Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по физике 2018/19 учебный год 10 класс

Возможные решения и критерии оценивания

1. «Не бегай по эскалатору»

По движущемуся эскалатору бегут вниз два человека: один со скоростью **u**, другой – со скоростью **nu**. Первый насчитал **p** ступенек, второй – **q** ступенек. Найти число ступенек **N** и скорость ***v*** эскалатора.

Решение

Если обозначить длину спуска через l, то число ступенек на единицу его длины будет N/l. Время пробега первого человека вдоль всего спуска равно $l/(v+u)$, а пройденное им расстояние равно $ul/(v+u)$. Время пробега второго человека равно $l/(v+nu)$, а пройденное им расстояние — $nul/(v+nu)$.

Число ступенек, насчитанное в первом и втором случаях, соответственно равно

$$\frac{ul}{v+u}\frac{N}{l}=p; \quad \frac{nul}{v+nu}\frac{N}{l}=q.$$

Из этих уравнений находим

$$v=u\frac{n(q-p)}{np-q}; \quad N=p\left(1+\frac{v}{u}\right)=\frac{pq(n-1)}{np-q}.$$

Рекомендуемые критерии оценивания

1. Нарисованы (желательно) и обозначены используемые в задаче параметры (скорость, время, расстояние) для каждого участника движения и эскалатора – 1 балл.
2. Записаны соотношения времени пробега в зависимости от расстояния и скорости и пройденное при этом расстояние для каждого участника движения – 2 балла.
3. Записаны уравнения для числа пройденных ступеней через количество ступенек на единицу длины N/l - 3 балла.
4. Решена система уравнений и получено выражение для скорости эскалатора – 2 балла.
5. Решена система уравнений и получено выражение для числа ступенек эскалатора – 2 балла.

2. «Движение в связке»

Два груза с массами m_1 и m_2 связаны между собой тросом, масса которого равна $m_т$. Грузы движутся ускоренно вверх под действием вертикальной силы F, приложенной к верхнему грузу с массой m_1. Найти силу натяжения в верхнем конце, в середине и в нижнем конце троса.

Решение

По второму закону Ньютона для всей системы

$$F - m_1 g - m_т - m_2 g = (m_1 + m_т + m_2)\, a,$$

откуда

$$a = \frac{F - g\,(m_1 + m_т + m_2)}{m_1 + m_т + m_2} = \frac{F}{m_1 + m_т + m_2} - g.$$

Натяжение троса:

на верхнем конце

$$F - m_1 (a + g) = (m_т + m_2)(a + g) = \frac{F\,(m_т + m_2)}{m_1 + m_т + m_2};$$

в середине

$$F - \left(m_1 + \frac{m_т}{2}\right)(a + g) = \left(\frac{m_т}{2} + m_2\right)(a + g) = \frac{F\left(\frac{m_т}{2} + m_2\right)}{m_1 + m_т + m_2};$$

на нижнем конце

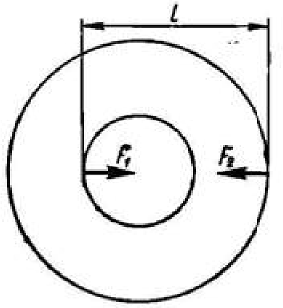
$$F - (m_1 + m_т)(a + g) = m_2 (a + g) = \frac{F m_2}{m_1 + m_т + m_2}.$$

Рекомендуемые критерии оценивания

1. Нарисованы (желательно) и указаны используемые в задаче параметры (сила тяжести, сила натяжения с указанием места приложения и направления для каждого случая, направление ускорения) – 2 балла.
2. Записан второй закон Ньютона для движущейся системы тел – 3 балла.
3. Получено соотношение для ускорения - 2 балла.
4. Записано правильно выражение: для T_1 – 1 балл.
5. Записано правильно выражение: для T_2 – 1 балл.
6. Записано правильно выражение: для T_3 – 1 балл.

3. «Парные звёзды»

Две звезды с массами m_1 и m_2 , указанные на рисунке в виде материальной точки, равномерно вращаются по концентрическим окружностям вокруг центра, причём расстояние между ними всегда постоянно и равно l. Найти радиусы орбит и периоды обращения звёзд.



Решение

Так как обе звезды равномерно движутся по окружностям, то сила, действующая на каждую из них, является центростремительной. Согласно третьему закону Ньютона эти силы равны друг другу

$$F_1 = F_2;\ m_1\omega_1^2 r_1 = m_2\omega_2^2 r_2$$

или

$$\frac{4\pi^2 m_1 r_1}{T_1^2} = \frac{4\pi^2 m_2 r_2}{T_2^2}.$$

Так как по условию расстояние l между звездами постоянно, то $T_1 = T_2$ и

$$m_1 r_1 = m_2 r_2;\ r_1 + r_2 = l.$$

Отсюда

$$r_1 = \frac{m_2 l}{m_1 + m_2};\ r_2 = \frac{m_1 l}{m_1 + m_2}.$$

Если $m_1 \gg m_2$, то $r_2 \gg r_1$, т. е. малая звезда вращается вокруг большой.

Так как $F_1 = F_2 = \gamma m_1 m_2 / l^2$, то, приравнивая это выражение центростремительной силе, находим, например, для первой звезды

$$\frac{\gamma m_1 m_2}{l^2} = \frac{4\pi^2 m_1 r_1}{T_1^2},$$

откуда

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{l^3}{\gamma (m_1 + m_2)}} = T_2.$$

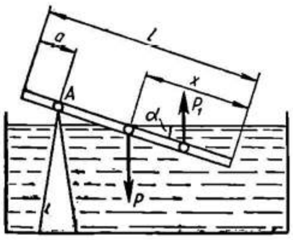
Рекомендуемые критерии оценивания

1. Записан третий закон Ньютона для движущейся системы из 2х тел – 1 балл.
2. Силы взаимодействия выражены через центростремительное ускорение – 2 балла.
3. Сделан правильный вывод равенства периодов обращения из заданного условия задачи – 1 балл.
4. Записана система 2-х уравнений для радиусов обращения – 1 балл.
5. Система решена и получены правильные ответы для радиусов – 1 балл.
6. Силы взаимодействия звёзд выражены через гравитационное взаимодействие и приравнены рассмотренной ранее центростремительной силе – 2 балла.
7. Получен правильный ответ для периодов вращения – 2 балла.

4. « Палка в воде»

Однородный деревянный стержень длиной l = 50 см одним концом лежит на опоре А, а другим концом погружен в воду. Длина участка, выступающего за опору, равна a= 5 см. Плотность древесины **ρ** = 900 кг/м^3. Найти длину погруженной части.

Решение



На стержень действуют сила тяжести P и выталкивающая сила P_A, приложенная к геометрическому центру погруженной части. Так как стержень находится в равновесии, то сумма моментов относительно точки A равна нулю:

$$P_1\,(l-a-x/2)\cos\alpha = P\,(l/2-a)\cos\alpha,$$

где $P_1=\rho_0 Sx$; $P=\rho lS$; S — площадь поперечного сечения стержня; ρ_0 — плотность воды.

Отсюда

$$x=(l-a)\pm\sqrt{(l-a)^2-\frac{\rho}{\rho_0}\,l\,(l-2a)}.$$

Так как $x<(l-a)$, то следует выбрать знак минус.

Подставить числовые значения и получить ответ. X= 30 см.

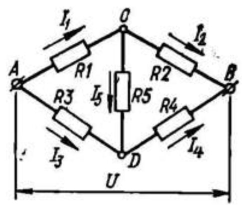
Рекомендуемые критерии оценивания

1. Нарисованы и указаны используемые и искомые в задаче параметры – 2 балла.
2. Записано условие равновесия – 2 балла.
3. Решено уравнение – 4 балла.
4. Получен численный ответ – 2 балла.

5. «Электрический мост»

В цепи моста, показанного на рисунке,R_1 = 4 Ом, R_2 = 10 Ом, R_3 =40 Ом, R_4 = 20 Ом, U = 60 В. Известно, что через R_2 течёт ток I_2 = 4 А.

Найти R_5.



Решение

Согласно закону Ома для участка цепи:

$$\left.\begin{aligned}\varphi_A-\varphi_C&=I_1R1;\\ \varphi_C-\varphi_B&=I_2R2;\end{aligned}\right\}\qquad(1)$$

$$\left.\begin{aligned}\varphi_A-\varphi_D&=I_3R3;\\ \varphi_D-\varphi_B&=I_4R4,\end{aligned}\right\}\qquad(2)$$

где φ_A, φ_B, φ_C, φ_D — потенциалы точек A, B, C, D.

Из уравнений (1), почленно складывая их, получаем:

$$\varphi_A-\varphi_B=I_1R1+I_2R2 \text{ или } U=I_1R1+I_2R2,$$

откуда находим

$$I_1 = \frac{U - I_2R2}{R1} = 5 \text{ А}.$$

Для узла C: $I_2 + I_5 = I_1$; $I_5 = 1$ А.
Для узла D: $I_4 = I_2 + I_5$.
Из уравнений (2): $\varphi_A - \varphi_B = I_3R3 + I_4R4$, т. е. $U = I_3R3 + I_4R4$.
Из уравнений (1) и (2): $\varphi_C - \varphi_D = I_2R2 - I_4R4$. С другой стороны, согласно закону Ома $\varphi_C - \varphi_D = R5I_5$. Таким образом, получаем систему уравнений:

$$U = I_3R3 + I_4R4;$$
$$I_5R5 = I_2R2 - I_4R4;$$
$$I_3 + I_5 = I_4.$$

Решая систему относительно $R5$, получаем

$$R5 = \frac{I_2R2 - \dfrac{R4\,(U + I_5R3)}{R3 + R4}}{I_5} \approx 6{,}7 \text{ Ом}.$$

Рекомендуемые критерии оценивания

1. Нарисованы (желательно) и указаны используемые и искомые в задаче параметры (сопротивления, токи, потенциалы) – 1 балл.
2. Записаны законы Ома для участков AC, CB, AD, DB – 1 балл.
3. Для каждого узла A, B, C, D записаны соотношения токов – 3.балла;
4. Получена система уравнений, включающих соотношение токов для узла и закон Ома для участка цепи – 2 балла.
5. Решена система относительно R_5 – 2 балла.
6. Получен правильный численный ответ – 1 балл.