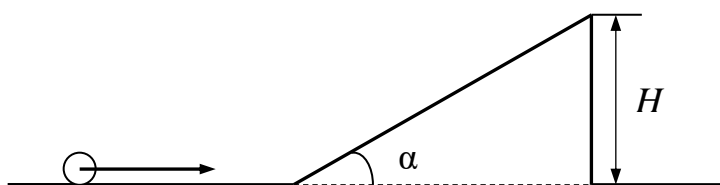




ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ 2019/20 гг.  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП  
ФИЗИКА  
10 КЛАСС

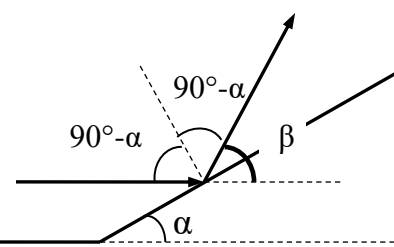
**Задача 1. Шарик и выступ (10 баллов)**

Шарик, двигаясь по гладкой плоскости, налетает на клиновидный выступ (см. рис.). Происходит упругий удар. Найдите минимально возможную скорость шарика, при которой он может перескочить через клин. Угол клина  $\alpha$ , высота  $H$ .



**Возможное решение и критерии оценивания:**

1. Правильно определён угол  $\beta = 2\alpha$  (см. рис.) как угол к горизонту при отскоке шарика от поверхности выступа после упругого удара. **(1 балл)**



2. Правильно выбрана система отсчета, а уравнение кинематики поступательного движения представлено в виде системы двух скалярных уравнений

$$\begin{cases} L = v_0 \cos \beta \cdot t, \\ H = v_0 \sin \beta \cdot t - \frac{1}{2} g \cdot t^2, \end{cases}$$

где  $\beta = 2\alpha$ .

**(3 балла)**

3. Правильно выражена дальность полёта через угол клина и его высоту

$$L = H \cdot \operatorname{ctg} \alpha.$$

**(1 балла)**

4. Из первого уравнения системы найдено время подъёма на высоту  $H$  как

$$L = v_0 \cos \beta \cdot t, \text{ где } L = H \cdot \operatorname{ctg} \alpha.$$

Тогда

$$H \cdot \operatorname{ctg} \alpha = v_0 \cos \beta \cdot t$$

отсюда

$$t = \frac{H \cdot \operatorname{ctg} \alpha}{v_0 \cos \beta}, \text{ где } \beta = 2\alpha.$$

**(2 балла)**

5. Правильно выполнены преобразования и получено решение после подстановки во второе уравнение системы времени подъёма на высоту  $H$ :

$$H = v_0 \sin \beta \cdot t - \frac{1}{2} g \cdot t^2, \text{ где } t = \frac{H \cdot \operatorname{ctg} \alpha}{v_0 \cos \beta},$$

тогда

$$H = v_0 \sin \beta \cdot \frac{H \cdot \operatorname{ctg} \alpha}{v_0 \cos \beta} - \frac{1}{2} g \cdot \left( \frac{H \cdot \operatorname{ctg} \alpha}{v_0 \cos \beta} \right)^2.$$



ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ 2019/20 гг.  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП  
ФИЗИКА  
10 КЛАСС

Отсюда

$$H = H \cdot \operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta - \frac{1}{2} g \cdot \left( \frac{H \cdot \operatorname{ctg} \alpha}{v_0 \cos \beta} \right)^2,$$

$$\frac{1}{2} g \cdot \left( \frac{H \cdot \operatorname{ctg} \alpha}{v_0 \cos \beta} \right)^2 = H \cdot (\operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta - 1),$$

$$\frac{H \cdot \operatorname{ctg} \alpha}{v_0 \cos \beta} = \sqrt{\frac{2H}{g} \cdot (\operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta - 1)},$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{gH \cdot \operatorname{ctg}^2 \alpha}{2 \cos^2 \beta \cdot (\operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta - 1)}}, \text{ где } \beta = 2\alpha.$$

**(2 балла)**

б. Выполнены преобразования:

$$\operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta - 1 = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} \cdot \frac{\sin \beta}{\cos \beta} - 1 = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} \cdot \frac{\sin 2\alpha}{\cos 2\alpha} - 1,$$

$$\text{где } \sin 2\alpha = 2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha,$$

$$\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha.$$

Тогда

$$\operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta - 1 = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} \cdot \frac{\sin \beta}{\cos \beta} - 1 = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} \cdot \frac{2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha} - 1,$$

$$\operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta = \frac{2 \cdot \cos^2 \alpha - \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha} = \frac{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha} = \frac{1}{\cos 2\alpha} = \frac{1}{\cos \beta}.$$

Отсюда

$$v_0 = \sqrt{\frac{gH \cdot \operatorname{ctg}^2 \alpha}{2 \cos^2 \beta \cdot \left( \frac{1}{\cos \beta} \right)}}, \text{ где } \beta = 2\alpha$$

или

$$v_0 = \sqrt{\frac{gH \cdot \operatorname{ctg}^2 \alpha}{2 \cos 2\alpha}}.$$

**(1 балла)**



ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ 2019/20 гг.  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП  
ФИЗИКА  
10 КЛАСС

**Задача 2. Палка в воде(10 баллов)**

Команда школьников выполняла экспериментальную задачу. Для этого ребята тонкую однородную палочку шарнирно укрепили за верхний конец. Нижнюю часть палочки погрузили в воду, причем равновесие достигается тогда, когда палочка расположена наклонно к поверхности воды и в воде находится половина палочки. Помогите школьникам определить плотность материала, из которого сделана палочка? Известно только, что плотность воды  $1000 \text{ кг/м}^3$ .

Покажите на рис. силы, действующие на палочку.

**Возможное решение и критерии оценивания:**

Пусть  $l$  – длина палочки,  $m$  – её масса,  $V$  – объем,  $\alpha$  – угол наклона палочки к поверхности воды.

Сила тяжести  $mg$ , действующая на палочку, приложена в её центре масс (т.  $O$  на рис.). Сила Архимеда  $F_A$  приложена в центре погруженного в воду объёма палочки (т.  $O_1$  на рис.)

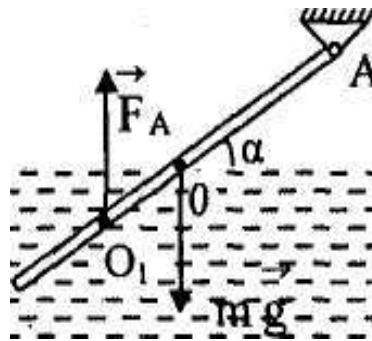


Рис 2 балла

Применим к палочке в состоянии равновесия правило моментов:

$$F_A \cdot O_1A \cdot \cos\alpha = mg \cdot OA \cdot \cos\alpha \quad (2 \text{ балл}),$$

где  $O_1A \cdot \cos\alpha$  – плечо силы  $F_A$ ,  $OA \cdot \cos\alpha$  – плечо силы  $mg$ .

Отсюда

$$F_A \cdot O_1A = mg \cdot OA ;$$

$$F_A \cdot 3/4 \cdot l = mg \cdot l/2 ;$$

$$3/2 \cdot F_A = mg \quad (3 \text{ балла})$$

$$|O_1A| = 3 \cdot l/4 ; |OA| = l/2 \text{ (см. рис.)}$$

$$3/2 \rho_v gV/2 = \rho gV ; 3/4 \rho_v = \rho \quad (2 \text{ балл})$$

– плотность материала палочки.

$$\rho = 3 \cdot 1000/4 = 750 \text{ (кг/м}^3) \quad 1 \text{ баллов}$$



ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ 2019/20 гг.  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП  
ФИЗИКА  
10 КЛАСС

**Задача 3. Энергия молекул (10 баллов)**

Воздух состоит в основном из азота и кислорода. Концентрация молекул азота при этом в  $\alpha = 4$  раза больше концентрации молекул кислорода. Чему равна суммарная кинетическая энергия вращения всех молекул азота, содержащегося в комнате объемом  $V = 60 \text{ м}^3$ ? Атмосферное давление  $p = 10^5 \text{ Па}$ .

*Указание.* Внутренняя энергия моля двухатомного газа равна  $\frac{5}{2}RT$  ( $R$  – газовая постоянная,  $T$  – температура), она возрастает по сравнению с энергией одноатомного газа за счет кинетической энергии вращения молекул.

**Возможное решение и критерии оценивания:**

Внутренняя энергия всего газа в комнате равна  $\frac{5}{2}\nu RT$  и складывается из энергии поступательного движения молекул  $\frac{3}{2}\nu RT$  и энергии их вращательного движения. Следовательно,  $E_{\text{вр.}} = \frac{2}{2}\nu RT = \nu RT = pV$ .

$$E_{\text{вр.}N} = p_N V.$$

$$p_N = n_N \cdot k \cdot T,$$

$$p_0 = n_0 \cdot k \cdot T = \frac{n_N}{\alpha} \cdot k \cdot T = \frac{p_N}{\alpha},$$

$$p = p_N + p_0 = p_N + \frac{p_N}{\alpha} = p_N \cdot \frac{\alpha+1}{\alpha}.$$

$$p_N = p \cdot \frac{\alpha}{\alpha+1}.$$

$$E_{\text{вр.}N} = p_N V = \frac{\alpha}{\alpha+1} \cdot pV.$$

$$E_{\text{вр.}N} = \frac{4}{4+1} \cdot 10^5 \cdot 60 = 4,8 \cdot 10^6 \text{ (Дж)}.$$

**Рекомендации по проверке:**

Определена доля энергии вращательного движения во внутренней энергии	2 балла
Применено уравнение состояния идеального газа	2 балла
Записано основное уравнение МКТ	2 балла
Записан закон Дальтона	2 балла
Получено выражение для расчета суммарной кинетической энергии вращения молекул азота	1 балл
Получен правильный числовой результат	1 балл



ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ 2019/20 гг.  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП  
ФИЗИКА  
10 КЛАСС

**Задача 4. Сопротивления резисторов (10 баллов)**

Электрическая цепь, изображенная на рисунке 1, состоит из параллельно соединенных резисторов  $r$  и  $R_1$ , последовательно к которым подключен резистор  $R_2$ . Исследование зависимости сопротивления  $R_{AB}$  данной электрической цепи от сопротивления резистора  $r$  представлены графиком, изображенным на рисунке 2.

Чему равны сопротивления резисторов  $R_1$  и  $R_2$  электрической цепи?

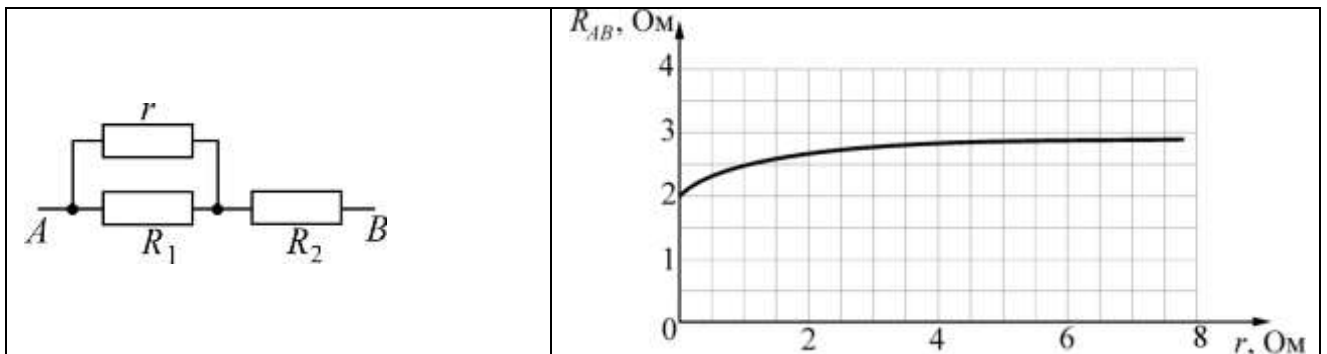


Рис. 1

Рис. 2

**Решение.** При  $r = 0$  сопротивление цепи  $R_{AB}$  совпадает с  $R_2$ .

Как показывает график, в этом случае  $R_{AB} = 2$  Ом.

**2 балла**

Поэтому  $R_2 = 2$  Ом.

**1 балл**

При  $r = 1$  Ом из графика получим:  $R_{AB} = 2,5$  Ом.

**1 балл**

Поскольку  $R_{AB} = R_2 + 1/(1/R_1 + 1/r)$ ,

**2 балла**

находим, что  $R_1 = 1$  Ом.

**2 балла**

Для проверки ответа можно рассмотреть случай, когда сопротивление  $r$  очень велико – тогда сопротивление цепи должно совпадать с  $R_1 + R_2 = 3$  Ом. Этот результат действительно соответствует графику.

**2 балла**

**Ответ:**  $R_1 = 1$  Ом,  $R_2 = 2$  Ом.

**Рекомендации по проверке:**

Написаны отдельные формулы, имеющие отношение к задаче, но решения задачи нет, при этом решения задачи нет	1 балл
Указано условие «ноль» провода, определено значение сопротивления цепи по графику	2 балла
Рассмотрена схема, найдены сопротивления резисторов	До 6 баллов
Если найдено сопротивление одного из них, то ставить 2-3 балла	
Анализ графика и проверка правильности ответа	2 балла

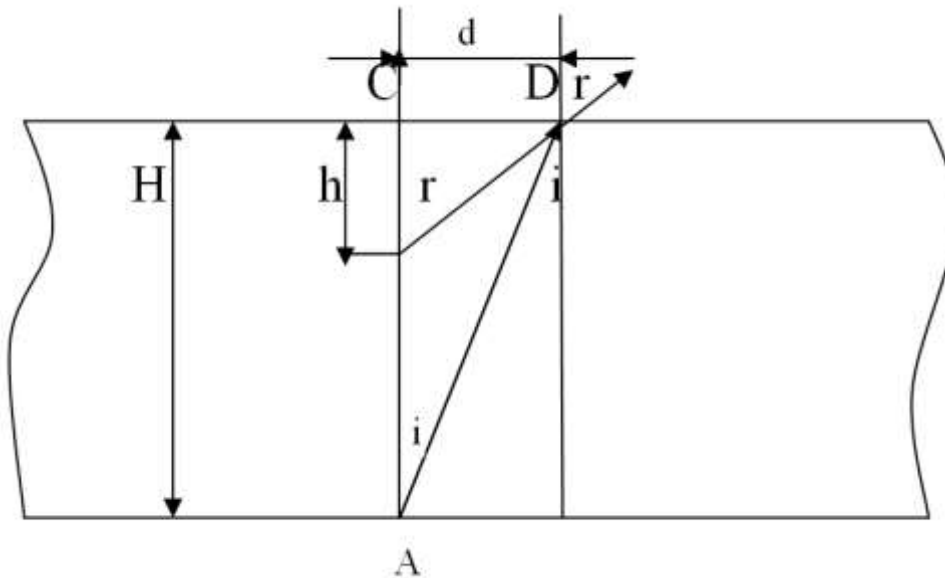


ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ 2019/20 гг.  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП  
ФИЗИКА  
10 КЛАСС

**Задача 5. Царапина (10 баллов)**

Совершенно случайно, на нижнюю грань плоскопараллельной стеклянной пластинки Петя нанес царапину. Вася, глядя сверху, видит царапину на расстоянии 4 см от верхней грани пластинки. У Васи есть еще одна стеклянная пластинка. Можно ли Васе заменить эту пластинку другой, без царапин, у которой толщина 6 см? Показатель преломления стекла 1,5.

**Возможное решение и критерии оценивания:**



Пусть царапина находится в точке А нижней поверхности стеклянной пластинки. Построим изображение точки А, которое видит наблюдатель (рис.). Для этого, рассмотрим два луча:

АС—луч, падающий перпендикулярно на верхнюю поверхность пластинки;  
АД —луч, падающий на верхнюю поверхность под малым углом  $i$ . Из рисунка видно, что точка В будет мнимым изображением точки А.

**Рис 4 балла.**

Для нахождения толщины  $H$  пластинки рассмотрим  $\Delta ACD$ :  $|AC| = |CD| / \operatorname{tg} i$ , или, поскольку:  $|AC| = H$  и  $|CD| = d$ ,

$$H = d / \operatorname{tg} i$$

Отрезок  $d$  найдем из  $\Delta BCD$ :  $|CD| = |CB| \operatorname{tg} r$ , или, учитывая, что  $|CD| = d$  и  $|CB| = h$ ,  $d = h \cdot \operatorname{tg} r$ . Тогда

$H = h \cdot \operatorname{tg} r / \operatorname{tg} i$ . Поскольку углы  $r$  и  $i$  малы, отношение тангенсов этих углов можно заменить отношением их синусов, т.е.  $\operatorname{tg} r / \operatorname{tg} i \approx \sin r / \sin i$ . **4 балла**

Следовательно,

$$H = h \sin r / \sin i$$

Но по закону преломления,  $\sin r / \sin i = n_c / n_b = n_c$ , так как  $n_b = 1$ . Тогда  $H = h n_c$ ;

$$H = 4 \cdot 10^{-2} \cdot 1,5 \text{ м} = 6 \cdot 10^{-2} \text{ м}. \text{ Да, можно. } \mathbf{2 \text{ балла}}$$