**МИФ-2018. Пермь, 22 апреля 2018 года.**

**Квалификационная игра. Физика-2**

**1.** Два резистора включили в сеть сначала последовательно, а потом параллельно. Во сколько раз изменилась потребляемая мощность, если сопротивление резисторов отличается в 2 раза?

**2.** При помощи собирающей линзы получено чёткое изображение предмета на экране. Расстояние от линзы до экрана втрое больше чем расстояние от линзы до предмета, а расстояние между предметом и его изображением – 1 м. Вычислите фокусное расстояние линзы.

**3.** Максимальный коэффициент трения покоя колёс мотороллера о дорогу 0.7, а масса вместе с водителем 150 кг. Может ли мотороллер двигаться с ускорением 7.5 м/с2 по горизонтальной дороге? Сопротивление воздуха не учитывать.

**4.** На дне сосуда имеется маленькое круглое отверстие диаметром 0.1 мм. Каков максимальный уровень воды в сосуде, при котором она ещё не вытекает через отверстие? Плотность воды ‑ 1000 кг/м3, коэффициент поверхностного натяжения воды ‑ 0.071 Н/м.

**5.\*** Прямоугольная рамка, выполненная из однородной медной проволоки, способна без трения вращаться вокруг оси $AC$ (рис. 1). Её помещают в однородное магнитное поле с индукцией $B=10 мТл$, направленной вертикально вверх. Какое напряжение необходимо приложить между точками $A$ и $C$, чтобы плоскость рамки составляла $45°$ с вертикалью? Плотность меди $ρ=8900 кг/м^{3}$, удельное сопротивление меди $Ρ=1.7⋅10^{-8} Ом⋅м $, $a=20 см$.

Рис. 1

**6.\*** В теплоизолированном вертикальном цилиндре, с площадью поперечного сечения $S=100 см^{2}$, находится идеальный одноатомный газ (рис. 2). Сверху газ удерживается поршнем массой $m=10 кг$, который способен скользить по цилиндру без трения. На поршень помещают груз массой $M=3m$. Во сколько раз изменится температура газа после того, как система придёт в равновесие? Атмосферное давление $P\_{a}=100$ кПа.

Рис. 2

**МИФ-2018. Пермь, 22 апреля 2018 года.**

**Квалификационная игра. Физика-2**

**Ответы и решения**

**1.** Два резистора включили в сеть сначала последовательно, а потом параллельно. Во сколько раз изменилась потребляемая мощность, если сопротивление резисторов отличается в 2 раза?

**Ответ:** 4.5.

**2.** При помощи собирающей линзы получено чёткое изображение предмета на экране. Расстояние от линзы до экрана втрое больше чем расстояние от линзы до предмета, а расстояние между предметом и его изображением – 1 м. Вычислите фокусное расстояние линзы.

**Решение**

Изображение на экране действительное. Обозначим $a=1$ м и применим формулу тонкой линзы:

$\frac{1}{f}=\frac{1}{\frac{3}{4}a}+\frac{1}{\frac{a}{4}}⟹f=\frac{3a}{16}=0.19$ м

**Ответ:** 19 см.

**3.** Максимальный коэффициент трения покоя колёс мотороллера о дорогу 0.7, а масса вместе с водителем 150 кг. Может ли мотороллер двигаться с ускорением 7.5 м/с2 по горизонтальной дороге? Сопротивление воздуха не учитывать.

**Ответ:** нет, максимальное ускорение, с которым может двигаться мотороллер 7.0 м/с2.

**4.** На дне сосуда имеется маленькое круглое отверстие диаметром 0.1 мм. Каков максимальный уровень воды в сосуде, при котором она ещё не вытекает через отверстие? Плотность воды ‑ 1000 кг/м3, коэффициент поверхностного натяжения воды ‑ 0.071 Н/м.

**Решение**

Поверхностная плёнка воды в отверстии образует выпуклый мениск диаметром $d=1⋅10^{-4}$ м, давление над которым уменьшится на величину:

$ΔP=\frac{4σ}{d}$, (1)
где $σ$ – коэффициент поверхностного натяжения. В свою очередь, давление столба жидкости искомой высоты $h$ над мениском:

$ΔP=ρgh$*.* (2)
Приравнивая (1) и (2) получаем уровень воды.

$h=\frac{4σ}{ρgd}=0.28$ м

**Ответ:** 28 см.

**5.\*** Прямоугольная рамка, выполненная из однородной медной проволоки, способна без трения вращаться вокруг оси $AC$ (рис. 3). Её помещают в однородное магнитное поле с индукцией $B=10 мТл$, направленной вертикально вверх. Какое напряжение необходимо приложить между точками $A$ и $C$, чтобы плоскость рамки составляла $45°$ с вертикалью? Плотность меди $ρ=8900 кг/м^{3}$, удельное сопротивление меди $Ρ=1.7⋅10^{-8} Ом⋅м $, $a=20 см$.

Рис. 3

**Решение**

Со стороны магнитного поля на каждый отрезок рамки будет действовать сила Лоренца, однако изменять положение рамки относительно оси $AC$, будет лишь сила $F$, действующая на горизонтальный отрезок. Обозначим силу тока в рамке как $I$, тогда сила Лоренца:

$F=2IBa$. (1)
Обозначим площадь поперечного сечения проволоки за $S$, тогда масса отрезка проволоки длиной $a$:

$m=ρSa$, (2)
а электрическое сопротивление такого отрезка:

$R=\frac{Ρa}{S}$. (3)
Рассмотрим рамку как рычаг второго рода (рис. 4). Для того, чтобы рамка находилась в равновесии должно выполнятся равенство моментов сил, вращающих её по и против часовой стрелки. Рамка состоит из двух вертикальных отрезков массы $m$ и одного горизонтального отрезка массой $2m$. Таким образом, с учётом наклона плоскости рамки по углом $α=45°$ к вертикали, равенство моментов принимает вид:

$F⋅a\cos(α)=2mg⋅\frac{a}{2}\sin(α+2mg⋅a\sin(α))$.
После упрощения получаем:

$F=3mg$. (4)
Искомое напряжение обозначим $U$. Согласно закону Ома:

$I=\frac{U}{4R}$*.* (5)
Подставим (3) в (5), а полученное выражение в (1). Также подставим (2) в (4). В результате получим два выражения для силы Лоренца.

$\left\{\begin{array}{c}F=\frac{UBS}{2Ρ}\\F=3ρSag\end{array}\right.$
Приравнивая правые части, окончательно получаем:

$U=\frac{6ρΡag}{B}=0.18$ В

**Ответ:** 0.18 В.

Рис. 4

**6.\*** В теплоизолированном вертикальном цилиндре, с площадью поперечного сечения $S=100 см^{2}$, находится идеальный одноатомный газ (рис. 5). Сверху газ удерживается поршнем массой $m=10 кг$, который способен скользить по цилиндру без трения. На поршень помещают груз массой $M=3m$. Во сколько раз изменится температура газа после того, как система придёт в равновесие? Атмосферное давление $P\_{a}=100$ кПа.

Рис. 5

**Решение**

Пусть под поршнем изначально находилось $ν$ моль газа при температуре $T\_{0}$, а сам поршень находился на высоте $l\_{0}$ относительно дна цилиндра (рис. 6). Так как поршень в равновесии, то сила тяжести $mg$, действующая на поршень, а так же сила давления со стороны атмосферы $F\_{a}=P\_{a}S$ уравновешиваются силой давления газа $F\_{0}=P\_{0}S$.

Рис. 6

$P\_{0}S=P\_{a}S+mg$ (1)
где $P\_{0}$ – начальное давление газа. Уравнение Менделеева-Клайперона принимает вид:

$P\_{0}l\_{0}S=νRT\_{0}$ (2)
где $R$ – универсальная газовая постоянная. После того, как на поршень поставили груз, он опустился, сила тяжести совершила работу, а потенциальная энергия груза и поршня перешла во внутреннюю энергию газа.

$\left(M+m\right)g\left(l\_{0}-l\right)=\frac{3}{2}νRT-\frac{3}{2}νRT\_{0}$

$8mg\left(l\_{0}-l\right)=3νRT-3νRT\_{0}$ (3)
где: $T$ – искомая температура газа, $l$ - установившееся расстояние от поршня до дна цилиндра. Поршень вновь находится в равновесии.

$PS=P\_{0}S+4mg$ (4)
где $P$ – давление газа под поршнем. Уравнение Менделеева-Клайперона принимает вид:

$PlS=νRT$ (5)
Разделим (5) на (2).

$\frac{T}{T\_{0}}=\frac{Pl}{P\_{0}l\_{0}}$ (6)
Подставим левые части (2) и (5) в (3), а давления выразим из (1) и (4). В итоге (3) приобретает вид:

$8mg\left(l\_{0}-l\right)=3S\left(P\_{a}+\frac{4mg}{S}\right)l-3S\left(P\_{a}+\frac{mg}{S}\right)l\_{0}$,
откуда:

$\frac{l}{l\_{0}}=\frac{11mg+3P\_{a}S}{20mg+3P\_{a}S}$. (7)
Разделим (4) на (1).

$\frac{P}{P\_{0}}=\frac{P\_{a}S+4mg}{P\_{a}S+mg}$ (8)
Наконец, подставим (7) и (8) в (6).

$\frac{T}{T\_{0}}=\frac{P\_{a}S+4mg}{P\_{a}S+mg}⋅\frac{11mg+3P\_{a}S}{20mg+3P\_{a}S}$
Произведём замену $\frac{mg}{P\_{a}S}=k=0.1$.

$\frac{T}{T\_{0}}=\frac{1+4k}{1+k}⋅\frac{11k+3}{20k+3}=1.04$
**Ответ:** 1.04.