

Решение задач областного этапа СО по физике (2024-2025 учебный год)

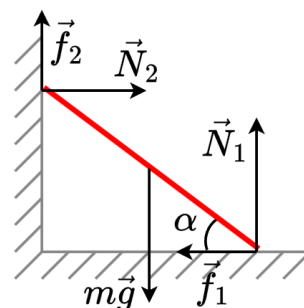
10 класс

Задача_1. (8,0 баллов)

Все силы, действующие на палку, указаны в векторном виде на рисунке справа. Поскольку палка в равновесии, векторная сумма всех сил равна нулю. В проекциях:

$$f_1 = N_2, \quad (1)$$

$$mg = N_1 + f_2 \quad (2)$$



Для палки скомпенсированы также все моменты сил, действующих на неё.

Это можно записать в основном тремя способами: относительно нижнего конца

$$mg \cdot \frac{L}{2} \cos \alpha = f_2 \cdot L \cos \alpha + N_2 \cdot L \sin \alpha, \quad (3a)$$

относительно верхнего конца

$$mg \cdot \frac{L}{2} \cos \alpha + f_1 \cdot L \sin \alpha = N_1 \cdot L \cos \alpha, \quad (3b)$$

или относительно центра масс

$$f_1 \cdot \frac{L}{2} \sin \alpha + f_2 \cdot \frac{L}{2} \cos \alpha + N_2 \cdot \frac{L}{2} \sin \alpha = N_1 \cdot \frac{L}{2} \cos \alpha. \quad (3c)$$

При минимальном угле α силы трения f_1 и f_2 равны своим предельным значениям

$$f_1 = \mu_1 N_1, \quad f_2 = \mu_2 N_2. \quad (4)$$

Совместно решая уравнения (1)-(3), получаем ответ

$$\tan \alpha_{\text{cr}} = \frac{1}{2\mu_1} - \frac{\mu_2}{2}. \quad (5)$$

Соответствующие силы реакции на землю и стену равны соответственно

$$N_1 = \frac{mg}{1 + \mu_1 \mu_2}, \quad N_2 = \frac{\mu_1 mg}{1 + \mu_1 \mu_2}. \quad (6)$$

Из уравнения (4) видно, что при определённых значениях μ_1 и μ_2 тангенс минимального угла может быть равным нулю или быть отрицательным. При таких значениях любое значение угла $\alpha \in [0^\circ; 90^\circ] \geq \alpha_{\text{cr}}$ будет всегда равновесным углом. Следовательно, нужно поставить условие

$$\frac{1}{2\mu_1} - \frac{\mu_2}{2} \leq 0 \Rightarrow \mu_1 \mu_2 \geq 1. \quad (7)$$

Содержание	Баллы
Уравнение (1)	1,0
Уравнение (2)	1,0
Уравнение (3a, 3b, 3c)	1,0
Как минимум одно из соотношений (4)	0,5
Выражение (5) или его эквивалент	1,5
Выражения (6)	2× 0,75
Условие (7)	1,5
Итого	8,0

Задача_2. (8,0 баллов)

Давление в газе должно превысить атмосферное на

$$\Delta P = \frac{\mu mg}{S} \quad (1)$$

Объём при этом должен увеличиться на

$$\Delta V = \frac{\mu mg}{k} S \quad (2)$$

$$Q = A + \Delta U \quad (3)$$

Работа газа по расширению газа – это работа против атмосферного давления и сил упругости пружины, поэтому

$$A = P_A \Delta V + \frac{kx^2}{2} = P_A \Delta V + \frac{k \Delta V^2}{2S^2} \quad (4)$$

$$A = \frac{\mu mg}{k} P_A S + \frac{(\mu mg)^2}{2k} \quad (5)$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R (T - T_0) A = \frac{\mu mg}{k} P_A S + \frac{(\mu mg)^2}{2k} \quad (6)$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} (PV - \nu RT_0) = \frac{3}{2} \left(P_A + \frac{\mu mg}{S} \right) \left(\frac{\nu RT_0}{P_A} + \frac{\mu mg}{k} S \right) - \frac{3}{2} \nu RT_0 \quad (7)$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \left(\frac{\mu mg}{S} \frac{\nu RT_0}{P_A} + \frac{\mu mg}{k} P_A S + \frac{(\mu mg)^2}{k} \right) \quad (8)$$

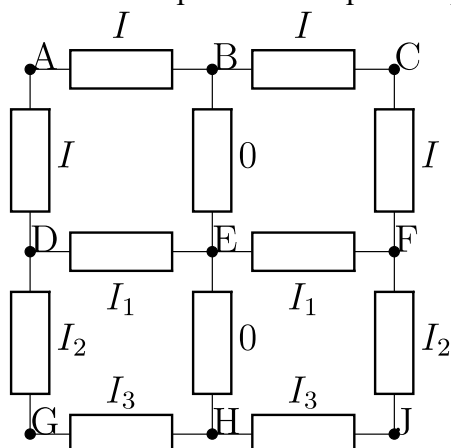
$$Q = A + \Delta U = \frac{5}{2} \frac{\mu mg}{k} P_A S + 2 \frac{(\mu mg)^2}{k} + \frac{3}{2} \frac{\mu mg}{S} \frac{\nu RT_0}{P_A} \quad (9)$$

$$Q = 78 \text{ Дж} \quad (10)$$

Содержание	Баллы
Уравнение (1)	1,0
Уравнение (2)	1,0
Уравнение (3)	0,5
Уравнение (4)	1,0
Уравнение (5)	0,5
Уравнение (6)	1,0
Уравнение (7)	1,0
Уравнение (8)	1,0
Уравнение (9)	0,5
Уравнение (10)	0,5
Итого	8,0

Задача_3. (7,0 баллов)

Все вольтметры заменим резисторами для удобства.



Из соображений симметрии токи через BE и EH равен нулю.

Значит DABCF соединены последовательно, следовательно через данный отрезок цепи течет одинаковый ток.

Разность потенциалов между DEF равно сумме напряжений DABCF

$$\varphi_D - \varphi_F = I_1 R + I_1 R = IR + IR + IR + IR \quad (1)$$

$$I_1 = 2I \quad (2)$$

Алгебраическая сумма токов в узле D

$$I + I_1 = I_2 \rightarrow I_2 = 3I \quad (3)$$

Разность потенциалов между GHJ равно сумме напряжений GDEFJ

$$\varphi_G - \varphi_J = I_3 R + I_3 R = I_2 R + I_1 R + I_1 R + I_2 R \quad (4)$$

$$I_3 = 5I \quad (5)$$

Значит сумма показаний всех вольтметров

$$U = 10IR + 10IR + 4IR = 24IR \quad (6)$$

Напряжение между точками GJ

$$U_1 = 10IR = 10 \frac{U}{24} \quad (7)$$

$$U_1 = 20 \text{ В} \quad (8)$$

Содержание	Баллы
Из соображений симметрии токи через BE и EH равен нулю.	1,0
Уравнение (1)	1
Уравнение (2)	0,5
Уравнение (3)	1
Уравнение (4)	1
Уравнение (5)	0,5
Уравнение (6)	1
Уравнение (7)	0,5
За численный ответ	0,5
Итого	7,0

Задача_4. (7,0 баллов)

Напряженность поля внутри сферы равна

$$E_{\text{внутри}} = 0 \quad (1)$$

а снаружи около поверхности сферы она равна

$$E_{\text{вне}} = \frac{kq}{R^2} \quad (2)$$

Однако в рассматриваемых точках напряженность поля E от остальной части сферы остается практически неизменной, в то время как направление напряженности поля удаленного участка изменяется.

$$E_{\text{внутри}} = E - \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} = 0 \quad (3)$$

Рассмотрим небольшую площадку с площадью ΔS на поверхности данной сферы. Напряженность поля, создаваемая остальной частью сферы в точках этой площадки, будет равна

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \quad (4)$$

На эту площадку воздействует сила со стороны остальной части сферы:

$$\Delta F = E \Delta q \quad (5)$$

$$\Delta q = \sigma \Delta S \quad (6)$$

$$\sum \Delta S = \pi R^2 \quad (7)$$

$$F = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \sigma \pi R^2 \quad (8)$$

Содержание	Баллы
Уравнение (1)	0,5
Уравнение (2)	0,5
Уравнение (3)	1
Уравнение (4)	1
Уравнение (5)	1
Уравнение (6)	1
Уравнение (7)	1
Уравнение (8)	1
Итого	7,0