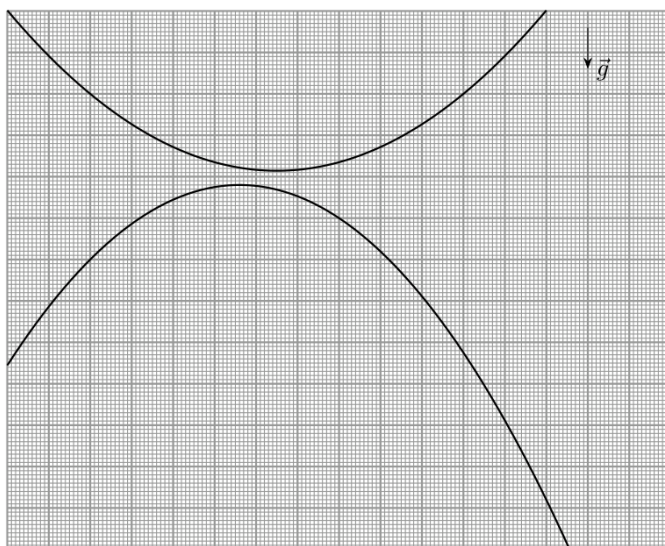


ВсОШ, 2023/24, заключительный этап, 9 класс, теоретический тур

Всероссийская олимпиада школьников по физике [Условия и ответы](#)

Задача 1 Ускоряющее зеркало

Экспериментатор Глюк держит в руках точечный источник света S , расположенный под горизонтальным плоским зеркалом, движущимся поступательно с постоянным вертикальным ускорением. Глюк бросил источник света под углом к горизонту и стал производить съёмку с помощью специальной видеокамеры. Проанализировав видеофрагмент в покадровом режиме, Глюк построил на листе масштабно-координатной бумаги участки траекторий источника света S и его изображения в зеркале S^* .



Пользуясь приведённым рисунком, определите величину и направление ускорения $\vec{a}$ зеркала. Ускорение свободного падения $g = 9,80 \text{ м/с}^2$. Сопротивлением воздуха можно пренебречь, скорость света считайте бесконечной.

В бланках для оформления решений приведён рисунок с траекториями источника и изображения в увеличенном масштабе. Необходимые построения выполняйте на этом листе-бланке.

Обратите внимание, что методы нахождения величин, необходимых для решения, будут оцениваться в соответствии с точностью предложенного метода.

Ответ

$a = (1,76 \pm 0,10) \text{ м/с}^2$, ускорение зеркала направлено вниз (другими способами решения — 1,64; 1,75; $1,80 \pm 0,02 \text{ м/с}^2$).

Задача 2 Мощная задача

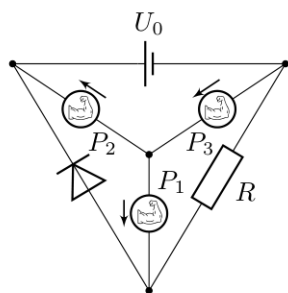


Рис. 1

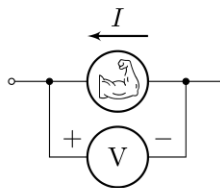


Рис. 2

Электрическая цепь, схема которой изображена на рисунке 1, состоит из идеального источника постоянного напряжения $U_0 = 12$ В, резистора, идеального диода (напряжение открытия которого равно нулю) и трёх приборов, далее именуемых «источники постоянной мощности». Обозначим за I силу электрического тока, протекающего через прибор. Принцип работы источника постоянной мощности таков:

1. при $I = 1 \text{ A} = I_{\text{в}}$, прибор работает как источник постоянной силы тока $I_{\text{в}} = 1 \text{ A}$, выдавая мощность не больше номинальной.
2. Прибор пропускает ток только в направлении, указанном стрелкой возле его обозначения на схеме. Сила тока не превосходит $I_{\text{в}}$.
3. При $I \leq 1 \text{ mA}$ прибор работает как источник постоянного напряжения, выдавая мощность не больше номинальной и создавая напряжение, равное $P/I_{\text{н}}$, где P — номинальная мощность прибора, а $I_{\text{н}} = 1 \text{ mA}$.
4. При $I_{\text{н}} < I < I_{\text{в}}$ мощность, выдаваемая прибором, постоянна и равна номинальной.
5. Под номинальной мощностью прибора понимается $P = IU_V$, где показания вольтметра $U_V > 0$ (см. рисунок 2). **Обратите внимание на полярность подключения вольтметра!**

Номинальные мощности каждого источника: $P_1 = 1$ Вт, $P_2 = 2$ Вт и $P_3 = 3$ Вт.

Найдите значения сил токов, текущих во всех ветвях цепи, и сопротивление R резистора. Известно, что через резистор протекает ток силой $I_R = 0,8 \text{ A}$.

При решении используйте следующие обозначения:

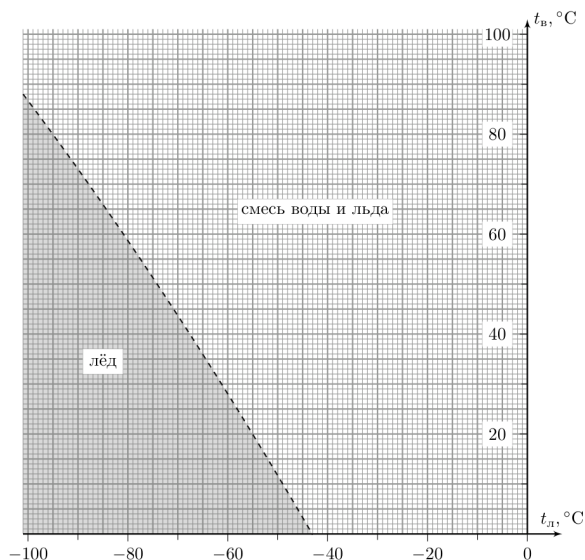
- I_i — сила электрического тока, протекающего через прибор P_i ;
- I_D — через диод;
- I_0 — через источник постоянного напряжения;
- I_R — через резистор.

Ответ

Диод закрыт: $I_1 = 0,8 \text{ A}$, $I_2 = 0,2 \text{ A}$, $I_3 = 1 \text{ A}$, $I_0 = 0,2 \text{ A}$, $I_D = 0$, $R \approx 4,1 \text{ Ом}$.

Задача 3 Нелинейная картина

В сосуд кладут кусок льда массой $m_{\text{л}}$ и заливают порцией воды массой $m_{\text{в}}$. На диаграмме показаны области с указанием конечного состояния содержимого сосуда в зависимости от температуры куска льда $t_{\text{л}} \in [-100^\circ\text{C}; 0^\circ\text{C}]$ и температуры порции воды $t_{\text{в}} \in [0^\circ\text{C}; 100^\circ\text{C}]$.



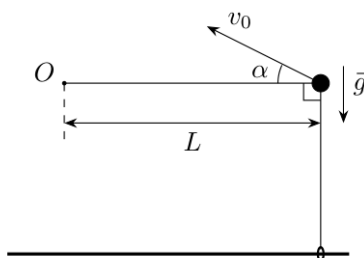
Известно, что в диапазоне $[-100^\circ\text{C}; 0^\circ\text{C}]$ удельная теплоёмкость льда зависит от его температуры по закону: $c_{\text{л}}(t_{\text{л}}) = c + \alpha t_{\text{л}}$, где $c = 2100 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$, $t_{\text{л}}$ — температура льда в градусах Цельсия, а α — некоторая постоянная величина. Удельная теплоёмкость воды $2c = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$, а удельная теплота плавления $\lambda = 336 \text{ кДж}/\text{кг} = 2cT$, где $T = 80^\circ\text{C}$. Теплоёмкостью сосуда и тепловыми потерями пренебречь.

1. Определите α и $\gamma = m_{\text{л}}/m_{\text{в}}$.
2. Качественно начертите аналогичную диаграмму конечного состояния содержимого сосуда в зависимости от температуры куска льда $t_{\text{л}} \in [-100^\circ\text{C}; 0^\circ\text{C}]$ и температуры порции воды $t_{\text{в}} \in [0^\circ\text{C}; 100^\circ\text{C}]$, но при равных массах льда и воды $m_{\text{л}} = m_{\text{в}}$. Укажите на диаграмме характерные точки.

Ответ

1) $\gamma = 4,0$, $\alpha = 7,0 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot (^{\circ}\text{C})^2)$; 2) льда в чистом виде нет; появляется область «вода» выше линии $t_{\text{в}} = 80 - t_{\text{л}}/2 - t_{\text{л}}^2/1200$, проходящей через точки $(0^\circ\text{C}; 80^\circ\text{C})$ и $(-43^\circ\text{C}; 100^\circ\text{C})$; остальное — смесь воды и льда.

Задача 4 А когда не натянута?



Маленькое невесомое колечко может скользить без трения по длинной горизонтальной закреплённой спице. Один конец невесомой нерастяжимой нити прикреплён к кольцу, а другой закреплён в неподвижной точке O (см. рисунок). По нити без трения может перемещаться массивная бусинка. Изначально нить слегка натянута, при этом бусинка находится на одной горизонтали с точкой O и на одной вертикали с колечком. Длина горизонтального участка нити равна L .

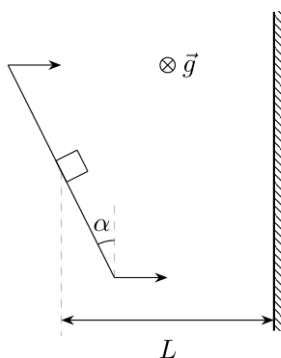
Бусинку толчком приводят в движение в вертикальной плоскости, содержащей нить. Сразу после толчка бусинка удаляется от спицы, а нить оказывается натянутой. Ускорение свободного падения равно g .

1. Под каким углом α к горизонту направлена скорость бусинки сразу после толчка?
2. При каких значениях начальной скорости v_0 нить будет оставаться натянутой в процессе удаления бусинки от спицы?

Ответ

1) $\alpha = \pi/4$; 2) $v_0 \geq \sqrt{2gL}$.

Задача 5 Удаление со льда



Два одинаковых небольших тяжёлых ящика покоятся на горизонтальной поверхности льда. Оба ящика находятся на одинаковом расстоянии $L = 0,8$ м от прямолинейного края ледяного поля. Уборщик, вооружённый длинным скребком (плоской прямоугольной пластиной с ручками), подъехал к первому ящику и прижал край скребка к одной из граней ящика. Для этого он развернул скребок так, что его край составил угол $\alpha_1 = 10^\circ$ с краем поля. Затем он двигал скребок поступательно из состояния покоя с постоянным ускорением a , направленным перпендикулярно краю поля (см. рисунок). В результате ящик покинул поле за время $t_1 = 2$ с. Потом уборщик подъехал ко второму ящику и, действуя аналогично, вывез и его за край поля. Он снова вёз скребок поступательно с тем же ускорением, но в этот раз край скребка составлял с краем поля угол $\alpha_2 = 45^\circ$. Известно, что коэффициент трения между льдом и обоими ящиками равен $\mu' = 1/24$, а между скребком и обоими ящиками — $\mu = 7/24$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Скребок всё время движения расположен вертикально, ящик от скребка не отрывается.

1. Определите ускорение a скребка.
2. Во сколько раз путь второго ящика до края поля был больше, чем у первого?
3. За какое время t_2 второй ящик покинет лёд?
4. Во сколько раз сила трения между скребком и вторым ящиком больше, чем сила трения между скребком и первым ящиком?

Ответ

1) $a = 0,4 \text{ м/с}^2$; 2) $\frac{L_2}{L} = \frac{1}{\cos(\alpha_2 - \varphi)} \approx 1,14$, где $\varphi = \arctg \mu$; 3) $t_2 \approx 2,5 \text{ с}$; 4) $\approx 1,4$.