РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ МУНИЦИПАЛЬНОГО ЭТАПА ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ

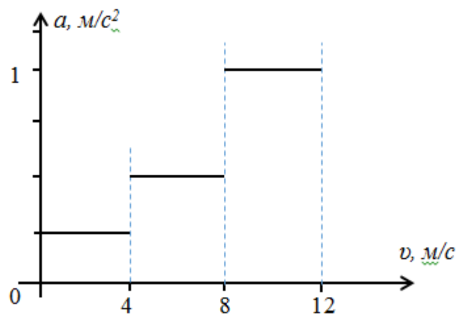
2017-2018 учебный год

9класс

Максимальный балл - 50 баллов.

Задание № 1

Тело начинает двигаться так, что ни в какой из моментов его ускорение не равно нулю. График зависимости ускорения тела от скорости приведен на рисунке. Найти время, которое пройдет тело до того, как оно наберет скорость 12 м/с, а также расстояние, которое пройдет тело за это время.



Возможное решение

Аналитический способ

Для равноускоренного движения имеем:

$$\upsilon_k = \upsilon_н + at \qquad S = \upsilon_н t + \frac{at^2}{2}$$

<u>1 участок:</u> $\upsilon_н$=0, $\upsilon_к$=4 м/с, a_1=0,25 м/с^2. Найдем время движения на первом участке и расстояние, пройденное телом: t_1=16 с, S_1=32 м.

<u>2 участок:</u> $\upsilon_н$=4 м/с, $\upsilon_к$=8 м/с, a_2=0,5 м/с^2. Найдем время движения на втором участке и расстояние, пройденное телом: t_2=8 с, S_2=48 м.

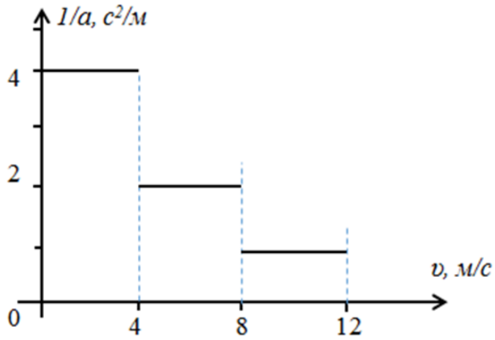
<u>3 участок:</u> $\upsilon_н$=8 м/с, $\upsilon_к$=12 м/с, a_2=1 м/с^2. Найдем время движения на третьем участке и расстояние, пройденное телом: t_3=4 с, S_2=40 м.

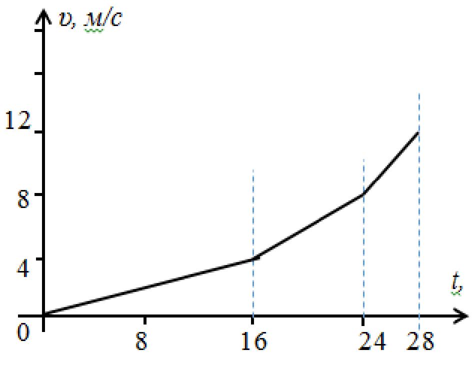
Таким образом, искомое время движения равно 28 с, пройденное за это время расстояние – 120 м.

Графический способ

Время, в течение которого скорость изменяется на величину $\Delta\upsilon$ численно равно площади под графиком функции $\frac{1}{a}$=f(υ). Построим данную зависимость. Площадь под графиком позволяет определить время набора заданной скорости – 28 с.

Построим график зависимости скорости от времени движения. Площадь под графиком зависимости скорости от времени численно равна перемещению тела. Построим соответствующую зависимость скорости от времени, приняв во внимание, что движение на каждом из участков проходит с постоянным ускорением, определим расстояние, пройденное телом – 120 м.





Критерии оценивания

Аналитический способ

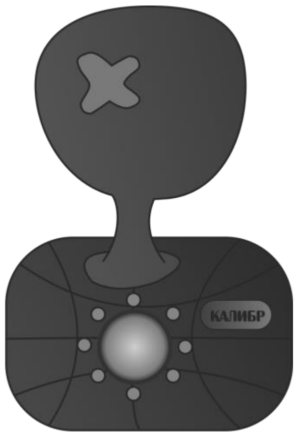
1	Записаны уравнения	
	зависимости скорости от времени	1 балл
	зависимости перемещения от времени	1 балл
2	Корректно применены уравнения для нахождения времени и перемещения на первом участке	1+1 балл
3	Корректно применены уравнения для нахождения времени и перемещения на втором участке	1+1 балл
4	Корректно применены уравнения для нахождения времени и перемещения на третьем участке	1+1 балл
5	Найдено общее время движения	1 балл
6	Найдено общее перемещение	1 балл
	Всего за задачу	**10 баллов**

Графический способ

1	Отмечено, что площадь под графиком зависимости обратного ускорения от скорости численно равна времени	3 балла
2	Корректно построен график $\frac{1}{a}=f(\upsilon)$	2 балла
3	Определено время движения	1 балл
4	Отмечено, что площадь под графиком зависимости скорости от времени численно равна перемещению тела	1балл
5	Корректно построен график зависимости $\upsilon=f(t)$	2 балла
6	Определено перемещение тела	1 балл
	Всего за задачу	**10 баллов**

Задание № 2

Глубоководный батискаф «Калибр» для регулирования глубины погружения имеет резиновый пузырь, в который с помощью насоса либо нагнетают, либо откачивают водород из встроенного баллона (см. рисунок). «Калибр» имеет массу **$M = 15$ т** и объем корпуса **$V_к = 10$ м^3**. Масса всего доступного водорода **$m_{водород} = 50$ кг**. В воздухе при максимальном заполнении пузыря водородом, он имеет плотность **$\rho_{водород} = 0{,}09$ кг/м^3**. При погружении в воду за каждые **10 м** глубины плотность водорода в пузыре при максимальном заполнении пузыря увеличивается на **0,09 кг/м^3**. Плотность воды **$\rho_{вода} = 1000$ кг/м^3**. Массой и объемом резинового пузыря без водорода можно пренебречь. Ускорение свободного падения **$g = 10$ м/с^2.**



1. Определите максимальную глубину **H_{max}** погружения батискафа с которой он еще сможет подняться обратно.
2. На глубине **$H = 700$ м** «Калибр» проводил исследования находясь в состоянии покоя. В некоторый момент легкий толчок снизу заставил его подниматься. Через некоторое время батискаф был на глубине **h_x**. Объем пузыря при этом изменился на **$\Delta V = 2{,}7$ м^3** (количество водорода в пузыре не изменилось). Определите глубину **h_x**.

Возможное решение

1. Определим выталкивающую силу для самого батискафа

$F_{архкорп} = \rho_{воды} * V_к * g = 10^3 * 10 * 10 = 10^5 Н$ **(1)**

Сила тяжести действующая на батискаф:

$F_{тяж} = \left(M + m_{водорода}\right) * g = (1.5 * 10^4 + 5 * 10) * 10 = 1.505 * 10^5$ Н **(2)**

Как видно сила тяжести больше выталкивающей силы, соответственно без применения пузыря батискаф будет постоянно погружаться. Чтобы найти максимальную глубину с которой он сможет еще подняться обратно, мы должны полностью использовать весь водород, тогда появится дополнительная выталкивающая сила, которая будет зависеть от объема, занимаемого водородом.

$F_{тяж} = F_{архкорп} + F_{архпузы}$ **(3)**

$$F_{архпузы} = F_{тяж} - F_{архкорп} = (1{,}505 - 1) * 10^5 = 0{,}505 * 10^5 Н$$

$$F_{архпузы} = \rho_{воды} * V_в * g$$

$V_в = \frac{F_{архпузы}}{\rho_{воды} * g} = \frac{0{,}505 * 10^5}{10^3 * 10} = 5{,}05 \text{ м}^3$ **(4)**

Зная, что мы используем весь водород, можем найти его плотность

$\rho_{hmax} = \frac{m_{водород}}{V_в} = \frac{50}{5{,}05} = 9{,}9 \frac{кг}{м^3}$ **(5)**

Плотность водорода внутри пузыря и глубина погружения связаны формулой:

$h_{max} = \frac{(\rho_{hmax} - \rho_{водорода})}{\Delta\rho} * \Delta h = \frac{9.9 - 0.09}{0.09} * 10 = 1090$ м **(6-8)**

2. На глубине H «Калибр» находился в покое, значит объем пузыря был равен $V_в$ = 5,05 м^3 **(9)**. Зная на какой глубине находился батискаф, можем определить плотность водорода на этой глубине:

$\rho_H = \frac{H}{\Delta h} * \Delta\rho + \rho_{водорода} = \frac{700}{10} * 0.09 + 0.09 = 6.39 \frac{кг}{м^3}$ **(10)**

Зная плотность водорода на этой глубине, можем определить какое количество водорода мы использовали:

$m_{Hводород} = V_в * \rho_H = 5{,}05 * 6{,}39 = 32{,}27$ кг **(11)**

Находим новый объем пузыря:

$$V_{hx} = V_в + \Delta V = 5.05 + 2.7 = 7.75 \text{ м}^3$$

Находим плотность на этой глубине:

$\rho_{hx} = \frac{m_{Hводород}}{V_{hx}} = \frac{32.27}{7{,}75} = 4.16 \frac{кг}{м^3}$ **(12)**

$h_x = \frac{(\rho_{hx} - \rho_{водорода})}{\Delta\rho} * \Delta h = \frac{4.16 - 0.09}{0.09} * 10 = 452.2$ м **(13-14)**

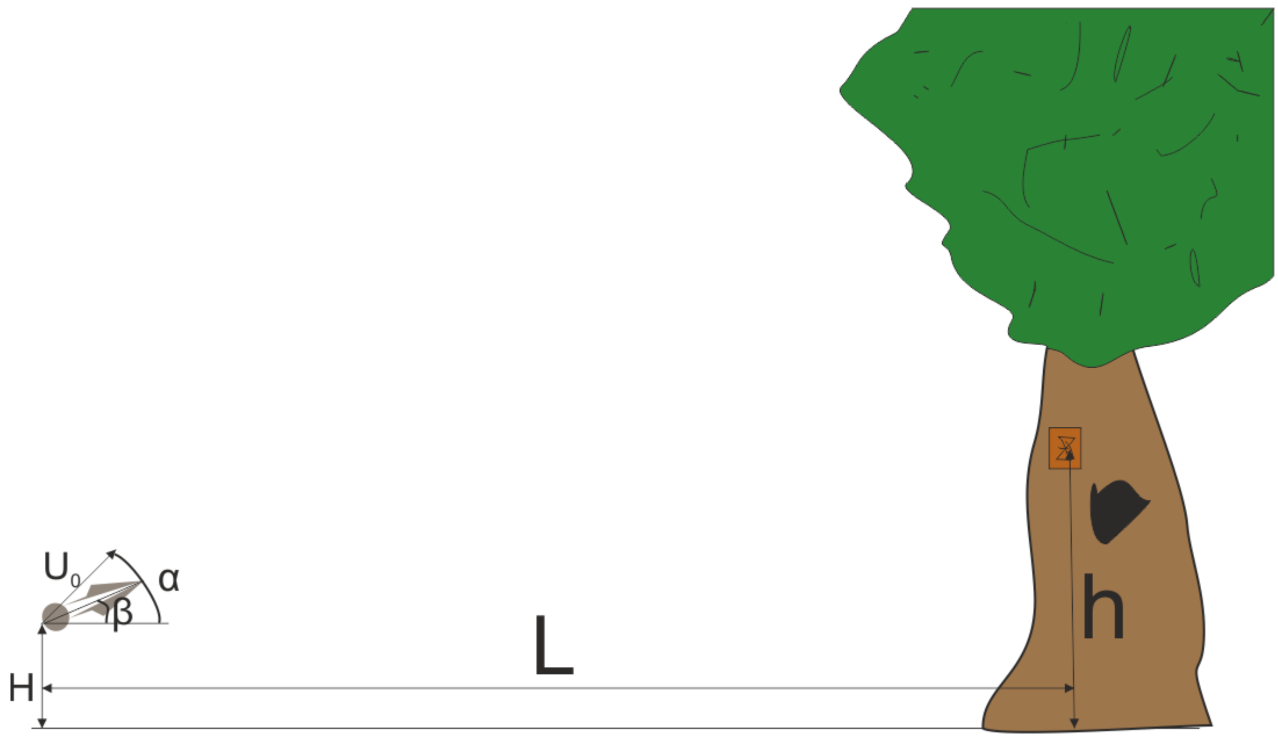
Критерии оценивания

1	Найдена сила Архимеда для корпуса	0,5 балла
2	Найдена сила тяжести батискафа	0,5 балла

3	Правильно составлено условие плавания	0,5 балла
4	Найден объем водорода	0,5 балла
5	Найдена плотность водорода	0,5 балла
6	Правильно сформулирована зависимость плотности водорода от глубины погружения	1 балл
7	Получена итоговая формула	1,5 балла
8	Подсчитан правильный ответ	0,5 балла
9	Найден объем пузыря на глубине H	0,5 балла
10	Найдена плотность водорода на глубине H	0,5 балла
11	Найдена масса используемого водорода	1 балл
12	Найдена плотность на глубине h_x	0,5 балла
13	Получена итоговая формула	1,5 балла
14	Подсчитан правильный ответ	0,5 балла
Всего за задачу		**10 баллов**

Задача № 3

Наруто хочет активировать взрывную печать на дереве. Для этого он кидает в нее кунай (специальный нож для метания) с высоты **H = 1,5 м** со скоростью **U_0 = 20 м/с** под углом **α** к горизонту. Высота расположения печати – **h = 10 м**, расстояние между Наруто и деревом – **L = 20 м**. Печать считать точечным объектом, размерами куная и сопротивлением воздуха пренебречь. Ускорение свободного падения g = 10 м/с^2. Найдите минимальный угол **α**, такой что кунай попадет в печать.



Примечание:

$$\frac{1}{cos^2\alpha} = tg^2\alpha + 1$$

Возможное решение

Дальность полета куная

$$U_0 * \cos\alpha * t = L$$

Время полета куная

$$t = \frac{L}{U_0 * \cos\alpha}$$

Тогда

$$U_0 * \sin\alpha * t - \frac{g * t^2}{2} = h - H$$

$$\frac{U_0 * \sin\alpha}{U_0 * \cos\alpha} * L - \frac{g * L^2}{2\, {U_0}^2 cos^2\alpha} = h - H$$

Применяя уравнение из примечания:

$$\frac{1}{cos^2\alpha} = tg^2\alpha + 1$$

$$tg\alpha * \mathrm{L} - \frac{g * L^2}{2 * {U_0}^2}\,(tg^2\alpha + 1) = h - H$$

$$\frac{g * L^2}{2 * {U_0}^2}\, tg^2\alpha - \mathrm{L} * tg\alpha + (h - H + \frac{g * L^2}{2 * {U_0}^2}) = 0$$

Решаем квадратное уравнение:

$$D = L^2 - \frac{2 * g * L^2}{{U_0}^2}\,(h - H + \frac{g * L^2}{2 * {U_0}^2})$$

$$tg\alpha = \frac{L \pm L\sqrt{1 - \frac{2 * g}{{U_0}^2} * (h - H + \frac{g * L^2}{2 * {U_0}^2})}}{\frac{g * L^2}{{U_0}^2}}$$

Т.к. нас интересует минимальный угол, то:

$$tg\alpha_{min} = \frac{{U_0}^2}{g * L} * (1 - \sqrt{1 - \frac{2 * g}{{U_0}^2} * (h - H + \frac{g * L^2}{2 * {U_0}^2})}$$

$$tg\alpha_{min} = \frac{20^2}{10 * 20} * (1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 10}{20^2} * (10 - 1{,}5 + \frac{10 * 20^2}{2 * 20^2})}$$

$$tg\alpha_{min} = 0{,}8598$$

$$\alpha_{min} = 40{,}69\,°$$

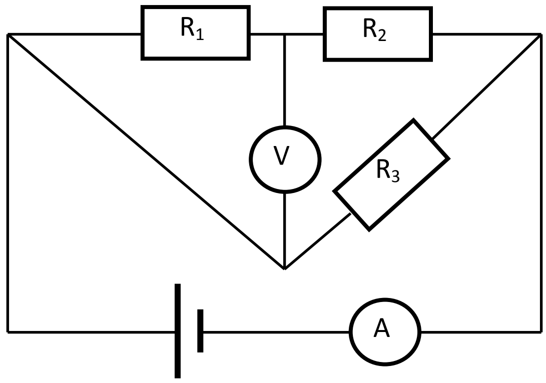
Критерии оценивания

1	Расписана проекция скорости вдоль оси x	0,5 балла
2	Расписана проекция скорости вдоль оси y	0,5 балла
3	Записана формула для определения дальности полета куная	0,5 балла
4	Записана формула для расчета времени полета куная	0,5 балла
5	Записано уравнение движения по вертикали	1 балл

6	Правильно получено квадратное уравнение	2 балла
7	Получен верный корень	2 балла
8	Найден угол под которым вонзится кунай	3 балла
Всего за задачу		**10 баллов**

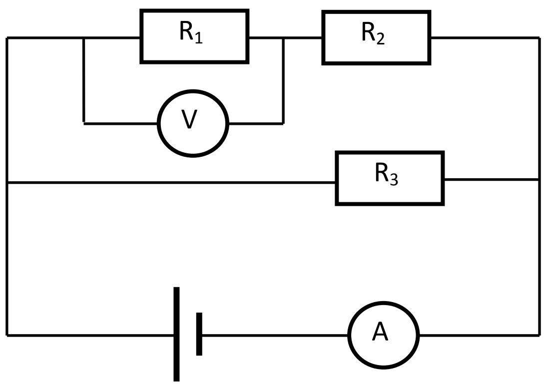
Задача № 4

В схеме, показанной на рисунке, резисторы имеют сопротивления $R_1 = 5$ кОм, $R_2 = 3$ кОм и $R_3 = 2$ кОм, амперметр показывает силу тока *1* мА. Найдите показания вольтметра, в случае если вольтметр идеальный.



Возможное решение

1. Рассмотрим случай, когда вольтметр является идеальным прибором. В этом случае он обладает бесконечно большим сопротивлением и ток через него не течёт. Схему можно изобразить следующим образом (см. рис.):



Тогда не трудно видеть, что вольтметр будет показывать напряжение на резисторе R_1, а резистор R_3 подключён параллельно к последовательно соединённым резисторам R_1 и R_2.

Рассчитаем параметры этой цепи.

$$R_{об} = \frac{R_3(R_1 + R_2)}{R_1 + R_2 + R_3} \ (1)$$

$U_{об} = I_A R_{об}$ (2); $U_{об} = U_3$ (3);

$$I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{I_A R_{об}}{R_3} = \frac{I_A(R_1+R_2)}{R_1+R_2+R_3} (4)$$

$I_1 = I_A - I_3 = \frac{I_A R_3}{R_1+R_2+R_3}(5)$; используя полученные формулы можно получить формулу для вычисления напряжения на резисторе R_1:

$$U_1 = I_1 R_1 = \frac{I_A R_3 R_1}{R_1+R_2+R_3} = 1 \text{ В}$$

Критерии оценивания

1	Понимание того, что значит идеальный вольтметр (отсутствие силы тока через него)	2 балла
2	Изображение эквивалентной схемы	2 балла

3	Правильное использование законов параллельного и последовательного соединения	4 балла
4	Конечная формула и ответ	2 балла
Всего за задачу		**10 баллов**

Задача № 5

При помощи предложенного оборудования определите абсолютный показатель преломления воды. Опишите предложенный вами метод. Обязательно сдайте диск, как иллюстрацию к объяснению того как вы производили измерения.

Оборудование: сосуд с водой, диск, набор булавок (3 штуки), угольник, бумажные салфетки для поддержания порядка на столе.

Инструкции для организаторов.

Необходимо подготовить для каждого учащегося сосуд с водой с широкой горловиной (внешний стакан калориметра, обрезанная пластиковая бутылка, пластиковоё ведёрко из-под майонеза или т.п.) чем шире будет горловина, тем лучше. Вырезать из ватмана или картона диск, диаметр которого должен быть чуть меньше диаметра горловины предлагаемого сосуда. Обратите внимание, что глубина сосуда должна превышать радиус диска. На диске *обязательно* должен быть обозначен центр. Понадобятся 3 булавки (продумайте как их подать ученикам, чтобы они их не потеряли). Кроме этого будут нужны ученические угольники с прямым углом. Размер угольника должен позволять провести диаметр на диске. Салфетки необходимы для поддержания порядка на столах. Так же необходимо предусмотреть в каждый кабинет степлер для прикрепления диска к работе учащегося.

Возможное решение:

Для начала подготовим диск следующим образом: через центр диска проведём диаметр AB и воткнём булавку в центре диска точка O. Кроме этого воткнём булавку в точку C так как показано на рисунке 1. Положение точки C произвольно.

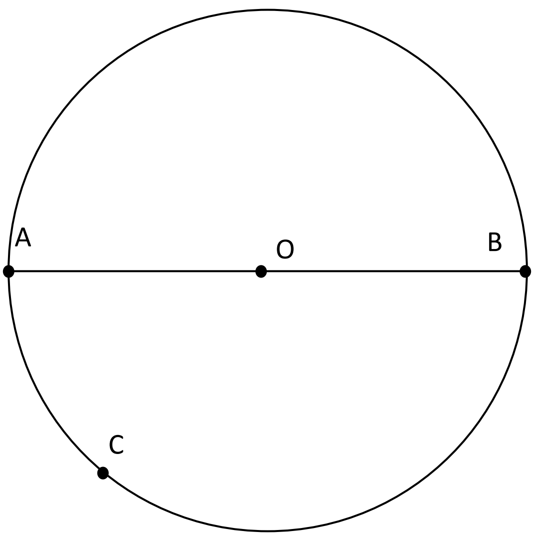


Рис. 1

После подготовки опускаем диск в воду так, чтобы линия AOB совпадала с поверхностью воды. Теперь нужно направить взгляд таким образом, чтобы изображение булавки C совпадало с булавкой O и на продолжении этой линии

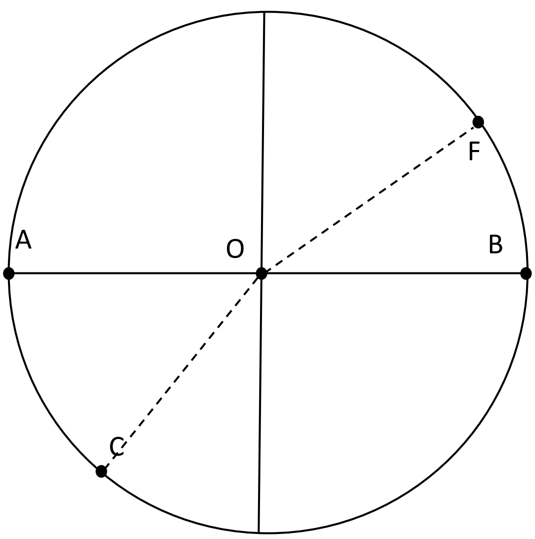


Рис. 2

воткнуть в край диска новую булавку (точка F на рисунке 2).

После этого диск вынимают из воды, убирают иголки и производят на нём дополнительные построения, которые показаны на рисунке 3. А именно: перпендикуляры к вертикальному диаметру CN и FM.

Из чертежа следует что точка C играет роль точечного источника света. Угол CON – угол падения α, угол FOM – угол преломления γ. При этом первичной средой является вода с искомым показателем преломления n_1, а вторичной средой – воздух n_2=1. Запишем закон преломления:

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma} = \frac{n_2}{n_1}$$

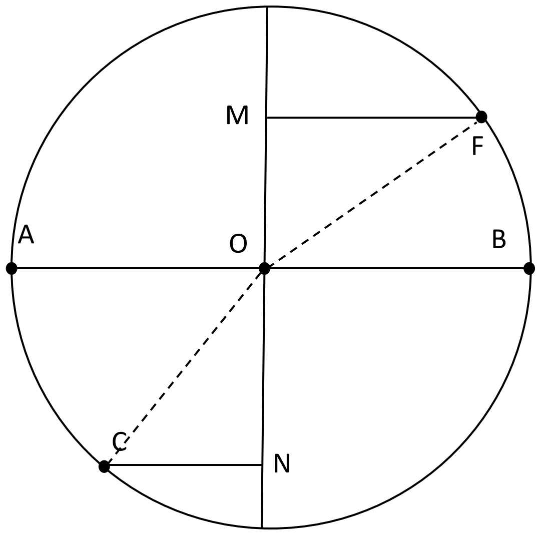


Рис. 3

Из него выражаем: $n_1 = n_2\frac{\sin\gamma}{\sin\alpha}$

Из треугольников, полученных на диске можно записать: $\sin\alpha = \frac{CN}{CO}$, $\sin\gamma = \frac{FM}{OF}$

Теперь с учётом того, что n_2=1, CO=OF т.к. это радиусы диска получаем расчётную формулу $n_1 = \frac{FM}{CN}$.

Итоговый результат будет зависеть от конкретного оборудования, поэтому конкретное значение должно быть получено каждой комиссией отдельно. Результат автора 1,35.

Критерии оценивания

1	Правильная и понятно описанная идея эксперимента	2 балла
2	Вывод расчётной формулы	2 балла
3	Получение реалистичного ответа (результат отличается не более чем на 5% от полученного комиссией)	3 балла
	если результат отличается не более чем на 10% от полученного комиссией	2 балла
	если результат отличается не более чем на 15% от полученного комиссией	1 балл
4	Методы повышения точности: ○ горизонтальный диаметр для отслеживания положения поверхности воды ○ точки C и F размещены на краях диска для повышения точности измерения отрезков ○ учёт того, что обе гипотенузы это радиусы и их можно сократить	 1 балл 1 балл 1 балл
Всего за задачу		10 баллов