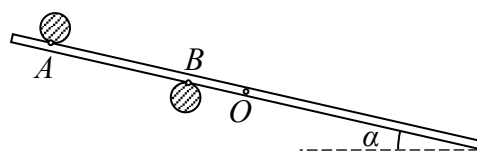
Критерии оценивания.

- | | |
|---|---------|
| 1. Эквивалентная схема | 4 балла |
| 2. Формула для последовательного соединения | 2 балла |
| 3. Формула для параллельного соединения | 2 балла |
| 4. $R_{AB} = \frac{11}{19} R$ | 2 балла |

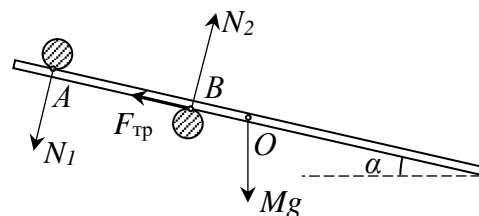


Вариант В

Задача 1. Стержень лежит на двух горизонтальных валиках, касаясь их в точках A и B . Известны длина отрезка $AB = a$ и расстояние b между точкой A и центром тяжести прута O . Найдите коэффициент трения μ между валиком B и стержнем, если валик A гладкий, а прут образует с горизонтом угол α .



Возможное решение. На рисунке указаны силы, действующие на стержень. Рассмотрим пограничный случай, когда стержень покоится при минимальном значении коэффициента трения μ . Запишем уравнение моментов относительно точки пересечения линий действия сил N_1 и Mg :



$$F_{\text{тр}} \cdot b \operatorname{tg} \alpha = N_2 \cdot a.$$

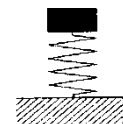
Из закона Амонтона-Кулона $F_{\text{тр}} = \mu N_2$. Значит, $\mu = \frac{a}{b} \operatorname{tg} \alpha$.

Окончательно получаем $\mu \geq \frac{a}{b} \operatorname{tg} \alpha$.

Критерии оценивания.

- | | |
|--|---------|
| 1. Указаны силы, действующие на стержень | 3 балла |
| 2. Указана точка, относительно которой записывается уравнение моментов | 1 балл |
| 3. Уравнение моментов | 3 балла |
| 4. Закона Амонтона-Кулона | 1 балл |
| 5. $\mu \geq \frac{a}{b} \operatorname{tg} \alpha$ | 2 балла |

Задача 2. На легкой пружине уравновешена гиря. Деформация пружины при этом составляет $x = 6$ см. Чтобы увеличить деформацию пружины вдвое, медленно приподнимая груз в вертикальном направлении, надо совершить работу $A = 10$ Дж. Найдите жесткость пружины.



Возможное решение. Условие равновесия гири в начальный момент: $mg = kx$, где m – масса гирьки, k – жесткость пружины. Запишем закон сохранения энергии, приняв «нулевой» уровень потенциальной энергии силы тяжести в начальном положении гири:

$$\frac{kx^2}{2} + A = 3mgx + \frac{k(2x)^2}{2} \Rightarrow A = \frac{3}{2}kx^2 + 3kx^2 \Rightarrow k = \frac{2A}{9x^2} \cong 617 \text{ Н/м.}$$

Критерии оценивания.

- | | |
|---|---------|
| 1. Условие равновесия гири в начальный момент | 2 балла |
| 2. Выражение потенциальной энергии силы упругости | 1 балл |
| 3. Выражение потенциальной энергии силы тяжести | 1 балл |
| 4. Записан закон сохранения энергии | 3 балла |
| 5. Найдено выражение для коэффициента жесткости пружины | 2 балла |
| 6. Получено численное значение коэффициента жесткости пружины | 1 балл |

Задача 3. В сосуде под поршнем находится некоторая масса кислорода при температуре $3T$. В него закачивают ещё такую же массу водорода, а температуру понижают до T . Найдите, во сколько раз изменился объем содержимого под поршнем. Газы считать идеальными. Молярная масса кислорода 32 г/моль, водорода 2 г/моль.

Возможное решение. Запишем два уравнения состояния для начального состояния и для конечного:

$$pV_1 = \frac{m}{\mu_1} R \cdot 3T,$$

$$pV_2 = \left(\frac{m}{\mu_1} + \frac{m}{\mu_2} \right) R \cdot T.$$

Разделив одно уравнение на другое, получаем

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{\frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2}}{\frac{3}{\mu_1}} = \frac{1}{3} \left(1 + \frac{\mu_1}{\mu_2} \right) = \frac{17}{3}.$$

Критерии оценивания.

- | | |
|--|---------|
| 1. $p_1 = p_2 = p$ | 2 балла |
| 2. $pV_1 = \frac{m}{\mu_1} R \cdot 3T$ | 3 балла |
| 3. $pV_2 = \left(\frac{m}{\mu_1} + \frac{m}{\mu_2} \right) R \cdot T$ | 3 балла |
| 4. $\frac{V_2}{V_1} = \frac{17}{3}$ | 2 балла |

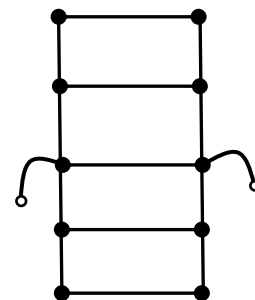
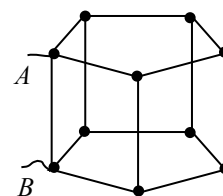
Задача 4. Определите эквивалентное сопротивление проволочной сетки между узлами A и B , если сопротивление каждого проводника равно R .

Возможное решение. Эквивалентная схема представлена на рисунке. Воспользовавшись формулами для параллельного и последовательного соединений, окончательно получаем

$$R_{AB} = \frac{11}{19} R.$$

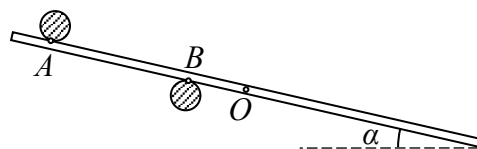
Критерии оценивания.

- | | |
|---|---------|
| 1. Эквивалентная схема | 4 балла |
| 2. Формула для последовательного соединения | 2 балла |
| 3. Формула для параллельного соединения | 2 балла |
| 4. $R_{AB} = \frac{11}{19} R$ | 2 балла |

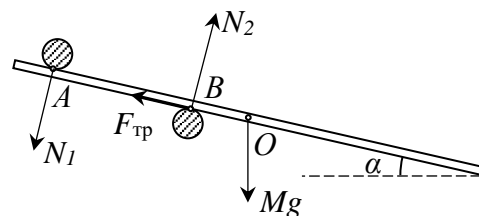


Вариант С

Задача 1. Стержень лежит на двух горизонтальных валиках, касаясь их в точках A и B . Известны длина отрезка $AB = a$ и расстояние b между точкой A и центром тяжести прута O . Найдите коэффициент трения μ между валиком B и стержнем, если валик A гладкий, а прут образует с горизонтом угол α .



Возможное решение. На рисунке указаны силы, действующие на стержень. Рассмотрим пограничный случай, когда стержень покоится при минимальном значении коэффициента трения μ . Запишем уравнение моментов относительно точки пересечения линий действия сил N_1 и Mg :



$$F_{\text{тр}} \cdot b \operatorname{tg} \alpha = N_2 \cdot a.$$

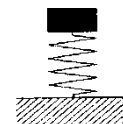
Из закона Амонтона-Кулона $F_{\text{тр}} = \mu N_2$. Значит, $\mu = \frac{a}{b} \operatorname{tg} \alpha$.

Окончательно получаем $\mu \geq \frac{a}{b} \operatorname{tg} \alpha$.

Критерии оценивания.

- | | |
|--|---------|
| 1. Указаны силы, действующие на стержень | 3 балла |
| 2. Указана точка, относительно которой записывается уравнение моментов | 1 балл |
| 3. Уравнение моментов | 3 балла |
| 4. Закона Амонтона-Кулона | 1 балл |
| 5. $\mu \geq \frac{a}{b} \operatorname{tg} \alpha$ | 2 балла |

Задача 2. На легкой пружине уравновешена гиря. Деформация пружины при этом составляет $x = 7$ см. Чтобы увеличить деформацию пружины вдвое, медленно приподнимая груз в вертикальном направлении, надо совершить работу $A = 15$ Дж. Найдите жесткость пружины.



Возможное решение. Условие равновесия гири в начальный момент: $mg = kx$, где m – масса гирьки, k – жесткость пружины. Запишем закон сохранения энергии, приняв «нулевой» уровень потенциальной энергии силы тяжести в начальном положении гири:

$$\frac{kx^2}{2} + A = 3mgx + \frac{k(2x)^2}{2} \Rightarrow A = \frac{3}{2}kx^2 + 3kx^2 \Rightarrow k = \frac{2A}{9x^2} \cong 680 \text{ Н/м.}$$

Критерии оценивания.

- | | |
|---|---------|
| 1. Условие равновесия гири в начальный момент | 2 балла |
| 2. Выражение потенциальной энергии силы упругости | 1 балл |
| 3. Выражение потенциальной энергии силы тяжести | 1 балл |
| 4. Записан закон сохранения энергии | 3 балла |
| 5. Найдено выражение для коэффициента жесткости пружины | 2 балла |
| 6. Получено численное значение коэффициента жесткости пружины | 1 балл |

Задача 3. В сосуде под поршнем находится некоторая масса кислорода при температуре $4T$. В него закачивают ещё такую же массу водорода, а температуру понижают до T . Найдите, во сколько раз изменился объем содержимого под поршнем. Газы считать идеальными. Молярная масса кислорода 32 г/моль, водорода 2 г/моль.

Возможное решение. Запишем два уравнения состояния для начального состояния и для конечного:

$$pV_1 = \frac{m}{\mu_1} R \cdot 4T,$$

$$pV_2 = \left(\frac{m}{\mu_1} + \frac{m}{\mu_2} \right) R \cdot T.$$

Разделив одно уравнение на другое, получаем

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{\frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2}}{\frac{4}{\mu_1}} = \frac{1}{4} \left(1 + \frac{\mu_1}{\mu_2} \right) = \frac{17}{4}.$$

Критерии оценивания.

- | | |
|--|---------|
| 1. $p_1 = p_2 = p$ | 2 балла |
| 2. $pV_1 = \frac{m}{\mu_1} R \cdot 2T$ | 3 балла |
| 3. $pV_2 = \left(\frac{m}{\mu_1} + \frac{m}{\mu_2} \right) R \cdot T$ | 3 балла |
| 4. $\frac{V_2}{V_1} = \frac{17}{4}$ | 2 балла |

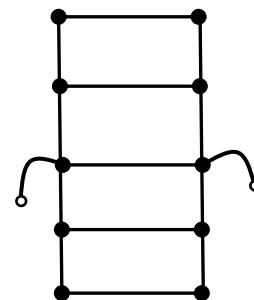
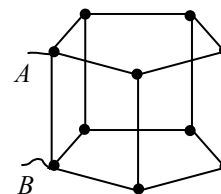
Задача 4. Определите эквивалентное сопротивление проволочной сетки между узлами *A* и *B*, если сопротивление каждого проводника равно *R*.

Возможное решение. Эквивалентная схема представлена на рисунке. Воспользовавшись формулами для параллельного и последовательного соединений, окончательно получаем

$$R_{AB} = \frac{11}{19} R.$$

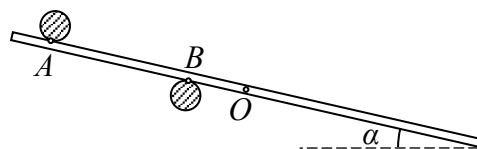
Критерии оценивания.

- | | |
|---|---------|
| 1. Эквивалентная схема | 4 балла |
| 2. Формула для последовательного соединения | 2 балла |
| 3. Формула для параллельного соединения | 2 балла |
| 4. $R_{AB} = \frac{11}{19} R$ | 2 балла |

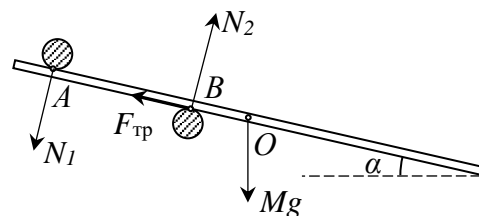


Вариант D

Задача 1. Стержень лежит на двух горизонтальных валиках, касаясь их в точках A и B . Известны длина отрезка $AB = a$ и расстояние b между точкой A и центром тяжести прута O . Найдите коэффициент трения μ между валиком B и стержнем, если валик A гладкий, а прут образует с горизонтом угол α .



Возможное решение. На рисунке указаны силы, действующие на стержень. Рассмотрим пограничный случай, когда стержень покоится при минимальном значении коэффициента трения μ . Запишем уравнение моментов относительно точки пересечения линий действия сил N_1 и Mg :



$$F_{\text{тр}} \cdot b \operatorname{tg} \alpha = N_2 \cdot a.$$

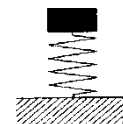
Из закона Амонтона-Кулона $F_{\text{тр}} = \mu N_2$. Значит, $\mu = \frac{a}{b} \operatorname{tg} \alpha$.

Окончательно получаем $\mu \geq \frac{a}{b} \operatorname{tg} \alpha$.

Критерии оценивания.

- | | |
|--|---------|
| 1. Указаны силы, действующие на стержень | 3 балла |
| 2. Указана точка, относительно которой записывается уравнение моментов | 1 балл |
| 3. Уравнение моментов | 3 балла |
| 4. Закона Амонтона-Кулона | 1 балл |
| 5. $\mu \geq \frac{a}{b} \operatorname{tg} \alpha$ | 2 балла |

Задача 2. На легкой пружине уравновешена гиря. Деформация пружины при этом составляет $x = 8$ см. Чтобы увеличить деформацию пружины вдвое, медленно приподнимая груз в вертикальном направлении, надо совершить работу $A = 20$ Дж. Найдите жесткость пружины.



Возможное решение. Условие равновесия гири в начальный момент: $mg = kx$, где m – масса гирьки, k – жесткость пружины. Запишем закон сохранения энергии, приняв «нулевой» уровень потенциальной энергии силы тяжести в начальном положении гири:

$$\frac{kx^2}{2} + A = 3mgx + \frac{k(2x)^2}{2} \Rightarrow A = \frac{3}{2}kx^2 + 3kx^2 \Rightarrow k = \frac{2A}{9x^2} \cong 694 \text{ Н/м.}$$

Критерии оценивания.

- | | |
|---|---------|
| 1. Условие равновесия гири в начальный момент | 2 балла |
| 2. Выражение потенциальной энергии силы упругости | 1 балл |
| 3. Выражение потенциальной энергии силы тяжести | 1 балл |
| 4. Записан закон сохранения энергии | 3 балла |
| 5. Найдено выражение для коэффициента жесткости пружины | 2 балла |
| 6. Получено численное значение коэффициента жесткости пружины | 1 балл |

Задача 3. В сосуде под поршнем находится некоторая масса кислорода при температуре $5T$. В него закачивают ещё такую же массу водорода, а температуру понижают до T . Найдите, во сколько раз изменился объем содержимого под поршнем. Газы считать идеальными. Молярная масса кислорода 32 г/моль, водорода 2 г/моль.

Возможное решение. Запишем два уравнения состояния для начального состояния и для конечного:

$$pV_1 = \frac{m}{\mu_1} R \cdot 5T,$$

$$pV_2 = \left(\frac{m}{\mu_1} + \frac{m}{\mu_2} \right) R \cdot T.$$

Разделив одно уравнение на другое, получаем

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{\frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2}}{\frac{2}{\mu_1}} = \frac{1}{5} \left(1 + \frac{\mu_1}{\mu_2} \right) = \frac{17}{5}.$$

Критерии оценивания.

- | | |
|--|---------|
| 1. $p_1 = p_2 = p$ | 2 балла |
| 2. $pV_1 = \frac{m}{\mu_1} R \cdot 2T$ | 3 балла |
| 3. $pV_2 = \left(\frac{m}{\mu_1} + \frac{m}{\mu_2} \right) R \cdot T$ | 3 балла |
| 4. $\frac{V_2}{V_1} = \frac{17}{5}$ | 2 балла |

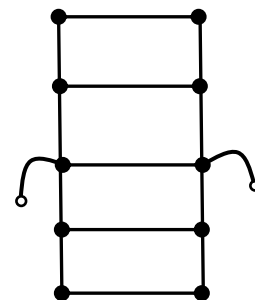
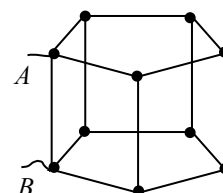
Задача 4. Определите эквивалентное сопротивление проволочной сетки между узлами A и B , если сопротивление каждого проводника равно R .

Возможное решение. Эквивалентная схема представлена на рисунке. Воспользовавшись формулами для параллельного и последовательного соединений, окончательно получаем

$$R_{AB} = \frac{11}{19} R.$$

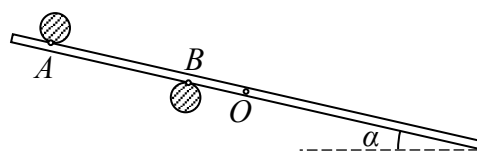
Критерии оценивания.

- | | |
|---|---------|
| 1. Эквивалентная схема | 4 балла |
| 2. Формула для последовательного соединения | 2 балла |
| 3. Формула для параллельного соединения | 2 балла |
| 4. $R_{AB} = \frac{11}{19} R$ | 2 балла |

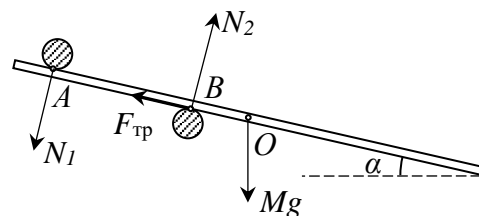


Вариант Е

Задача 1. Стержень лежит на двух горизонтальных валиках, касаясь их в точках A и B . Известны длина отрезка $AB = a$ и расстояние b между точкой A и центром тяжести прута O . Найдите коэффициент трения μ между валиком B и стержнем, если валик A гладкий, а прут образует с горизонтом угол α .



Возможное решение. На рисунке указаны силы, действующие на стержень. Рассмотрим пограничный случай, когда стержень покоится при минимальном значении коэффициента трения μ . Запишем уравнение моментов относительно точки пересечения линий действия сил N_1 и Mg :



$$F_{\text{тр}} \cdot b \operatorname{tg} \alpha = N_2 \cdot a.$$

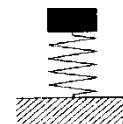
Из закона Амонтона-Кулона $F_{\text{тр}} = \mu N_2$. Значит, $\mu = \frac{a}{b} \operatorname{tg} \alpha$.

Окончательно получаем $\mu \geq \frac{a}{b} \operatorname{tg} \alpha$.

Критерии оценивания.

- | | |
|--|---------|
| 1. Указаны силы, действующие на стержень | 3 балла |
| 2. Указана точка, относительно которой записывается уравнение моментов | 1 балл |
| 3. Уравнение моментов | 3 балла |
| 4. Закона Амонтона-Кулона | 1 балл |
| 5. $\mu \geq \frac{a}{b} \operatorname{tg} \alpha$ | 2 балла |

Задача 2. На легкой пружине уравновешена гиря. Деформация пружины при этом составляет $x = 4$ см. Чтобы увеличить деформацию пружины вдвое, медленно приподнимая груз в вертикальном направлении, надо совершить работу $A = 7$ Дж. Найдите жесткость пружины.



Возможное решение. Условие равновесия гири в начальный момент: $mg = kx$, где m – масса гирьки, k – жесткость пружины. Запишем закон сохранения энергии, приняв «нулевой» уровень потенциальной энергии силы тяжести в начальном положении гири:

$$\frac{kx^2}{2} + A = 3mgx + \frac{k(2x)^2}{2} \Rightarrow A = \frac{3}{2}kx^2 + 3kx^2 \Rightarrow k = \frac{2A}{9x^2} \cong 972 \text{ Н/м.}$$

Критерии оценивания.

- | | |
|---|---------|
| 1. Условие равновесия гири в начальный момент | 2 балла |
| 2. Выражение потенциальной энергии силы упругости | 1 балл |
| 3. Выражение потенциальной энергии силы тяжести | 1 балл |
| 4. Записан закон сохранения энергии | 3 балла |
| 5. Найдено выражение для коэффициента жесткости пружины | 2 балла |
| 6. Получено численное значение коэффициента жесткости пружины | 1 балл |

Задача 3. В сосуде под поршнем находится некоторая масса кислорода при температуре $5T$. В него закачивают ещё такую же массу водорода, а температуру понижают до $2T$. Найдите, во сколько раз изменился объем содержимого под поршнем. Газы считать идеальными. Молярная масса кислорода 32 г/моль, водорода 2 г/моль.

Возможное решение. Запишем два уравнения состояния для начального состояния и для конечного:

$$pV_1 = \frac{m}{\mu_1} R \cdot 5T,$$

$$pV_2 = \left(\frac{m}{\mu_1} + \frac{m}{\mu_2} \right) R \cdot 2T.$$

Разделив одно уравнение на другое, получаем

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{\frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2}}{\frac{2}{\mu_1}} = \frac{2}{5} \left(1 + \frac{\mu_1}{\mu_2} \right) = \frac{34}{5}.$$

Критерии оценивания.

- | | |
|--|---------|
| 1. $p_1 = p_2 = p$ | 2 балла |
| 2. $pV_1 = \frac{m}{\mu_1} R \cdot 2T$ | 3 балла |
| 3. $pV_2 = \left(\frac{m}{\mu_1} + \frac{m}{\mu_2} \right) R \cdot T$ | 3 балла |
| 4. $\frac{V_2}{V_1} = \frac{34}{5}$ | 2 балла |

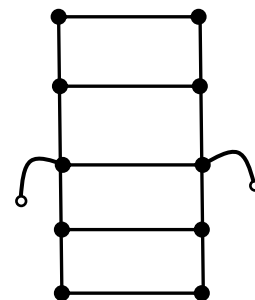
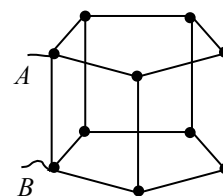
Задача 4. Определите эквивалентное сопротивление проволочной сетки между узлами A и B , если сопротивление каждого проводника равно R .

Возможное решение. Эквивалентная схема представлена на рисунке. Воспользовавшись формулами для параллельного и последовательного соединений, окончательно получаем

$$R_{AB} = \frac{11}{19} R.$$

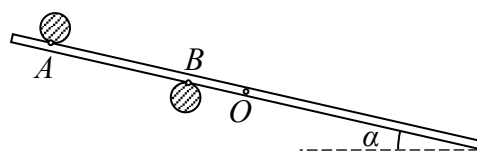
Критерии оценивания.

- | | |
|---|---------|
| 1. Эквивалентная схема | 4 балла |
| 2. Формула для последовательного соединения | 2 балла |
| 3. Формула для параллельного соединения | 2 балла |
| 4. $R_{AB} = \frac{11}{19} R$ | 2 балла |

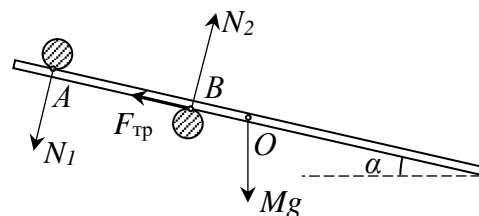


Вариант F

Задача 1. Стержень лежит на двух горизонтальных валиках, касаясь их в точках A и B . Известны длина отрезка $AB = a$ и расстояние b между точкой A и центром тяжести прута O . Найдите коэффициент трения μ между валиком B и стержнем, если валик A гладкий, а прут образует с горизонтом угол α .



Возможное решение. На рисунке указаны силы, действующие на стержень. Рассмотрим пограничный случай, когда стержень покоится при минимальном значении коэффициента трения μ . Запишем уравнение моментов относительно точки пересечения линий действия сил N_1 и Mg :



$$F_{\text{тр}} \cdot b \operatorname{tg} \alpha = N_2 \cdot a.$$

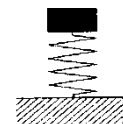
Из закона Амонтона-Кулона $F_{\text{тр}} = \mu N_2$. Значит, $\mu = \frac{a}{b} \operatorname{tg} \alpha$.

Окончательно получаем $\mu \geq \frac{a}{b} \operatorname{tg} \alpha$.

Критерии оценивания.

- | | |
|--|---------|
| 1. Указаны силы, действующие на стержень | 3 балла |
| 2. Указана точка, относительно которой записывается уравнение моментов | 1 балл |
| 3. Уравнение моментов | 3 балла |
| 4. Закона Амонтона-Кулона | 1 балл |
| 5. $\mu \geq \frac{a}{b} \operatorname{tg} \alpha$ | 2 балла |

Задача 2. На легкой пружине уравновешена гиря. Деформация пружины при этом составляет $x = 5$ см. Чтобы увеличить деформацию пружины вдвое, медленно приподнимая груз в вертикальном направлении, надо совершить работу $A = 8$ Дж. Найдите жесткость пружины.



Возможное решение. Условие равновесия гири в начальный момент: $mg = kx$, где m – масса гирьки, k – жесткость пружины. Запишем закон сохранения энергии, приняв «нулевой» уровень потенциальной энергии силы тяжести в начальном положении гири:

$$\frac{kx^2}{2} + A = 3mgx + \frac{k(2x)^2}{2} \Rightarrow A = \frac{3}{2}kx^2 + 3kx^2 \Rightarrow k = \frac{2A}{9x^2} \cong 711 \text{ Н/м.}$$

Критерии оценивания.

- | | |
|---|---------|
| 1. Условие равновесия гири в начальный момент | 2 балла |
| 2. Выражение потенциальной энергии силы упругости | 1 балл |
| 3. Выражение потенциальной энергии силы тяжести | 1 балл |
| 4. Записан закон сохранения энергии | 3 балла |
| 5. Найдено выражение для коэффициента жесткости пружины | 2 балла |
| 6. Получено численное значение коэффициента жесткости пружины | 1 балл |

Задача 3. В сосуде под поршнем находится некоторая масса кислорода при температуре $3T$. В него закачивают ещё такую же массу водорода, а температуру понижают до $2T$. Найдите, во сколько раз изменился объем содержимого под поршнем. Газы считать идеальными. Молярная масса кислорода 32 г/моль, водорода 2 г/моль.

Возможное решение. Запишем два уравнения состояния для начального состояния и для конечного:

$$pV_1 = \frac{m}{\mu_1} R \cdot 3T,$$

$$pV_2 = \left(\frac{m}{\mu_1} + \frac{m}{\mu_2} \right) R \cdot 2T.$$

Разделив одно уравнение на другое, получаем

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{\frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2}}{\frac{3}{\mu_1}} = \frac{2}{3} \left(1 + \frac{\mu_1}{\mu_2} \right) = \frac{34}{3}.$$

Критерии оценивания.

- | | |
|--|---------|
| 1. $p_1 = p_2 = p$ | 2 балла |
| 2. $pV_1 = \frac{m}{\mu_1} R \cdot 2T$ | 3 балла |
| 3. $pV_2 = \left(\frac{m}{\mu_1} + \frac{m}{\mu_2} \right) R \cdot T$ | 3 балла |
| 4. $\frac{V_2}{V_1} = \frac{34}{3}$ | 2 балла |

Задача 4. Определите эквивалентное сопротивление проволочной сетки между узлами *A* и *B*, если сопротивление каждого проводника равно *R*.

Возможное решение. Эквивалентная схема представлена на рисунке. Воспользовавшись формулами для параллельного и последовательного соединений, окончательно получаем

$$R_{AB} = \frac{11}{19} R.$$

Критерии оценивания.

- | | |
|---|---------|
| 1. Эквивалентная схема | 4 балла |
| 2. Формула для последовательного соединения | 2 балла |
| 3. Формула для параллельного соединения | 2 балла |
| 4. $R_{AB} = \frac{11}{19} R$ | 2 балла |

