Ответы

Вариант 1

- 1. $V = 4r/(T\cos\alpha)$.
- 2. $(1 + \mu_1^2)^{1/4} [2L/(g(\mu_1 \mu_2))]^{1/2}$.
- 3.42%.
- 4. Теплоемкость воды c(X) = 4200/5.3 = 790 Ед. теплоемкости(X).
- 5. 2 A.

Вариант 2

- 1. $r = VT \cos \alpha/4$
- 2. $(1 + \mu_1^2)^{-1/4} [2Lg(\mu_1 \mu_2)]^{1/2}$
- 3. 18%
- 4. Теплоемкость воды c(X) = 4200/5.3 = 790 Ед. теплоемкости(X)
- 5. 1 A.

РЕШЕНИЯ

I вариант

Задача 1.

Модуль горизонтальной проекции скорости мячика равен $V\cos\alpha$ (1 балл) и не меняется как во время свободного полета (1 балл), так и после ударов об стенку и потолок (2 **балла**). За время полета T мячик пролетел по горизонтали путь 4r (**2 балла**).

Следовательно, $VT\cos\alpha = 4r$ (1 балл). И ответ (3 балла):

$$V = 4r/(T\cos\alpha)$$

Задача 2.

Угол, при котором начнется соскальзывание резины, определяется из известного условия $tg\alpha = \mu_1$ (2 балла), так как сила трения описывается коэффициентом трения покоя. После начала движения сила трения будет равна $F_{mp} = \mu_2 N$ (2 балла). Запишем уравнения движения в проекциях

x)
$$mg\sin\alpha - F_{mp} = ma$$

y) $mg\cos\alpha - N = 0$

Определяя из этих уравнений ускорение получим:

$$a = g(\sin\alpha - \mu_2\cos\alpha)$$
 (2 балла)

Зная длину доски можно определить, пользуясь известными формулами равноускоренного движения:

$$t = (2L/a)^{1/2}$$
 (2 балла)

 $t = (2L/a)^{1/2}~(\mathbf{2}~\mathbf{баллa})$ Ответ: $(1+\mu_1^{\ 2})^{1/4}[2L/(g(\mu_1-\mu_2))]^{1/2}~(\mathbf{2}~\mathbf{баллa})$

Задача 3.

Пусть высота отметки 1 литр - h. Рассмотрим один из шариков в мензурке. Его энергия равна (3/4)mgh (отсчитываем потенциальную энергию от дна мензурки) (1 балл). Пусть в момент начала движения мензурки высота шарика над дном была h_1 . Перейдем в систему отсчета мензурки. Если мензурка движется с ускорением g/2 вниз, эквивалентное ускорение свободного падения в такой системе равняется g/2 (g-g/2). Поэтому начало движения эквивалентно переключению ускорения свободного падения с g на g/2 (2 балла).

При таком переключении кинетическая энергия шарика не меняется, а потенциальная уменьшится на $mgh_1/2$. Полная энергия шарика станет равняться $(3/4)mgh-mgh_1/2$ (2) балла). Для того чтобы шарик начал долетать до высоты h (отметки 1 литр) энергия должна быть больше mgh/2 (1 балл). В результате получаем условие (1 балл):

$$\frac{3}{4}mgh - \frac{mgh_1}{2} \ge \frac{mgh}{2} \Longrightarrow h_1 \le \frac{h}{2}$$

Таким образом, если в момент начала движения шарик находится ниже отметки 500 мл, он начнет долетать до отметки 1 литр.

Рассмотрим движение шарика от отметки 750 мл к дну мензурки до начала ее движения.

Первую четверть пути он проходит за время $t_1 = \sqrt{\frac{2(h/4)}{g}}$ весь путь он проходит за время

$$t_1 = \sqrt{\frac{2(3h/4)}{g}}$$
. Следовательно, шарик проводит в нижней части мензурки $\frac{\left(\sqrt{3}-1\right)}{\sqrt{3}} \approx 42\%$

всего времени (2 балла). И если мензурку начали опускать именно в это время, он начнет долетать до отметки 1 литр. Следовательно, так как банку начали опускать в случайный момент времени, примерно 42% шариков начнет долетать до отметки 1 литр (1 балл).

Залача 4.

Единицы измерения величин связаны такими же формулами, как и сами величины, не учитывая безразмерных коэффициентов стоящих в формулах. (2 балла)

Ед. теплоемкости = Ед. энергии / Ед. массы / Ед. температуры = ... (2 балла)

$$=$$
 Ед. (скорости) 2 / Ед. температуры $=$... $=$ Ед. ускорения · Ед. длины/Ед. Температуры (**2 балла**)

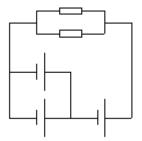
Подставляя данные из примечания к условию, получим:

Ед. теплоемкости(X) = $9.8 \cdot 0.3 / (5/9)$ Ед. теплоемкости(СИ) = 5.3 Ед. СИ (**2 балла**) Теплоемкость воды c(X) = 4200/5.3 (**1 балл**)

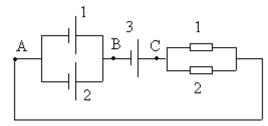
= 790 Ед. теплоемкости(X) (**1 балл**)

Задача 5.

Резисторы 1 и 2 включены параллельно, поэтому схему можно перерисовать:



Или так:



Напряжение между точками A и B равно 2 В - это напряжение на полюсах батарейки 1 (или 2) (**3 балла**). Напряжение между точками B и C равно 6 В, поэтому напряжение между точками A и C, то есть на каждом из резисторов (**1 балл**), равно 8 В (**1 балл**). Значит, через каждый резистор течет ток 2 А (**1 балл**). Через батарейку 3 течет суммарный ток, равный 4 А (**1 балл**). Поскольку батарейки 1 и 2 одинаковые, через каждую из них течет половина суммарного тока (**1 балл**), то есть 2 А (**2 балла**).

II вариант

Задача 1.

Модуль горизонтальной проекции скорости мячика равен $V\cos\alpha$ (1 балл) и не меняется как во время свободного полета (1 балл), так и после ударов об стенку и потолок (2 балла). За время полета T мячик пролетел по горизонтали путь 4r (2 балла).

Следовательно, $VT\cos\alpha = 4r$ (1 балл). И ответ (3 балла):

$$r = VT\cos\alpha/4$$

Задача 2.

Угол, при котором начнется соскальзывание резины, определяется из известного условия $tg\alpha=\mu_1$ (**2 балла**), так как сила трения описывается коэффициентом трения покоя. После начала движения сила трения будет равна $F_{mp}=\mu_2 N$ (**2 балла**). Запишем уравнения движения в проекциях

x)
$$mg\sin\alpha - F_{mp} = ma$$

y) $mg\cos\alpha - N = 0$

Определяя из этих уравнений ускорение получим:

$$a = g(\sin\alpha - \mu_2\cos\alpha)$$
 (2 балла)

Зная длину доски можно определить, пользуясь известными формулами равноускоренного движения:

$$v = (2La)^{1/2}$$
 (2 балла)

Ответ: $(1+\mu_1^2)^{-1/4}[2Lg(\mu_1-\mu_2)]^{1/2}$ (2 балла)

Задача 3.

$$\frac{3}{2}mgh + mgh_1 \le 2mgh \Longrightarrow h_1 \le \frac{h}{2}$$

Таким образом, если в момент начала движения шарик находится ниже отметки 500 мл, он больше не будет долетать до отметки 1 литр.

Рассмотрим движение шарика от отметки 1.5 литра к дну мензурки до начала ее

движения. Высоту h он проходит за время $t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}}$, весь путь он проходит за время

$$t_1 = \sqrt{\frac{2(3h/2)}{g}}$$
 . Следовательно, шарик проводит в нижней части мензурки $\frac{\left(\sqrt{3}-\sqrt{2}\right)}{\sqrt{3}} \approx 18\%$

всего времени (**2 балла**). И если мензурку начали опускать именно в это время, он перестанет долетать до отметки 1 литр. Следовательно, так как мензурку начали опускать в случайный момент времени, *примерно 18% шариков перестанет долетать до отметки 1 литр* (**1 балл**).

Задача 4.

Единицы измерения величин связаны такими же формулами, как и сами величины, не учитывая безразмерных коэффициентов стоящих в формулах. (2 балла)

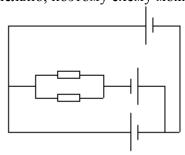
Ед. теплоемкости = Ед. энергии / Ед. массы / Ед. температуры = ... (2 балла) = Ед. (скорости)
2
/ Ед. температуры = ... = (Ед. ускорения · Ед. времени) 2 /Ед. Температуры (2 балла)

Подставляя данные из примечания к условию, получим:

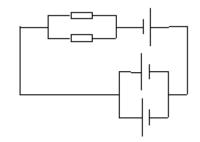
Ед. теплоемкости(X) = $(9.8 \cdot 60)^2 / (5/9)$ Ед. теплоемкости(СИ) = $6.2 \cdot 10^5$ Ед. СИ (2 балла) Теплоемкость воды c(X) = 4200/5.3 (1 балл) = 790 Ед. теплоемкости(X) (1 балл)

Задача 5.

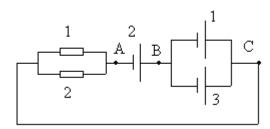
Резисторы 1 и 2 включены параллельно, поэтому схему можно перерисовать:



Видно, что верхняя и нижняя батарейки включены параллельно. Перерисуем схему:



Или так:



Напряжение между точками В и С равно 6 В - это напряжение на полюсах батарейки 1 (или 3) (**3 балла**). Напряжение между точками А и В равно 8 В, поэтому напряжение между точками А и С, то есть на каждом из резисторов (**1 балл**), равно 14 В (**1 балл**). Значит, через каждый резистор течет ток 1 А (**1 балл**). Через батарейку 2 течет суммарный ток, равный 2 А (**1 балл**). Поскольку батарейки 1 и 3 одинаковые, через каждую из них течет половина суммарного тока (**1 балл**), то есть 1 А (**2 балла**).