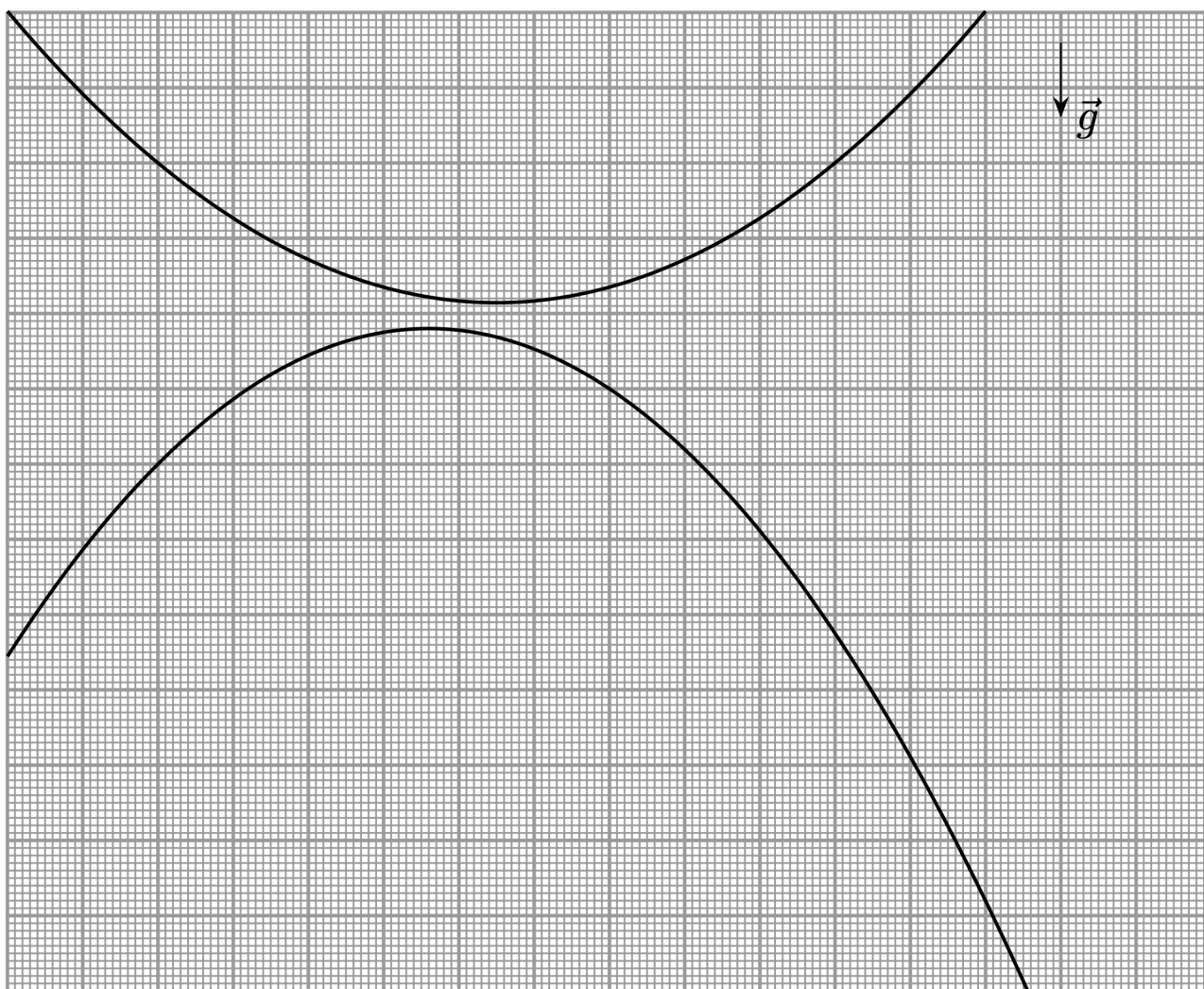


Всероссийская олимпиада школьников по физике

9 класс, заключительный этап, 2023/24 год

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 масштабной 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.

g = 9,80 м/с², ускорение направлено вниз

ЗАДАЧА 2. **Мощная задача.** 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».

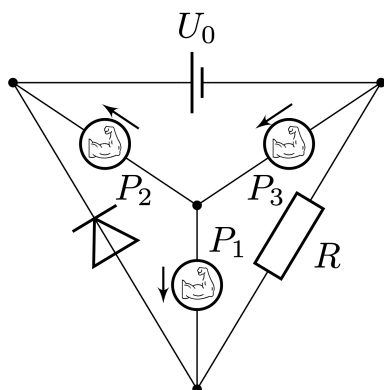


Рис. 1

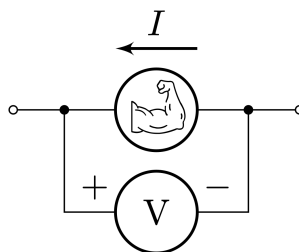


Рис. 2

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!

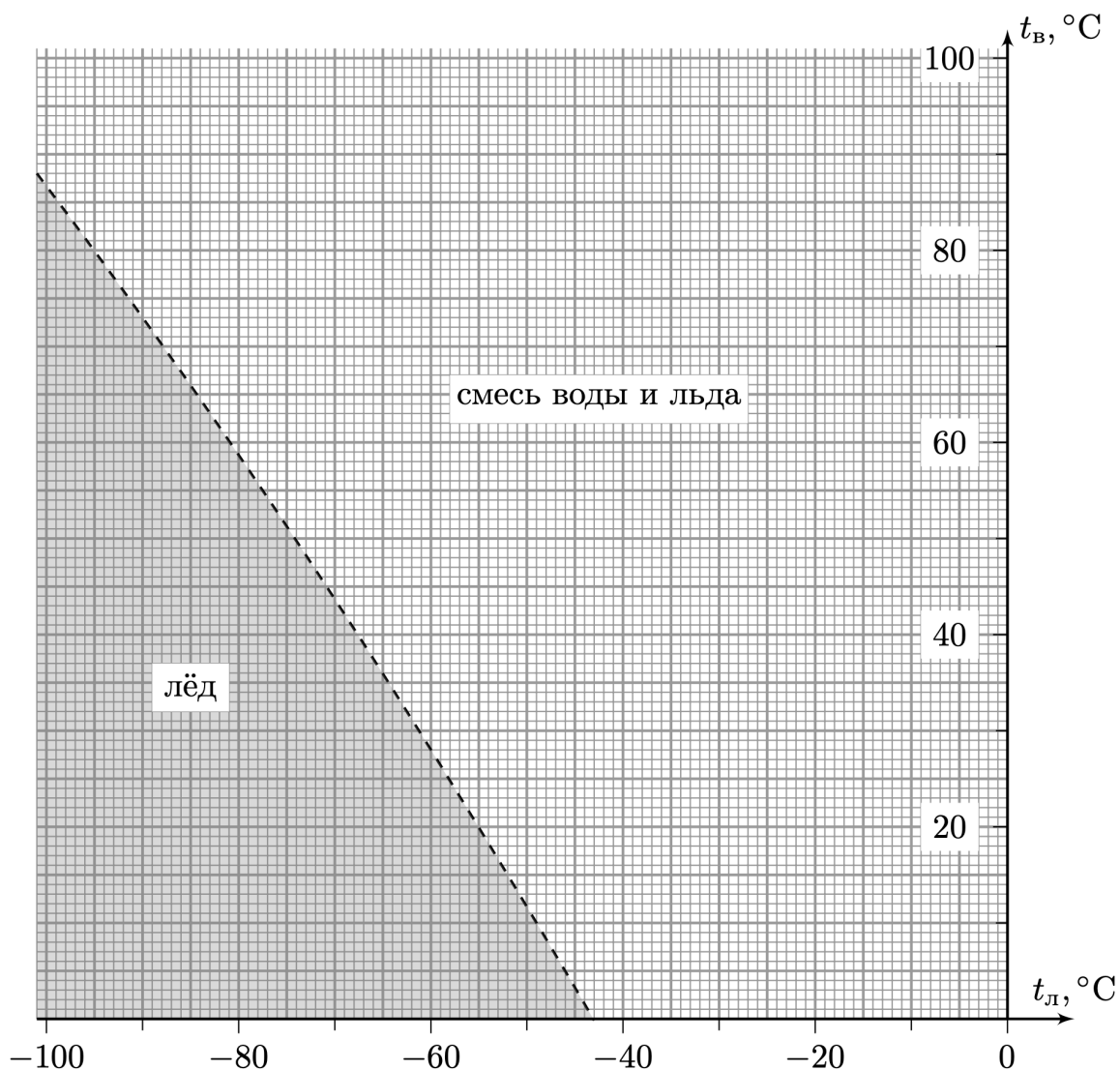
Номинальные мощности каждого источника: $P_1 = 1$ Вт, $P_2 = 2$ Вт и $P_3 = 3$ Вт. Найдите значения сил токов, текущих во всех ветвях цепи, и сопротивление R резистора. Известно, что через резистор протекает ток силой $I_R = 0,8 \text{ A}$.

При решении используйте следующие обозначения:

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

$I_1 = 0,8 \text{ A}, I_2 = 0,2 \text{ A}, I_3 = 1 \text{ A}, I_0 = 0,2 \text{ A}, I_R = 0,8 \text{ A}$

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 $t_{\text{в}} \in [0^\circ\text{C}; 100^\circ\text{C}]$.

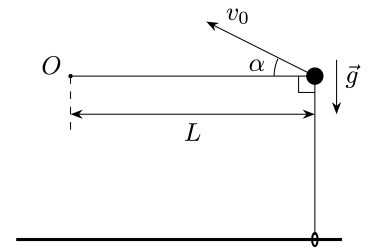


Известно, что в диапазоне $[-100^\circ\text{C}; 0^\circ\text{C}]$ удельная теплоёмкость льда зависит от его температуры по закону: $c_{\text{л}}(t_{\text{л}}) = c + \alpha t_{\text{л}}$, где $c = 2100 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$, $t_{\text{л}}$ — температура льда в градусах Цельсия, 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.

$$\lambda = 336 \text{ кДж}/\text{кг} = 2cT = 4200 \cdot 80 = 336000 \text{ Дж}/\text{кг}$$

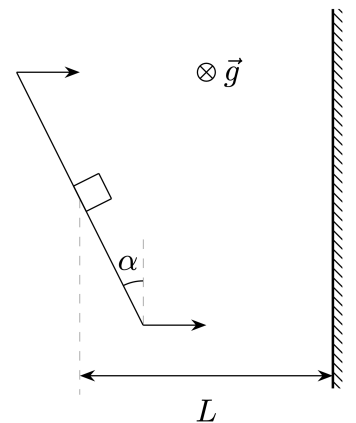
ЗАДАЧА 4. А когда не натянута? Маленькое невесомое колечко может скользить без трения по длинной горизонтальной закреплённой спице. Один конец невесомой нерастяжимой нити прикреплён к кольцу, а другой закреплён в неподвижной точке O (см. рисунок). По нити без трения может перемещаться массивная бусинка. 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?

$$v_0^2 \sin^2 \alpha = 2gL \quad (v_0^2 \cos^2 \alpha = v^2) \quad (1)$$

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?

$$v_1^2 \approx \frac{(b, n + v) \cdot v \cdot \mu \cdot \mu'}{(\mu' \cdot v \cdot \cos \alpha + \mu' \cdot \cos \alpha \cdot b, n) \cdot \mu} = \frac{v \cdot \mu \cdot \mu'}{\mu' \cdot v \cdot \cos \alpha + \mu' \cdot \cos \alpha \cdot b, n} \cdot \mu \approx \frac{(\mu' - \mu) \cdot \cos \alpha \cdot \mu \cdot \mu'}{\mu' \cdot \cos \alpha} \cdot v^2 \approx \frac{(\mu' - \mu) \cdot \cos \alpha \cdot \mu \cdot \mu'}{\mu' \cdot \cos \alpha} \cdot v^2 = \frac{\mu \cdot \mu'}{\mu'} \cdot v^2 = v^2 \quad (1)$$