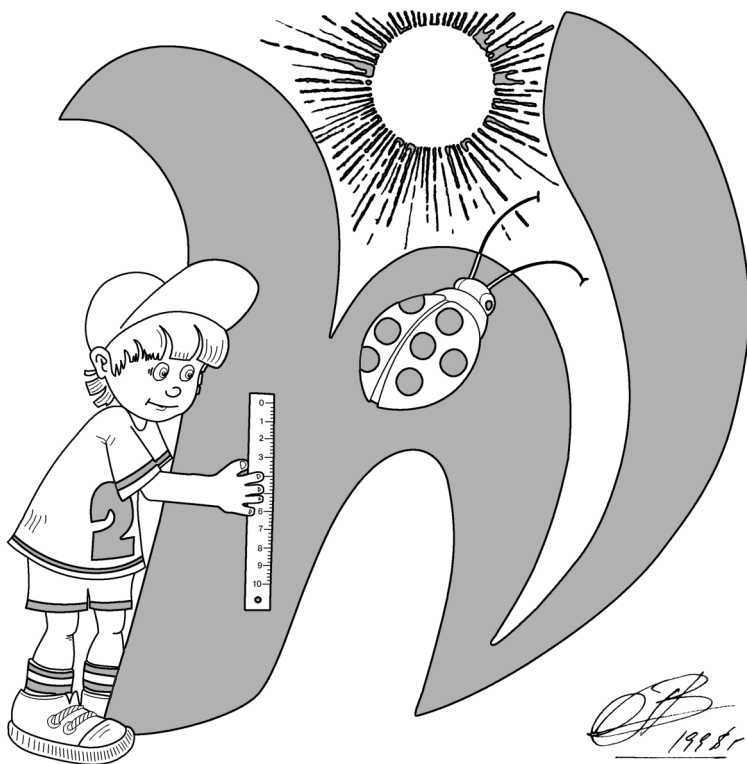


Министерство просвещения Российской Федерации  
Центральная предметно-методическая комиссия  
Всероссийской олимпиады школьников по физике

# LVII Всероссийская олимпиада школьников по физике

Заключительный этап

Теоретический тур



Сириус, 2024 г.

Комплект задач подготовлен  
центральной предметно-методической комиссией  
Всероссийской олимпиады школьников по физике  
E-mail: [physolymp@gmail.com](mailto:physolymp@gmail.com)

## Авторы задач

### 9 класс

- **9-Т1.** Ольга Инишева, Андрей Уймин
- **9-Т2.** Андрей Жигар
- **9-Т3.** Денис Рубцов
- **9-Т4.** Антон Вергунов, Андрей Уймин
- **9-Т5.** Константин Парфёнов

### 10 класс

- **10-Т1.** Андрей Уймин
- **10-Т2.** Антон Вергунов, Андрей Уймин
- **10-Т3.** Александр Аполонский, Андрей Уймин
- **10-Т4.** Андрей Уймин
- **10-Т5.** Александр Аполонский

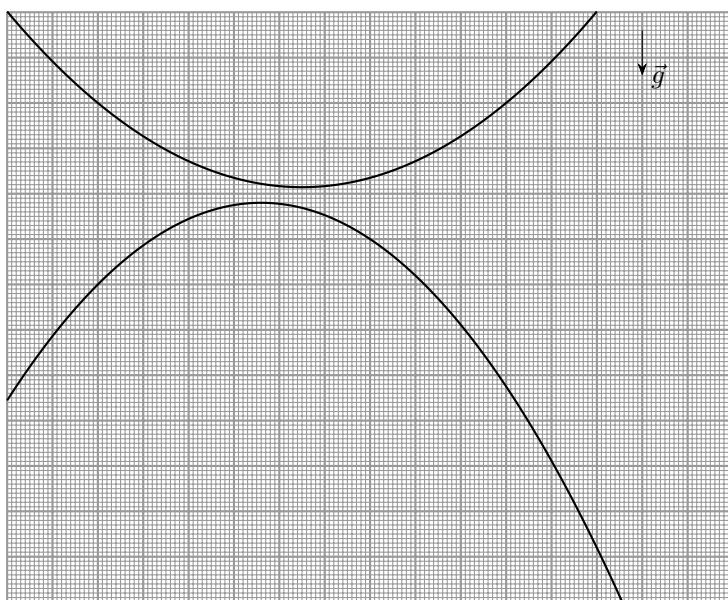
### 11 класс

- **11-Т1.** Александр Аполонский, Константин Парфёнов
- **11-Т2.** Александр Аполонский, Андрей Уймин
- **11-Т3.** Григорий Расторгуев
- **11-Т4.** Андрей Уймин
- **11-Т5.** Андрей Уймин

## 9 класс

### 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-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.

### Задача №2. Мощная задача

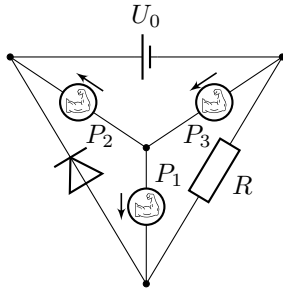


Рис. 1

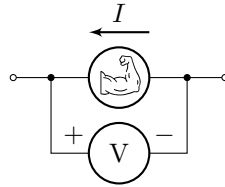


Рис. 2

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  $I = 1$  А =  $I_B$ , прибор работает как источник постоянной силы тока  $I_B = 1$  А, выдавая мощность не больше номинальной.
2. Прибор пропускает ток только в направлении, указанном стрелкой возле его обозначения на схеме. Сила тока не превосходит  $I_B$ .
3. При  $I \leq 1$  мА прибор работает как источник постоянного напряжения, выдавая мощность не больше номинальной и создавая напряжение, равное  $P/I_H$ , где  $P$  – номинальная мощность прибора, а  $I_H = 1$  мА.
4. При  $I_H < I < I_B$  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!**

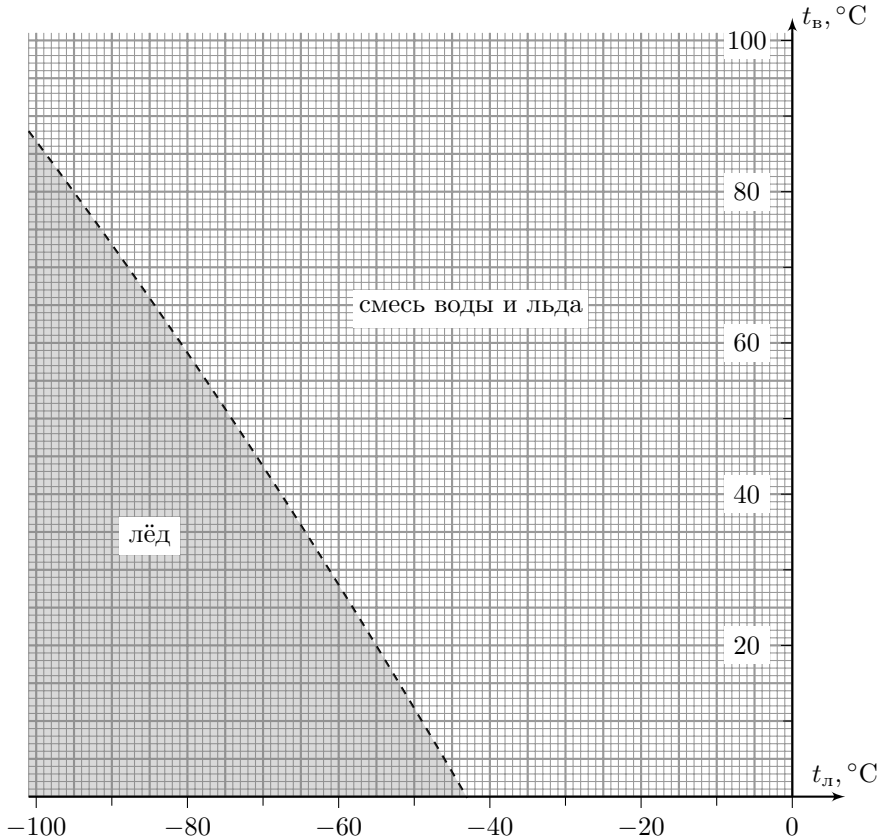
Номинальные мощности каждого источника:  $P_1 = 1$  Вт,  $P_2 = 2$  Вт и  $P_3 = 3$  Вт. Найдите значения сил токов, текущих во всех ветвях цепи, и сопротивление  $R$  резистора. Известно, что через резистор протекает ток силой  $I_R = 0,8$  А.

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.

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



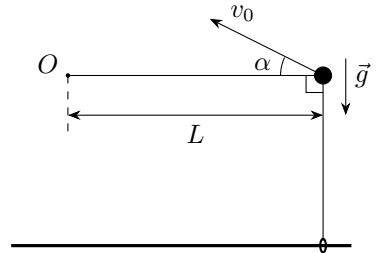
Известно, что в диапазоне  $[-100^\circ\text{C}; 0^\circ\text{C}]$  удельная теплоёмкость льда зависит от его температуры по закону:  $c_{\text{л}}(t_{\text{л}}) = c + \alpha t_{\text{л}}$ , где  $c = 2100 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ ,  $t_{\text{л}}$  — температура льда в градусах Цельсия,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

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

#### 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  $L$ .



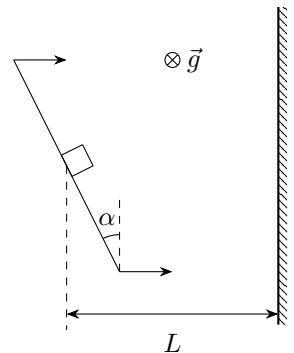
Бусинку толчком приводят в движение в вертикальной плоскости, содержащей нить. Сразу после толчка бусинка удаляется от спицы, а нить оказывается натянутой. Ускорение свободного падения равно  $g$ .

1. Под каким углом  $\alpha$  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?

#### 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



ящичками равен  $\mu' = 1/24$ , а между скребком и обоими ящичками –  $\mu = 7/24$ . Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . 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?