

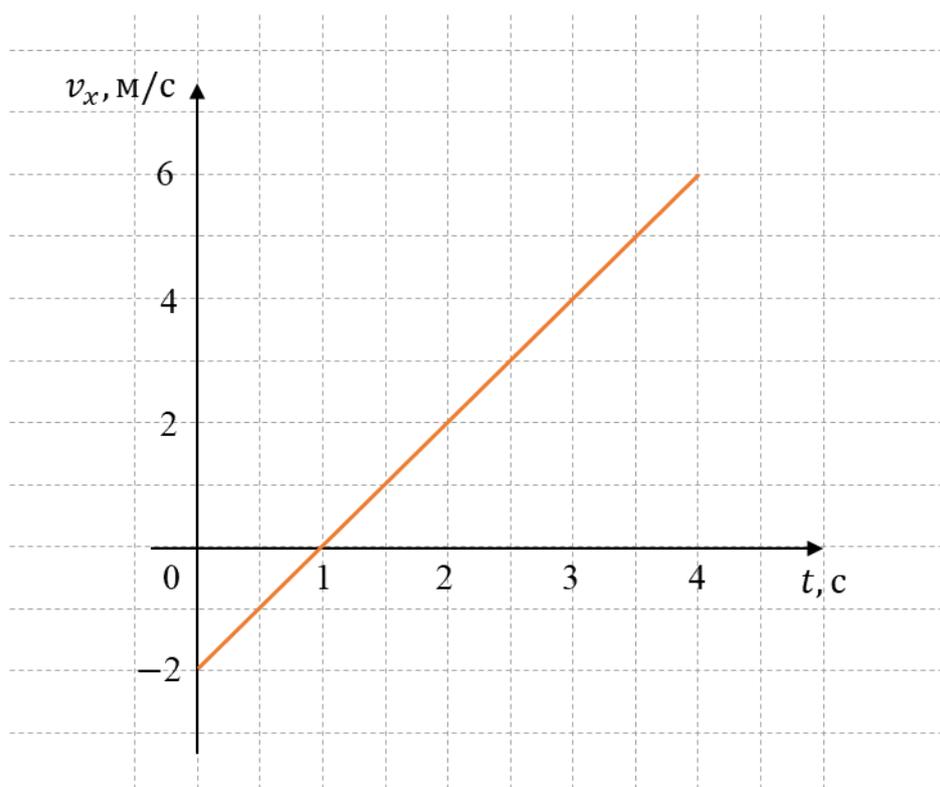
ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ФИЗИКА. 2024–2025 УЧ. Г.
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 10 КЛАСС

ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Максимальный балл за работу – 40.

Тестовые задания

1. Тело движется вдоль оси X . График зависимости проекции скорости тела на ось X изображён на рисунке. Тело начинает движение в момент времени $t = 0$ с. Выберите все верные утверждения.



- 1) За первые две секунды движения путь, пройденный телом, в два раза меньше пути, пройденного телом за 4 с от момента начала движения.
- 2) Модуль вектора перемещения тела за первые три секунды движения в два раза меньше модуля вектора перемещения тела за 4 с от момента начала движения.
- 3) **Вектор** перемещения тела за первую секунду движения равен **вектору** перемещения тела за вторую секунду движения.
- 4) Путь, пройденный телом за четвертую секунду движения, равен пути, пройденному телом за первые три секунды движения.
- 5) Средняя путевая скорость тела за первые 4 секунды движения составила 2 м/с.

2. Брусок массой m лежит на шероховатой доске массой M . Доска покоится на гладком горизонтальном столе. Бруску щелчком сообщили начальную скорость в направлении вдоль доски. Через некоторое время движение бруска относительно доски прекратилось. Брусок к этому моменту проехал относительно доски расстояние l , а доска относительно стола прошла расстояние L . Коэффициент трения между доской и бруском μ .



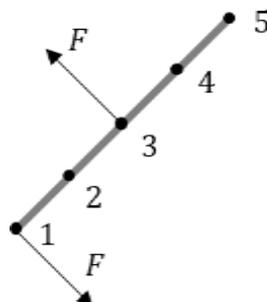
Выберите все верные утверждения о работе сил трения (относительно неподвижной системы отсчёта).

- 1) Суммарная работа сил трения в системе из двух тел положительна, и её модуль равен μmgl .
- 2) Суммарная работа сил трения в системе из двух тел отрицательна, и её модуль равен μmgl .
- 3) Работа силы трения, действующей на доску, отрицательна, и её модуль равен μmgl .
- 4) Работа силы трения, действующей на доску, положительна, и её модуль равен μmgl .
- 5) Работа силы трения, действующей на брусок, отрицательна, и её модуль равен $\mu mg(l + L)$.

3. В батарее отопления течёт вода. Температура воды на входе в батарею $T_1 = 60^\circ\text{C}$, а на выходе $T_2 = 59^\circ\text{C}$. Температуру воздуха в отапливаемом помещении считайте постоянной и равной 20°C . В котельной увеличили скорость движения воды в батареях в два раза, при этом температура воды на входе не изменилась. Выберите верное утверждение.

- 1) Мощность теплоотдачи батареи при увеличении скорости увеличилась в два раза, разность температур на входе и выходе из батареи практически не изменилась.
- 2) Мощность теплоотдачи батареи при увеличении скорости практически не изменилась, разность температур на входе и выходе из батареи уменьшилась в два раза.
- 3) Мощность теплоотдачи батареи при увеличении скорости увеличилась в два раза, разность температур на входе и выходе из батареи также увеличилась в два раза.
- 4) Мощность теплоотдачи батареи при увеличении скорости практически не изменилась, разность температур на входе и выходе из батареи также практически не изменилась.
- 5) Мощность теплоотдачи батареи при увеличении скорости практически не изменилась, разность температур на входе и выходе из батареи увеличилась в два раза.

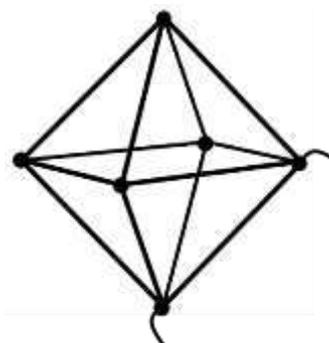
4. Однородный стержень лежит на гладком горизонтальном столе. К стержню прикладывают две одинаковые по модулю силы, направленные перпендикулярно стержню вдоль плоскости стола (см. рис.). Одну силу прикладывают к концу стержня, другую – к его середине. Вокруг какой точки будет вращаться стержень?



- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4
- 5) 5

5. Из двенадцати отрезков проволоки сопротивлением R каждый спаяли октаэдр. Найдите сопротивление такого октаэдра при подключении омметра к контактам, показанным на рисунке.

- 1) $\frac{10}{9}R$
- 2) $\frac{9}{10}R$
- 3) $\frac{10}{19}R$
- 4) $\frac{19}{10}R$
- 5) $\frac{5}{12}R$



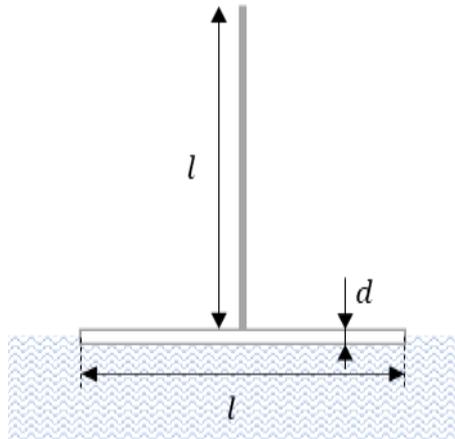
Ответы:

№ задания	1	2	3	4	5
Ответ	4	2,5	2	3	5
Балл	2 балла				

Задания с кратким ответом

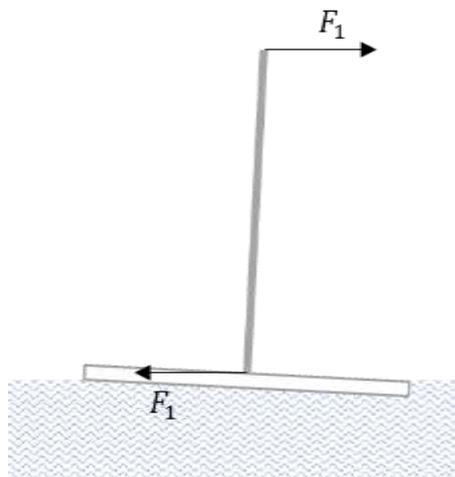
Задачи 6-8

Мальчик решил сделать игрушечный плот с мачтой. Для этого он взял квадратную пластинку пенопласта со стороной $l = 10$ см и толщиной $d = 3$ мм и тонкую однородную палочку той же длины l . Силами поверхностного натяжения в задаче пренебрегите.

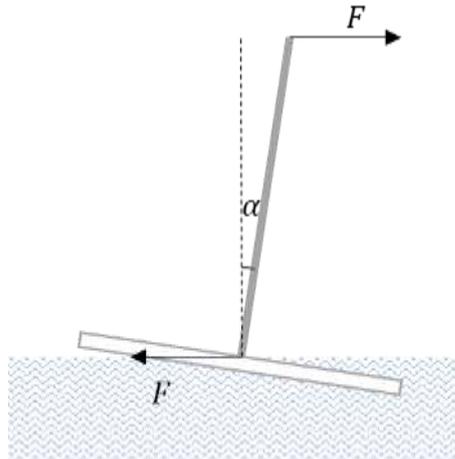


6. При какой максимальной массе m_{max} мачты плот не тонет в воде? Мачту плота при этом поддерживают горизонтальными силами в вертикальном положении. Массой пенопласта при расчётах пренебрегите. Плотность воды примите равной $\rho_B = 1$ г/см³. Дайте ответ в граммах с округлением до десятых долей. (1 балл)

7. Мальчик сделал мачту той же длины, но массой в два раза меньше максимальной, и решил проверить свой плот на устойчивость. Для этого он двумя палочками прикладывал пару горизонтальных сил к основанию и к верхней точке мачты (см. рис.). Рассчитайте величину каждой из сил F_1 , которые необходимо прикладывать к мачте, чтобы один из краёв основания плота сравнялся с уровнем воды. Примите ускорение свободного падения равным $g = 10$ м/с². Дайте ответ в миллиньютонах с округлением до целого числа. (2 балла)



8. Рассчитайте, на какой максимальный угол можно отклонить плот, прикладывая к мачте пару горизонтально направленных сил, чтобы после того, как его отпустили, плот вернулся в исходное состояние. Длина мачты равна l , её масса в два раза меньше максимальной. Дайте ответ в градусах с округлением до целого числа.



При расчётах используйте, что $d \ll l$. Ось вращения направлена вдоль средней линии квадратного основания пловца. (2 балла)

Решение:

6. При максимальной массе мачты плот полностью уйдёт под воду. В этом случае сила тяжести должна уравновешивать максимально возможную силу Архимеда:

$$m_{max}g = \rho_v l^2 d g.$$

Отсюда максимальная масса мачты:

$$m_{max} = \rho_v l^2 d = 30 \text{ г.}$$

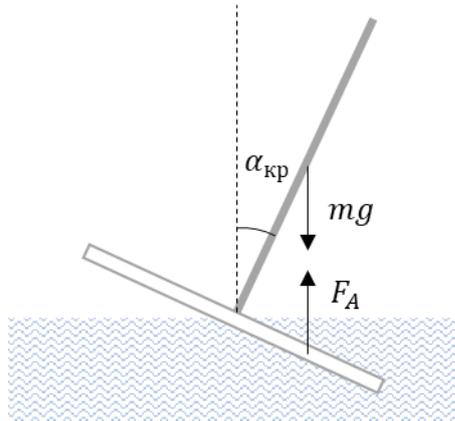
7. При выбранной массе мачты основание будет погружено под воду наполовину. При отклонении мачты от вертикального положения на небольшой угол так, что один из краёв пловца сравняется с уровнем воды, этот уровень будет делить боковую сторону основания пловца по её диагонали на два треугольника. Сила Архимеда, действующая на погружённую в воду часть пловца, будет приложена в её центре масс. Проекция этой силы на плоскость рисунка находится в точке пересечения медиан прямоугольного треугольника с катетами l и d , то есть на расстоянии $\frac{1}{6}l$ от центра основания пловца. Тогда момент приложенной к мачте пары сил должен уравновешивать суммарный момент, создаваемый силой тяжести и силой Архимеда:

$$F_1 l = \frac{m_{max} g l}{2} \frac{l}{6}.$$

Отсюда величина сил равна

$$F_1 = \frac{m_{max}g}{12} = 25 \text{ мН.}$$

8. Плот вернётся в исходное положение, если суммарный момент силы тяжести и силы Архимеда будет возвращающим. При критическом угле отклонения возвращающий момент обращается в ноль, и линии действия силы тяжести и силы Архимеда совпадают.



Тогда для критического угла отклонения можно записать:

$$\alpha_{кр} = \arctg\left(\frac{l/4}{l/2}\right) = \arctg \frac{1}{2} \approx 27^\circ.$$

Ответы:

6	7	8
30	25	26-27

Максимум за задачу 5 баллов.

Задачи 9-12

Вольт-амперная характеристика (ВАХ) чёрного ящика представлена на рисунке 1. Положительное направление тока через чёрный ящик (ЧЯ) (рис. 3) соответствует протеканию тока от «+» к «-». Известно, что линия графика ВАХ состоит из двух прямых участков, причём угловой коэффициент прямой в области $U > 1,25 \text{ В}$ превосходит угловой коэффициент прямой в области $U < 1,25 \text{ В}$ (рис. 1 отражает качественное соотношение угловых коэффициентов прямых, их количественное отношение, определяемое из этого рисунка, может не соответствовать реальному значению). Внутри ЧЯ находятся два различных резистора и два одинаковых идеальных диода. ВАХ диода изображена на рисунке 2.

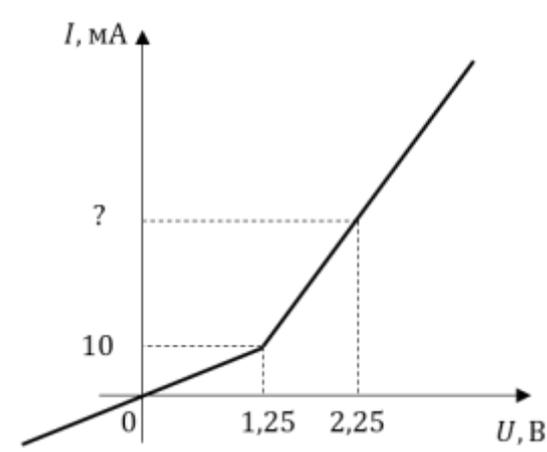


Рис. 1

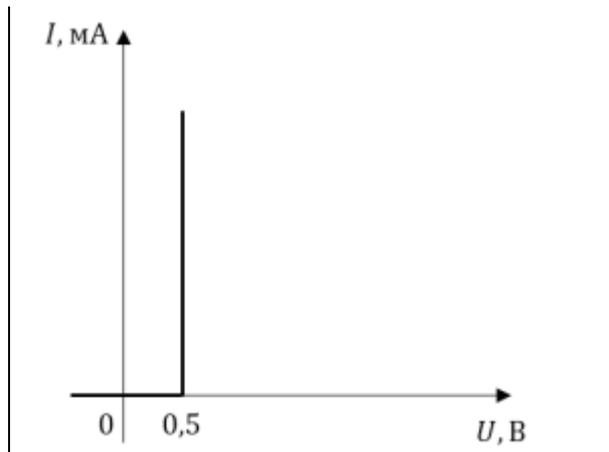


Рис. 2

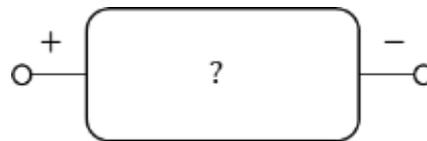
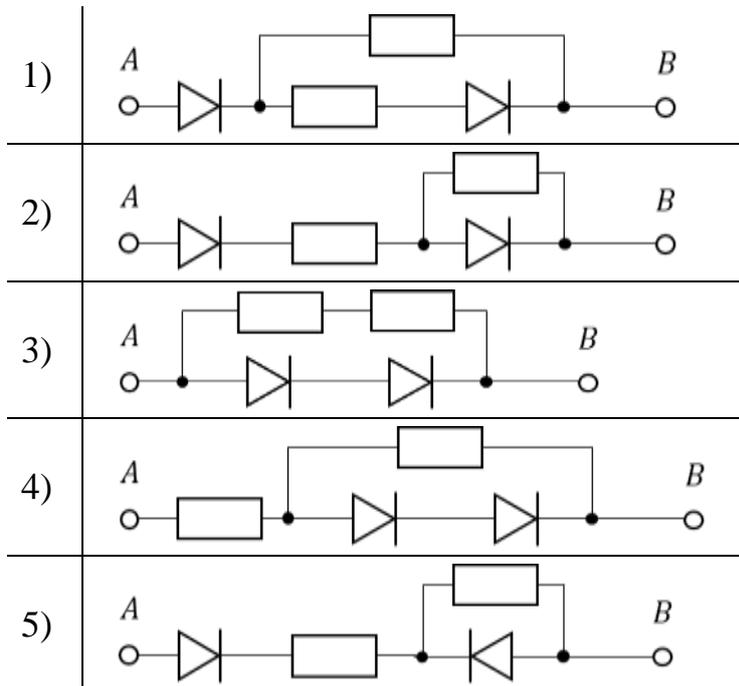


Рис. 3

9. Выберите схему ЧЯ, которая отвечает указанной ВАХ. (2 балла)



10. Выберите верное утверждение. (1 балл)

- 1) Контакту «+» ЧЯ соответствует вывод A схемы, контакту «-» соответствует вывод B .
- 2) Контакту «+» ЧЯ соответствует вывод B схемы, контакту «-» соответствует вывод A .
- 3) Оба варианта 1 и 2 возможны.

11. Какой ток будет протекать через ЧЯ, если подать на него положительное напряжение 2,25 В? Дайте ответ в мА с округлением до десятых долей. (2 балла)

12. Какая мощность будет выделяться внутри ЧЯ, если подключить к нему источник питания с напряжением 5 В и внутренним сопротивлением 25 Ом, соблюдая полярность? Дайте ответ в Вт с округлением до сотых долей. (2 балла)

Решение:

9. В первой, второй и пятой схемах диод подключён к остальной цепи последовательно. Это означает, что при подаче на ЧЯ напряжения, меньшего 0,5 В в любой из полярностей, ток через ЧЯ не идёт, что противоречит ВАХ ЧЯ. В третьей схеме при подаче в одном из направлений напряжения большего, чем 1 В, через ЧЯ будет течь очень большой ток. Следовательно, эта схема также не подходит. Поэтому остаётся только схема 4, характерный вид ВАХ которой соответствует ВАХ ЧЯ.

10. При подключении положительного контакта источника питания к клемме «В», а отрицательного – к клемме «А» ток потечёт в направлении от «В» к «А». В этом случае диоды всегда будут оставаться в закрытом положении, и цепь будет вести себя как резистор, поэтому вариант 2 не подходит. При подаче напряжения в противоположной полярности при напряжении, меньшем порогового, диоды будут закрыты и цепь будет вести себя как резистор. При напряжении, большем порогового, диоды будут открыты и напряжение на них будет оставаться постоянным. Последнее приведёт к излому вольт-амперной характеристики, который и наблюдается на рисунке, представленном в условии. Поэтому подходит вариант 1.

11. Обозначим на схеме ЧЯ номера резисторов (рис. 4).

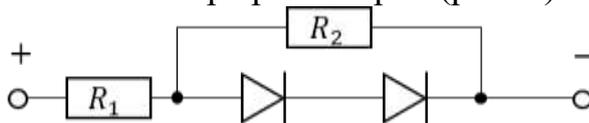


Рис. 4. Схема ЧЯ

При напряжениях меньше порогового $U_{п} = 1,25$ В схема ЧЯ ведёт себя как резистор с сопротивлением $R_1 + R_2$. Рассчитаем угловой коэффициент графика ВАХ на этом участке:

$$R_1 + R_2 = \frac{1,25 \text{ В}}{10 \text{ мА}} = 125 \text{ Ом.}$$

При пороговом напряжении диоды открываются, напряжение на каждом из диодов в этот момент равно 0,5 В, но ток через них практически не течёт. Тогда на втором резисторе напряжение составляет 1 В и ток через него равен току, протекающему через весь ЧЯ, то есть 10 мА. В соответствии с законом Ома сопротивление второго резистора тогда составляет

$$R_2 = \frac{1 \text{ В}}{10 \text{ мА}} = 100 \text{ Ом.}$$

Используя первое уравнение, несложно вычислить сопротивление первого резистора:

$$R_1 = 125 \text{ Ом} - 100 \text{ Ом} = 25 \text{ Ом.}$$

При подаче напряжения в 2,25 В на схему, диоды будут открыты, суммарное напряжение на них составит 1 В. Оставшееся напряжение будет на первом резисторе. Тогда через него будет протекать ток, равный

$$I = \frac{1,25 \text{ В}}{25 \text{ Ом}} = 50 \text{ мА.}$$

Такой же ток будет протекать через весь ЧЯ.

12. Предположим, что при подключении такого источника диоды открыты. Тогда напряжение на двух последовательно соединённых диодах и параллельно подсоединённом к ним резисторе R_2 составит 1 В. Тогда суммарное напряжение на внутреннем сопротивлении источника питания и резисторе R_1 составит $5\text{В} - 1\text{В} = 4\text{В}$. В соответствии с законом Ома сила тока, протекающего через эти сопротивления и, по сути, через весь ЧЯ, составит

$$I = \frac{4 \text{ В}}{25 \text{ Ом} + 25 \text{ Ом}} = 80 \text{ мА.}$$

Тогда напряжение на ЧЯ будет складываться из напряжения на резисторе и напряжения на диодах:

$$U = IR_1 + 2U_D = 3 \text{ В.}$$

Полученное напряжение больше напряжения, при котором открываются диоды, следовательно, предположение о том, что диоды открыты, верное.

Рассчитаем тепловую мощность, выделяющуюся в ЧЯ:

$$N = IU = 0,24 \text{ Вт.}$$

Ответы:	9	10	11	12
	4	1	50	0,24

Максимум за задачу 7 баллов.

Задачи 13-14

Незнайка отправился в путешествие на специальном самолёте, который мог находиться в воздухе длительное время без посадки. Он полетел точно на восток по бортовому компасу со скоростью $v = 1000$ км/ч относительно поверхности Земли. Также Незнайка обнаружил в самолёте прибор, который показывал долготу самолёта и регулярно записывал её в бортовой компьютер. Согласно записям, точка вылета имеет координату $\varphi_1 = 131^\circ 54'$ в.д. (восточной долготы). Про прошествии $t = 11$ мин полёта прибор показывал $\varphi_2 = 134^\circ 21'$ в.д. Полёт проходит в северном полушарии.

Примечание: долгота изменяется от 0° до 180° и может быть восточной или западной в зависимости от того, находится ли данная точка восточнее или западнее нулевого меридиана. Один градус равен 60 угловым минутам: $1^\circ = 60'$.

13. Определите широту θ места вылета, если известен радиус Земли $R = 6400$ км. Считайте, что Земля имеет форму шара, а полёт происходит на малой высоте. Ответ выразите в градусах, округлив до целого числа. **(2 балла)**

14. Определите длительность одних суток для Незнайки на самолёте. Ответ выразите в часах, округлив до десятых долей. **(2 балла)**

Решение:

13. Самолёт двигался по окружности, радиус которой связан с радиусом Земли формулой $r = R \cos \theta$ (см. рис. 5).

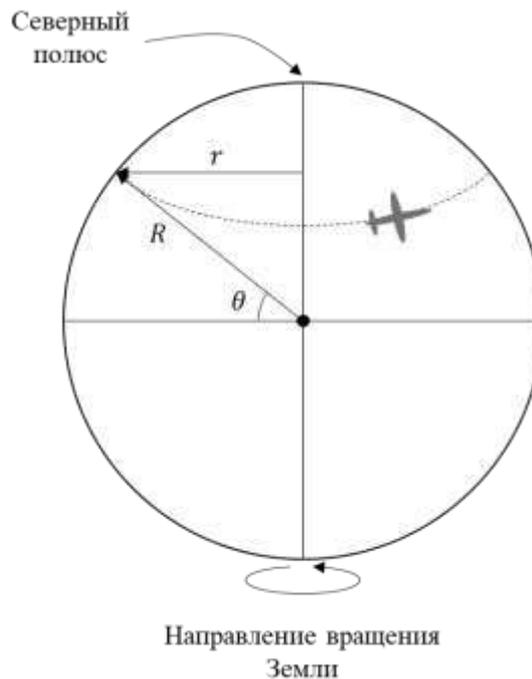


Рис. 5. Движение самолёта над Землёй.
Наблюдение из космоса над линией экватора.

За время полёта самолёт переместился вдоль поверхности Земли на расстояние, которое, с одной стороны, можно вычислить, как длину дуги окружности, а с другой – выразить через скорость движения самолёта относительно поверхности:

$$(\varphi_2 - \varphi_1)r = vt.$$

Объединяя уравнения для широты, получим

$$\theta = \arccos\left(\frac{vt}{R(\varphi_2 - \varphi_1)}\right) \approx 48^\circ.$$

Обратим внимание на то, что в расчётную формулу необходимо подставлять разницу координат по долготе, выраженную в радианах:

$$\varphi_2 - \varphi_1 = 2^\circ 27' = 2,45^\circ \cdot \frac{\pi}{180^\circ} \approx 4,276 \cdot 10^{-2} \text{ рад.}$$

14. Для неподвижного относительно Земли наблюдателя продолжительность суток $T = 24$ часа. Изобразим движение Земли и самолёта при наблюдении за ними из космоса с большого расстояния от Земли вдоль оси её вращения, со стороны Северного полюса (см. рис. 6). Так как солнце движется по земному небу с востока на запад, то на изображении Земля вращается против часовой стрелки. С другой стороны, показания датчика долготы в самолёте увеличивались, то есть самолёт двигался по окружности относительно оси Земли против часовой стрелки. Таким образом, относительно неподвижного наблюдателя (находящегося в космосе) скорость самолёта равна сумме скорости вращения поверхности Земли и скорости самолёта: $u = v + \frac{2\pi r}{T}$.



Рис. 6 Движение самолёта и Земли.
Вид из космоса со стороны Северного полюса.

За время полных суток самолёту необходимо совершить полный оборот вокруг оси Земли:

$$vT' = 2\pi r.$$

Объединяя уравнения, получим для длительности суток в самолёте:

$$T' = \frac{2\pi r}{v + \frac{2\pi r}{T}} = \frac{2\pi}{\frac{v}{r} + \frac{2\pi}{T}} = \frac{2\pi}{\frac{v}{R \cos \theta} + \frac{2\pi}{T}} = \frac{2\pi}{\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{t} + \frac{2\pi}{T}} = 12,7 \text{ часа.}$$

К тому же результату можно прийти и более коротким способом, сложив угловые скорости вращения Земли и движения самолёта относительно поверхности Земли.

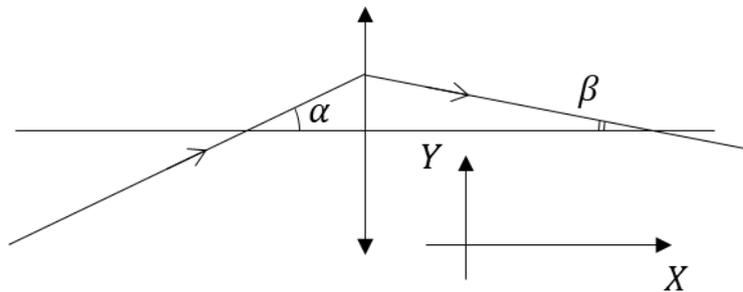
Ответы:

13	14
48	12,7

Максимум за задачу 4 балла.

Задачи 15-17

Луч света падает на тонкую собирающую линзу с оптической силой $D = 4$ дптр под малым углом $\alpha = 4^\circ$ к главной оптической оси, а после преломления он идёт под малым углом $\beta = 2^\circ$ к главной оптической оси (см. рис.).



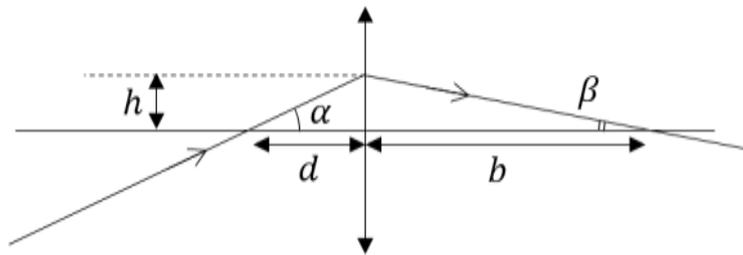
15. На какое расстояние и в какую сторону нужно сдвинуть линзу вдоль оси X , чтобы преломлённый луч вышел из линзы параллельно главной оптической оси линзы? Дайте ответ в сантиметрах с округлением до десятых долей. Если сдвинуть нужно в положительном направлении оси X , укажите положительное значение, если в противоположном – отрицательное. **(2 балла)**

16. На какое расстояние и в какую сторону нужно сдвинуть линзу вдоль оси Y , чтобы преломлённый луч вышел параллельно главной оптической оси линзы? Дайте ответ в миллиметрах с округлением до десятых долей. Если сдвинуть нужно в положительном направлении оси Y , укажите положительное значение, если в противоположном – отрицательное. **(2 балла)**

17. В какую сторону и на какой угол нужно повернуть линзу вокруг её оптического центра (вокруг оси, перпендикулярной плоскости рисунка), чтобы преломлённый луч был перпендикулярен плоскости линзы? Дайте ответ в градусах с округлением до десятых долей. Если повернуть линзу нужно по часовой стрелке, укажите положительное число, если против часовой стрелки – отрицательное. (2 балла)

Решение:

15. Обозначим как d расстояние между оптическим центром линзы и точкой пересечения падающего луча с главной оптической осью. Аналогично введём расстояние b для преломлённого луча. Расстояние между оптическим центром линзы и точкой падения луча на линзу обозначим, как h .



Расстояния d и b связаны друг с другом формулой тонкой линзы:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{b} = D.$$

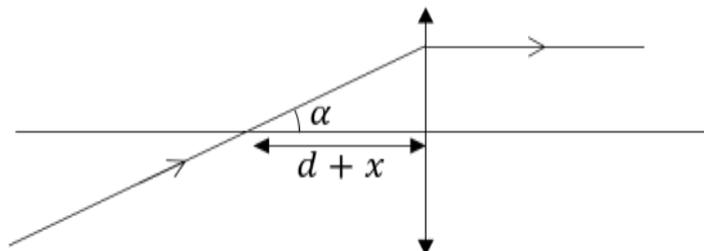
Для связи линейных величин с угловыми в силу малости углов запишем: $\alpha = h/d$ и $\beta = h/b$. Объединяя эти формулы, запишем для величины h :

$$h = \frac{\alpha + \beta}{D}.$$

Тогда для расстояния d получим:

$$d = \frac{h}{\alpha} = \frac{\alpha + \beta}{\alpha D} = \frac{1}{D} + \frac{\beta}{\alpha D}.$$

Изобразим на рисунке преломление луча в сдвинутой линзе. Предположим, что линзу переместили в положительном направлении оси X на расстояние x .



Расстояние между линзой и точкой падения луча должно быть равно фокусному расстоянию линзы F :

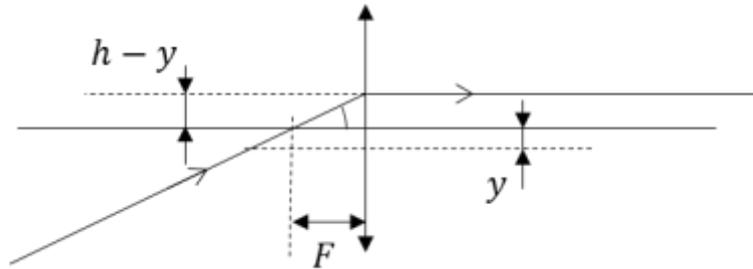
$$d + x = F = \frac{1}{D}.$$

Тогда расстояние x может быть найдено, как

$$x = \frac{1}{D} - d = -\frac{\beta}{\alpha D} = -12,5 \text{ см} < 0.$$

Видно, что линзу необходимо сдвинуть влево.

16. Переместим линзу относительно исходного положения вверх на расстояние y так, чтобы падающий луч проходил через фокус линзы.



Запишем связь геометрических величин:

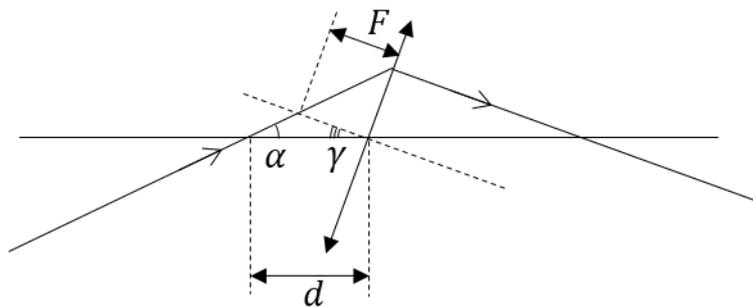
$$F\alpha = h - y.$$

Отсюда для вертикального смещения линзы получаем

$$y = h - F\alpha = \frac{\alpha + \beta}{D} - \frac{\alpha}{D} = \frac{\beta}{D} = 8,7 \text{ мм} > 0.$$

Так как полученная величина положительна, то линзу необходимо сдвинуть вверх.

17. Так как расстояние $d > F$, то поворачивать линзу необходимо по часовой стрелке для уменьшения расстояния между точкой пересечения падающего луча с главной оптической осью линзы и её оптическим центром. Изобразим ход луча и положение линзы на рисунке:



Обозначим угол поворота линзы γ . Запишем теорему синусов для треугольника, образованного падающим лучом и двумя положениями оптической оси:

$$\frac{\sin \alpha}{F} = \frac{\sin(180 - \alpha - \gamma)}{d} = \frac{\sin(\alpha + \gamma)}{d}.$$

В силу малости углов можно переписать выражение, как:

$$\frac{\alpha}{F} = \frac{\alpha + \gamma}{d}.$$

Отсюда угол поворота линзы:

$$\gamma = \alpha(Dd - 1).$$

С учётом предыдущих выкладок:

$$\gamma = \beta = 2,0^\circ.$$

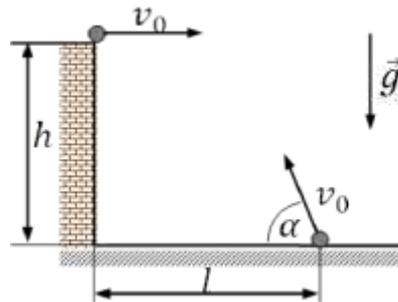
Ответы:

15	16	17
-12,5	8,7	2,0

Максимум за задачу 6 баллов.

Задачи 18-21

Два одинаковых маленьких комка сырой глины бросают одновременно с одинаковыми по модулю начальными скоростями v_0 . Первый бросают горизонтально с башни высотой $h = 20$ м, второй – с поверхности земли из точки, находящейся на расстоянии $l = h$ от основания башни, под углом α к горизонту (см. рис.). Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивлением воздуха можно пренебречь.



18. Под каким углом α необходимо бросать второй комок глины, чтобы комки могли столкнуться в воздухе? Ответ выразите в градусах и округлите до целого числа. (2 балла)

19. При каком минимальном значении v_{0min} скорости v_0 столкновение комков в воздухе возможно? Ответ выразите в м/с и округлите до целого числа. (2 балла)

20. На каком расстоянии S от точки бросания второго комка произойдёт столкновение комков (при бросании второго под необходимым углом α) при $v_0 = 2v_{0min}$? Ответ выразите в м и округлите до целого числа. (2 балла)

21. С какой скоростью v упадёт на землю кусок глины, образовавшийся в результате слипания двух комков при соударении в воздухе, если $v_0 = 2v_{0min}$? Ответ выразите в м/с и округлите до целого числа. (2 балла)

Решение:

18. Перейдём в систему отсчёта, в которой первый комок покоится. В этой системе отсчёта второй комок будет двигаться равномерно и прямолинейно, поскольку в неподвижной системе отсчёта их ускорения одинаковы. Горизонтальная составляющая скорости второго комка в этой системе отсчёта: $v_{\text{гор}} = v_0(1 + \cos \alpha)$, вертикальная – $v_{\text{верт}} = v_0 \sin \alpha$. Для столкновения эта скорость должна быть направлена в точку, где находится первый комок. Отсюда

$$\frac{h}{l} = \frac{v_{\text{верт}}}{v_{\text{гор}}} = \frac{v_0 \sin \alpha}{v_0(1 + \cos \alpha)} = \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \Rightarrow \alpha = 2 \operatorname{arctg} \frac{h}{l} = 90^\circ.$$

19. Найдём время t , через которое произойдёт столкновение:

$$h = v_{\text{верт}} \cdot t \Rightarrow t = \frac{h}{v_0 \sin \alpha}.$$

Столкновение должно произойти на неотрицательной высоте в системе отсчёта земли. Следовательно,

$$h_1 = h - \frac{gt^2}{2} \geq 0 \Rightarrow v_{0\min} = \sqrt{\frac{gh}{2 \sin^2 \alpha}} = 10 \text{ м/с}.$$

20. Для того чтобы комки могли столкнуться, бросаем второй под углом $\alpha = 90^\circ$ (из первого пункта). Тогда

$$S = h - \frac{gt^2}{2} = h - \frac{g}{2} \cdot \left(\frac{h}{2v_{0\min} \cdot \sin \alpha} \right)^2 = \frac{3h}{4} = 15 \text{ м}.$$

21. Найдём скорости комков в момент перед столкновением (ось Y направлена вертикально вниз, X – вправо):

$$v_{1y} = gt = g \frac{h}{v_0} = \sqrt{\frac{gh}{2}}; \quad v_{1x} = v_0;$$

$$v_{2y} = gt - v_0 = g \frac{h}{v_0} - v_0 = -\sqrt{\frac{gh}{2}}; \quad v_{2x} = 0.$$

Запишем закон сохранения импульса в момент удара:

$$mv_{1y} + mv_{2y} = 2mu_y \Rightarrow u_y = 0,$$

$$mv_{1x} + mv_{2x} = 2mu_x \Rightarrow u_x = \frac{v_0}{2}.$$

Закон сохранения механической энергии для слипшегося куска:

$$2mgS + \frac{2mu_x^2}{2} = \frac{2mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{2gS + \frac{1}{4}v_0^2} = \sqrt{2gh} = 20 \text{ м/с.}$$

Ответ к этому пункту можно получить, применив теорему о движении центра масс. Центр масс системы из двух комков будет двигаться по параболе под действием силы тяжести. При столкновении комков между ними возникнут лишь внутренние силы, которые не оказывают влияния на движение центра масс. Изначально центр масс системы находится на высоте $h/2$ и движется со скоростью $v_0/\sqrt{2}$. Запишем закон сохранения механической энергии для материальной точки с массой, равной массе двух комков, при её движении по параболе от начальной точки до конечной, находящейся на поверхности земли. По теореме о движении центра масс, он будет двигаться так же, как эта материальная точка.

$$\frac{2m v_0^2}{2} \frac{1}{2} + 2mg \frac{h}{2} = \frac{2mv^2}{2}.$$

Отсюда скорость в момент падения слипшихся комков, совпадающая со скоростью центра масс, составит:

$$v = \sqrt{\frac{v_0^2}{2} + gh} = \sqrt{2gh} = 20 \text{ м/с.}$$

Ответы:	18	19	20	21
	90	10	15	20

Максимум за задачу 8 баллов.

Максимальный балл за работу – 40.