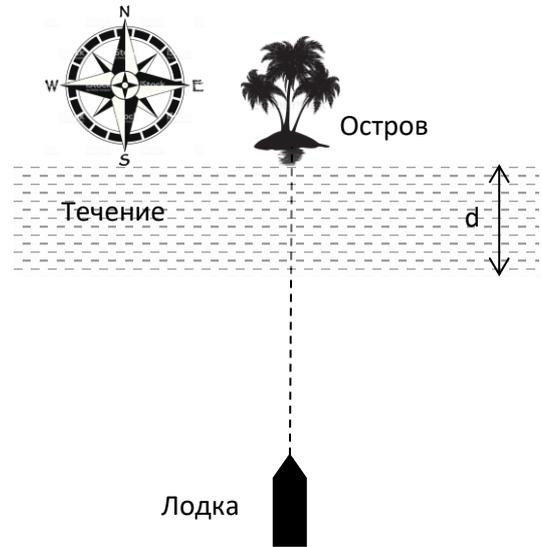


**Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников по физике.  
2019-20 учебный год. 9 класс. Максимальный балл – 50.**

**Задача №1.**

Знаменитый российский путешественник Фёдор Конюхов во время путешествия попал в следующую ситуацию. Однажды вечером он определил, что скорость его лодки относительно воды  $v = 8$  км/ч. Убедившись, что бортовая автоматика поддерживает величину и направление этой скорости постоянной, он вычислил, что, если лодка будет всё время двигаться вдоль меридиана точно на север, то через 5 часов утром следующего дня он должен оказаться вблизи острова, на котором он планировал пополнить свои запасы. Настроив автоматику, он спокойно лёг спать. Но утром он никакого острова не увидел. По GPS он определил свои координаты и обнаружил, что находится на  $S = 10$  км западнее острова. Посмотрев внимательно на карту Фёдор понял, что не учёл того, что через 2,5 часа после того как он заснул, лодка вошла в океанское течение шириной  $d = 20$  км, которое пересекало курс его лодки под углом  $\alpha = 90^\circ$  к меридиану (смотри рисунок).



Считает, что скорость течения постоянна по всей его ширине.

- 1) Какова скорость этого течения?
- 2) Под каким углом к меридиану должен был направить свою лодку Фёдор, перед тем, как лечь спать, чтобы не «промахнуться» мимо острова? Вычислите синус этого угла.
- 3) Какое время для достижения острова понадобилось бы ему в этом случае?

*Автор: Порошин Олег Владимирович*

**Возможное решение.**

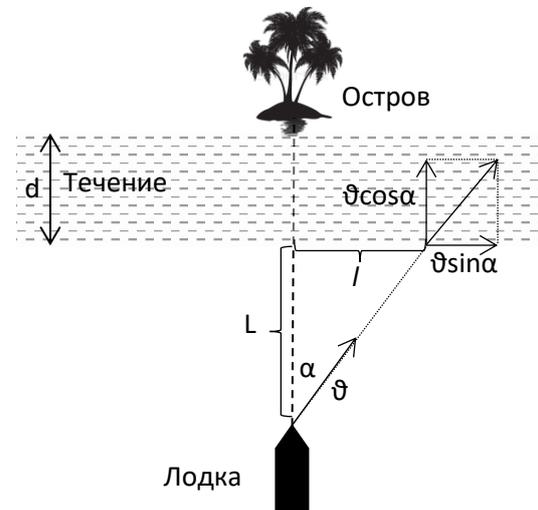
Первый вопрос.

Определим время, за которое лодка пересечёт течение:  $t = \frac{d}{v}$ . За это время течение будет сносить лодку на запад. Тогда это же время можно выразить  $t = \frac{S}{u}$ , где  $u$  – скорость течения. Приравняв левые части уравнения получаем:  $\frac{d}{v} = \frac{S}{u}$ . Отсюда  $u = \frac{Sv}{d} = 4$  км/ч.

Второй вопрос.

Сделаем чертёж:  $L$  – расстояние от места старта лодки до течения;  $l$  – расстояние, на которое должно снести лодку течение, что бы она попала на остров;  $vsina$  – проекция скорости лодки на направление течения;  $v \cos \alpha$  – проекция скорости лодки на направление перпендикулярное течению;  $\alpha$  – искомый угол.

Выразим опять время, за которое лодка пересечёт течение:  $t = \frac{d}{v \cos \alpha}$ . За это же время лодка вдоль течения должна пройти расстояние  $l$ , двигаясь относительно острова со скоростью  $v_{отн} = u - v \sin \alpha$ . Тогда время можно выразить  $t = \frac{l}{u - v \sin \alpha}$ . Приравняв правые части формул для времени получаем:  $\frac{d}{v \cos \alpha} = \frac{l}{u - v \sin \alpha}$  (1).



Из большого треугольника можно выразить  $\tan \alpha = \frac{l}{L}$  отсюда:  $l = L \tan \alpha$  подставим в формулу (1)  $\frac{d}{v \cos \alpha} = \frac{L \tan \alpha}{u - v \sin \alpha}$ . Раскрыв тангенс и сократив обе части равенства на косинус получаем:  $\sin \alpha = \frac{ud}{v(L+d)}$  (2)

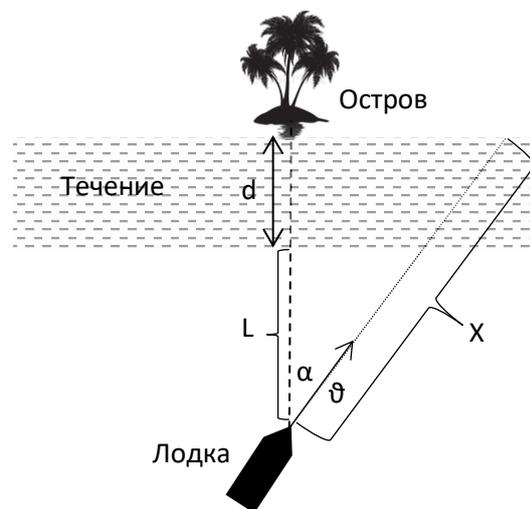
Осталось определить чему равно  $L$ . Это можно определить из того условия, что лодка вошла в течение через  $t_1 = 2,5$  ч после того как Фёдор уснул, двигаясь вдоль меридиана.  $L = t_1 v = 20$  км.

Подставив это значение в формулу (2) получим значение синуса  $\sin \alpha = \frac{1}{4}$ . Угол равен  $\alpha \approx 14,5^\circ$

Третий вопрос.

Рассмотрим движение лодки без учёта течения. Тогда лодка должна пройти относительно воды расстояние  $X$ . Это расстояние можно выразить из большого треугольника  $X = \frac{(L+d)}{\cos \alpha} = \frac{(L+d)}{\sqrt{1-\sin^2 \alpha}}$

Тогда искомое время:  $t = \frac{X}{v} = \frac{(L+d)}{v\sqrt{1-\sin^2 \alpha}} \approx 5,16$  ч



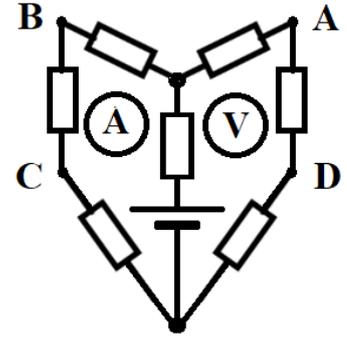
#### Критерии оценивания.

	Первый вопрос	
1	Правильно выведена формула	1 балл
2	Получен правильный численный ответ	1 балл
	Второй вопрос	
3	Записаны правильные уравнения для движения до течения	1 балл
4	Правильно выражена скорость относительно земли при нахождении в течении	1 балл
5	Записаны правильные уравнения для движения по течению	1 балл
6	Выведена формула для $\sin \alpha$	2 балла
7	Посчитано правильное численное значение $\sin \alpha$	1 балл
	Третий вопрос	
8	Записаны правильные уравнения для нахождения времени	1 балл
9	Верное численно значение времени	1 балл

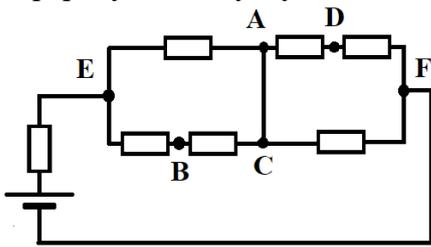
### Задача №2

В схеме, показанной на рисунке, все сопротивления равны  $R$ , а напряжение на источнике постоянно и равно  $U$ . К точкам А и С подключили идеальный амперметр, а к точкам В и D – идеальный вольтметр. Найдите показания приборов.

Автор: Воронцов Александр Геннадьевич



### Возможное решение и критерии оценивания

1	Перерисуем схему с учетом идеальности приборов: 	1 балл
2	Найдем полное сопротивление цепи – $R_{06} = 2 \cdot \frac{2R \cdot R}{2R+R} + R = \frac{7}{3}R$	2 балла
3	Найдем ток, через источник $I = \frac{3U}{7R}$	1 балл
4	На участке EA ток в 2 раза больше, чем на участке EC (напряжение одинаковое, сопротивления отличаются в 2 раза), значит $I_{EA} = \frac{2U}{7R}$ ; $I_{EC} = \frac{1U}{7R}$ . Аналогично $I_{AF} = \frac{1U}{7R}$ ; $I_{CF} = \frac{2U}{7R}$ .	2 балла
5	Показания амперметра $I_A = I_{EA} - I_{AF} = \frac{1U}{7R}$	2 балла
6	Показания Вольтметра $U_V = U_{BC} + U_{AD} = \frac{1}{7}U + \frac{1}{7}U = \frac{2}{7}U$ .	2 балла

### Задача №3

Идет дождь и на улитку падают дождевики. За 2 мин на улитку падает 300 капель с высоты 2,5 км и охлаждают ее домик на 6 °С, сами капли при этом нагреваются на 13 °С. Средний объем одной капли составляет 0,05 мл.

- 1) Сколько тепла отдала улитка за 2 минуты?
- 2) Чему равна теплоемкость улитки?
- 3) Сколько потребовалось бы времени, если вместо одной улитки их было бы 5?

Считайте, что при падении капли вся ее механическая энергия переходит в тепло. Теплообменом с окружающей средой можно пренебречь. Удельная теплоемкость воды равна 4200 Дж/кг · °С,  $g = 10$  Н/кг. Считайте, что на каждую улитку в среднем падает одинаковое количество капель.

*Автор: Дульцев Михаил Дмитриевич*

### Возможное решение

Улитка теряет  $Q_1 = C\Delta T_1$  количество теплоты, где  $C$  – теплоемкость улитки, а  $\Delta T_1$  – изменение её температуры. Одновременно с этим капля дождя забирает  $Q_2 = cm\Delta T_2$  количество теплоты на нагрев, где  $c$  – удельная теплоёмкость воды,  $m$  – масса одной капли, а  $\Delta T_2$  – изменение ее температуры. Также вся механическая энергия капли переходит в тепло  $Q_3 = E_{\text{п}} = mgh$ , где  $m$  – масса одной капли,  $g$  – ускорение свободного падения и  $h$  – высота с которой падает капля.

Составим уравнение теплового баланса:

$$Q_1 + Q_3 = Q_2$$

$$Q_1 = Q_2 - Q_3 = cm_1\Delta T_2 - m_1gh, \text{ где } m_1 - \text{это масса всех капель, упавших за время } t_1.$$

$$Q_1 = m_1(c\Delta T_2 - gh) = \rho VN(c\Delta T_2 - gh)$$

$$= 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,05 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \cdot 300 \cdot \left(4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}} \cdot 13 ^\circ\text{С} - 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 2500 \text{ м}\right) \\ = 444 \text{ Дж.}$$

$$\text{Теплоемкость улитки } C = \frac{Q_1}{\Delta T_1} = 444 \text{ Дж}/6^\circ\text{С} = 74 \text{ Дж}/^\circ\text{С}$$

Так как дождь падает на всех улиток одинаково, то в независимости от того сколько у нас улиток, охлаждение будет проходить одновременно.

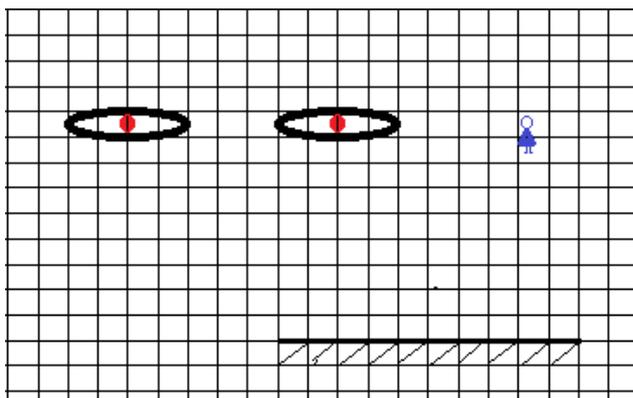
$$t_2 = t_1 = 2 \text{ мин}$$

### Критерии оценивания.

1	Составление уравнения теплового баланса	
	Учтена механическая энергия	2 балла
	Верно расписано кто отдает, а кто принимает тепло	2 балла
2	Найдено тепло, отданное улиткой	
	Формула	1 балл
	Численный ответ	1 балл
3	Найдена теплоемкость улитки (74 Дж/°С)	
	Формула	1 балл
	Численный ответ	1 балл
4	Указано, что количество улиток не влияет на время охлаждения	2 балла

#### Задача №4

На рисунке изображена Страна Чудес, где Чеширский Кот (видны только глаза) рассматривает в плоское зеркало маленькую Алису (на нашем рисунке размеры Алисы сильно преувеличены).



Определите построением:

1) область плоскости, в которой может находиться Алиса, чтобы ее было видно левому глазу Чеширского Кота;

2) область плоскости, в которой может находиться Алиса, чтобы ее было видно правому глазу Чеширского Кота;

3) область плоскости, в которой может находиться Алиса, чтобы ее было видно обоим глазам Чеширского Кота.

Автор: Рогальский Юрий Константинович

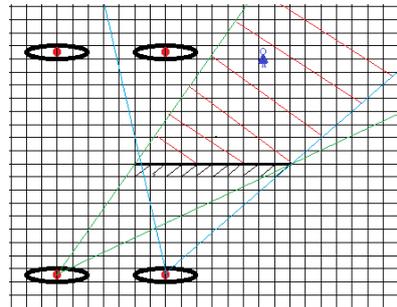
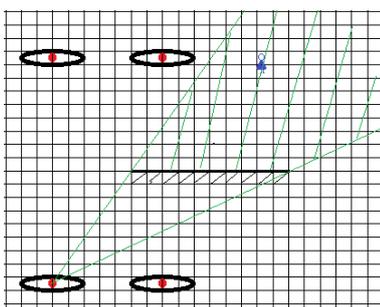
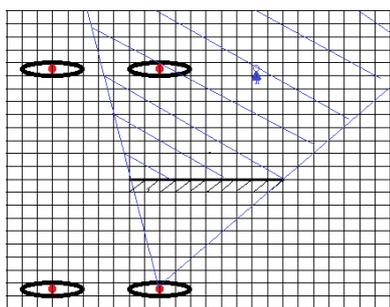
#### Возможное решение.

На рисунках построены изображения глаз Чеширского Кота в плоском зеркале.

Часть плоскости, видимая левым глазом, обозначена штриховкой на левом рисунке.

Часть плоскости, видимая правым глазом, обозначена штриховкой на среднем рисунке.

Часть плоскости, видимая и левым и правым глазом, обозначена штриховкой на правом рисунке.



#### Критерии оценивания

1	Правильная идея определения области видимости	4 балла
2	Верно найдена область видимости левого глаза	2 балла
3	Верно найдена область видимости правого глаза	2 балла
4	Верно найдена область видимости обоих глаз	2 балла

### Задача №5

Используя предложенное оборудование определите массы пластилина и линейки.

**Оборудование:** линейка, пластилин, нитка, стакан с водой (плотность воды  $1000 \text{ кг/м}^3$ ).

*Автор: Гусев Андрей Владиславович*

#### Возможное решение.

Уравновесив линейку, определим местоположение её центра тяжести.

Придав пластилину форму кубика, измеряем его размеры и рассчитываем объем.

Подвесив на линейку пластилин и уравновесив её, находим соотношение между массами пластилина и линейки  $m_{\text{п}}l_1 = m_{\text{л}}l_2$ , где  $l_1$  и  $l_2$  – длины плеч сил тяжести пластилина и линейки соответственно.

Опустив в воду, подвешенный на линейку пластилин, опять добиваемся состояния равновесия. Запишем равенство моментов сил  $(m_{\text{п}}g - \rho gV)l_3 = m_{\text{л}}gl_4$

Решая систему из двух уравнений, определяем массы пластилина и линейки.

$$\frac{l_4}{l_2} = \frac{m_{\text{п}} - \rho V l_3}{m_{\text{п}} l_1}$$
$$1 - \frac{l_4 l_1}{l_2 l_3} = \frac{\rho V}{m_{\text{п}}}$$
$$m_{\text{п}} = \rho V / (1 - \frac{l_4 l_1}{l_2 l_3})$$
$$m_{\text{л}} = m_{\text{п}} \frac{l_2}{l_1}$$

#### Критерии оценивания

1	Определено положение центра масс линейки	1 балл
2	Проведен опыт со взвешиванием пластилина в воздухе и получены корректные измерения	1 балл
3	Записано условие равновесия в воздухе	1 балл
4	Измерен объем пластилина	1 балл
5	Проведен опыт со взвешиванием пластилин в воде и получены корректные измерения	1 балл
6	Записано условие равновесия в воде	2 балла
7	Найдена масса пластилина	1,5 балла
8	Найдена масса линейки	1,5 балла

#### Рекомендации для организаторов

Состав комплекта оборудования на одного участника:

- стакан с водой;
- кусок пластилина;
- деревянная линейка;
- кусок нитки.

Описание оборудования:

Стакан – пластиковый стаканчик объемом 200 мл или аналогичная емкость (без шкалы объемов)

Кусок пластилина объемом около  $1\text{-}2 \text{ см}^3$ .

Линейка длиной 40 см. Если нет, то 30 см, но объем кубика  $1 \text{ см}^3$ .

Кусок нити – отрезок швейной нити длиной около 1м. Нить должна легко рваться руками.