Конкурс по физике. Решения.

В скобках после номера задачи указаны классы, которым эта задача рекомендуется. Ученикам *7 класса и младше* достаточно решить **одну** «свою» задачу, ученикам *8–10 классов* — **две** «своих» задачи, ученикам *11 класса* — **три** «своих» задачи. Можно решать и задачи старших классов.

---

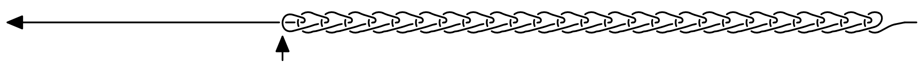
1. (6–9) Из кондиционеров, холодильников и других устройств, предназначенных для охлаждения, во время работы часто течёт вода (которая совсем не нужна). Откуда эта вода берётся и почему без неё невозможно обойтись?

Ответ. Вода, которая течёт из кондиционеров, ранее входила в состав воздуха в виде водяного пара. Максимальное количество воды, которая может находится в виде пара в каком-то объёме, зависит от температуры. Чем температура меньше, тем меньше это количество. Если воздух охладить так (до такой температуры), что водяных паров в нём оказывается больше, чем может быть при этой температуре, «лишняя» вода превращается из пара в обычную жидкую воду (или твёрдую — лёд, снег, — при низких температурах).

Жидкая вода в кондиционере образуется так же, как и обычный дождь в атмосфере.

---

2. (6–9) Из верёвки можно сплести «шнурок», который сам расплетается, если потянуть за свободный конец верёвки.



С какой средней скоростью будет перемещаться граница (указана вертикальной стрелкой) между ещё не расплетённым шнурком и верёвкой, если тянуть за конец верёвки, перемещая его со скоростью 1 сантиметр в секунду? Считать, что длина шнурка в 5 раз меньше длины верёвки, из которой он сплетён. За конец верёвки тянут влево, как указано на рисунке стрелкой. Правый конец шнурка закреплён. (На рисунке показан способ плетения шнурка, этот способ для решения задачи не важен.)

Решение. Если расплести весь шнурок, то образовавшаяся в результате верёвка будет в 5 раз длиннее бывшего шнурка. При этом свободный конец верёвки переместится от своего первоначального положения на расстояние в 4 раза больше длины шнурка. А граница между шнурком и расплетённой верёвкой переместится вдоль всего шнурка, на расстояние, равное длине шнурка (шнурок расплетается полностью с начала до конца). То есть скорость перемещения границы шнурка и верёвки в 4 раза меньше скорости перемещения конца верёвки и равна $\frac{1}{4}$ см/сек.

Ответ. $\frac{1}{4}$ см/сек.

---

3. (7–10) Биологи решили простерилизовать подсолнечное масло, прогрев его до температуры 100° С. Масло налили поверх слоя воды, кипящей на сковородке, считая, что масло будет плавать сверху и прогреется как раз до температуры кипения воды. Но получилось не так, как планировали: масло нагрелось до существенно большей температуры и испортилось. Предложите объяснение: что не учли биологи и что могло случиться с маслом.

Решение. Кипящая вода представляет собой смесь жидкой воды и пузырьков пара. Плотность такой смеси (отношение массы смеси к её полному объёму) может оказаться меньше плотности масла. В этом случае масло будет «проваливаться» сквозь кипящую воду до дна сковородки и нагреваться непосредственно от дна до более высокой температуры, чем требуется.

Комментарий. В условии задачи кратко описан реально наблюдавшийся процесс. Более подробное описание этого процесса приведено в решении. Естественно, от решающих задачу не требуется угадывать в точности что реально наблюдали составители задачи. Достаточно привести любое разумное объяснение, соответствующее условию.

Заметим, что вода в любом случае не может прогреться до температуры, существенно большей 100° С. При попытке нагреть воду сильнее она тут же начинает интенсивно испаряться, образововывая множество пузырьков (кипение). На испарение тратится как раз столько теплоты, чтобы «вернуть» кипящей воде температуру 100° С. Нагреть до существенно большей температуры пар (даже те пузырьки, которые «сидят» на дне горячей сковородки) тоже не получится — чем больше температура пара отличается в бóльшую сторону от 100° С, тем больше давление пара отличается (также в бóльшую сторону) от атмосферного. В результате пузырёк пара будет расширяться и при этом охлаждаться до тех пор, пока его температура не станет равной 100° С, а давление в нём — равным атмосферному давлению.

Конечно, температура кипящей воды может незначительно превышать 100° С: из-за слишком интенсивного нагрева (когда вода не успевает «выкипать»), из-за повышенного атмосферного давления и т. п. Но перегрев больше 100° С в этих случаях не будет существенным (он ограничивается примерно 1° С), то есть не будет *существенным* (как указано в условии задачи) и не приведёт к порче масла.

То есть от контакта с водой и водяным паром масло перегреться до температуры, сильно превышающей 100° С, не сможет.

Для *существенного* перегрева масла необходим непосредственный контакт масла с поверхностью, температура которой существенно больше 100° С. В решении задачи нужно было предложить какой-либо механизм, обеспечивающий такой контакт.

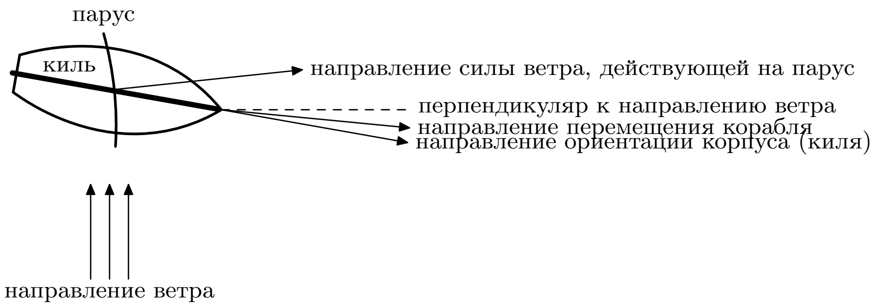
---

4. (8–10) Как парусные корабли могут перемещаться «против ветра»? Какие особенности конструкции корпуса корабля для этого необходимы?

Решение. Корпус парусного корабля снабжается килем — специальным выступом вдоль подводной части корпуса по его средней линии. Сопротивление воды при движении корабля поперёк киля намного больше, чем при движении в нормальном направлении — вдоль киля.

Ветер оказывает давление на парус в направлении, близком к перпендикулярному к поверхности паруса. Так, выставив парус почти параллельно направлению ветра, можно получить силу ветра, действующую на парус почти перпендикулярно направлению ветра.

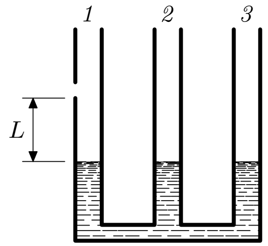
Комбинируя этот приём с подходящим выборам направления киля (то есть направления корпуса корабля), можно добиться ситуации, когда корабль в основном смещается перпендикулярно направлению ветра, и ещё немного в направлении, противоположном направлению ветра. (Это образно называется «подниматься на ветер».)



Имея возможность двигаться в таком направлении относительно направления ветра, можно построить зигзагообразную траекторию движения, начало которой расположено вдоль направления ветра дальше, чем конец.

---

5. (8–11) Три одинаковых цилиндрических сосуда с водой сообщаются между собой. В первом сосуде на высоте $L = 10$ см от уровня воды есть маленькое отверстие.



В третий сосуд начинают наливать масло. Чему должна быть равна высота столбика масла (в миллиметрах), чтобы через отверстие в первом сосуде начала выливаться вода? Плотность воды $\rho_1 = 1$ г/см^3, плотность масла $\rho_2 = 0{,}8$ г/см^3.

Решение. Согласно закону Паскаля, давление, оказываемое на дно сосудов, изначально было одинаковым и равным $p_0 = \rho_1 g H$, где H — высота воды в любом из сосудов. После того, как в третий сосуд налили столбик масла высотой h, уровень воды в нем изменился и стал равным $H - \Delta H$. Давление, оказываемое на дно этого сосуда, в этом случае равно $p = \rho_1 g(H - \Delta H) + \rho_2 g h$. При этом давление воды на дно любого другого сосуда (из оставшихся двух) — одинаково и равно $p = \rho_1 g(H + L)$, где L — изменение уровня воды в этих сосудах (до уровня отверстия в первом сосуде). Тогда

$$\rho_1 g(H - \Delta H) + \rho_2 g h = \rho_1 g(H + L),$$

или $\rho_2 h = \rho_1(\Delta H + L)$.

Вытесненный объём воды из третьего сосуда $V_3 = S \cdot \Delta H$ равен сумме объёмов воды, которые добавились в первые два сосуда: $V_1 + V_2 = LS + LS = 2LS$. Следовательно, $\Delta H = 2L$.

Объединяя записанные выражения, находим $h > 3L\dfrac{\rho_1}{\rho_2} = 375$ мм.

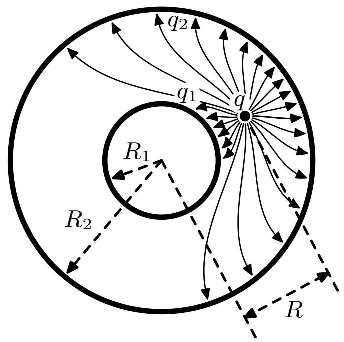
Ответ. 375 мм.

---

6. (10–11) Две металлические сферы имеют радиусы R_1 и R_2, центры сфер совпадают. На расстоянии R от центра сфер расположен точечный электрический заряд q, причём $R_1 < R < R_2$. Известно, что электростатические потенциалы сфер также равны. Найдите величину заряда q_1, находящегося на сфере радиуса R_1.

Решение. Пусть q_2 — заряд, находящейся на внутренней поверхности сферы радиуса R_2. Все силовые линии, выходящие из заряда q, заканчиваются на внешней поверхности сферы R_1 и внутренней поверхности сферы R_2. Других силовых линий в пространстве между сферами нет, потому как там нет других зарядов и силовые линии не могут начинаться на одной из сфер и заканчиваться на другой (так как по условию задачи потенциалы сфер равны). Поэтому $q = -(q_1 + q_2)$.

На рисунке показано сечение описанной в задаче системы плоскостью, проходящей через центр сфер и заряд q; электрические силовые линии показаны условно.



Заметим, что на внешней поверхности сферы радиуса R_2 могут быть и какие-то другие заряды. Но такие заряды никак не влияют на разность потенциалов между сферами, поэтому для решения задачи они несущественны. Как несущественны для решения и любые заряды, расположенные за пределами сферы R_2. Потенциал внешней сферы (радиуса R_2), созданный такими зарядами[1], обозначим φ_0.

Электростатический потенциал в центре сфер равен

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1}{R_1} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{R} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_2}{R_2} + \varphi_0.$$

Внутри внутренней сферы (радиуса R_1) нет электростатического поля, поэтому потенциал поверхности этой сферы равен потенциалу в её центре и равен φ_0.

По условию задачи потенциалы внешней и внутренней сфер равны, то есть потенциал внешней (радиуса R_2) сферы также равен φ_0. То есть

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1}{R_1} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{R} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_2}{R_2} + \varphi_0 = \varphi_0$$

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1}{R_1} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{R} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_2}{R_2} = 0$$

$$\frac{q_1}{R_1} + \frac{q}{R} + \frac{q_2}{R_2} = 0$$

Воспользовавшись соотношением $q = -(q_1 + q_2)$ (или, что то же самое, $q_2 = -(q_1 + q)$), получим:

$$\frac{q_1}{R_1} + \frac{q}{R} + \frac{-(q_1 + q)}{R_2} = 0$$

$$\frac{q_1}{R_1} - \frac{q_1}{R_2} + \frac{q}{R} - \frac{q}{R_2} = 0$$

$$q_1 \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = q \left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R} \right)$$

$$q_1 = q \cdot \frac{\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R}}{\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}} = q \cdot \frac{R_1}{R} \cdot \frac{R - R_2}{R_2 - R1}$$

Ответ: $q_1 = q \cdot \dfrac{\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R}}{\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}} = q \cdot \dfrac{R_1}{R} \cdot \dfrac{R - R_2}{R_2 - R1}.$

[1]Заряды q, q_1, q_2 никакого вклада в потенциал внешней сферы не вносят в связи с тем, что $q + q_1 + q_2 = 0$.

7. (10–11) Планета сферической формы составлена из однородного жидкого вещества. Ускорение свободного падения на её поверхности равно g. Планета не имеет атмосферы и не вращается вокруг своей оси. Найдите давление в центре этой планеты.

Решение. Введём обозначения для параметров планеты, которые отсутствуют в условии, понадобятся при решении и не войдут в окончательный ответ:

ρ — плотность вещества планеты;

R — радиус планеты;

$V = \frac{4}{3}\pi R^3$ — объём планеты;

$M = V\rho = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho$ — масса планеты.

Пусть G — гравитационная постоянная[2].

Через обозначенные параметры в соответствии с законом всемирного тяготения легко выразить ускорение свободного падения g на поверхности планеты:

$$g = G\frac{M}{R^2} = G\frac{4}{3}\pi R^3 \rho \cdot \frac{1}{R^2} = \frac{4}{3}\pi R\rho G$$

Выразим через эти же параметры давление p в центре планеты. Пусть $M(r) = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho$ — масса вещества планеты, находящегося на расстоянии от центра не более r (где $r \leqslant R$). Тогда ускорение свободного падения внутри планеты на расстоянии r от её центра равно

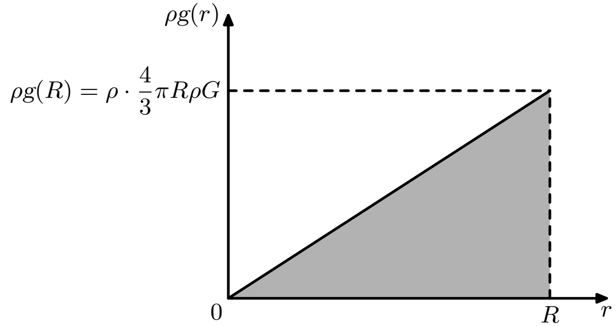
$$g(r) = G\frac{M(r)}{r^2} = G\frac{4}{3}\pi r^3 \rho \cdot \frac{1}{r^2} = \frac{4}{3}\pi r\rho G$$

(вещество планеты, находящееся на расстоянии от центра больше r, представляет собой симметричную сферическую оболочку, которая не создаёт никаких сил тяготения внутри себя, то есть в области пространства, ограниченной сферой радиуса r с центром в центре планеты).

Как известно, давление столба жидкости (плотности ρ) высотой h равно $p = \rho g h$, где ускорение свободного падения g не зависит от высоты. Нам же нужно решить более сложную задачу: вычислить давление столба жидкости высотой $h = R$ в случае зависимости $g(r) = \frac{4}{3}\pi r\rho G$ — это и будет давление p в центре планеты.

Давление p в центре планеты фактически складывается из давлений вышележащих слоёв на разных уровнях. Поэтому p можно вычислить как площадь под графиком зависимости величины ρg от расстояния до центра планеты r.

[2]Для справки: $G \approx 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \dfrac{\text{м}^3}{\text{с}^{-2} \cdot \text{кг}^{-1}}$



На графике соответствующая фигура (закрашена серым цветом) представляет собой прямоугольный треугольник с катетами R и $\frac{4}{3}\pi R\rho^2 G$, её площадь, численно равная давлению p в центре планеты, равна

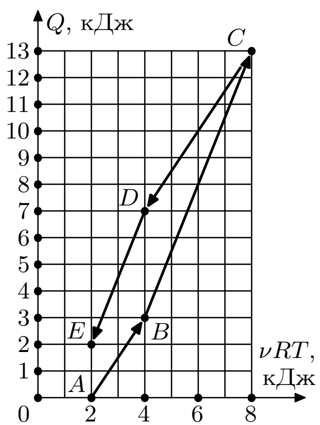
$$p = \frac{1}{2}\cdot R\cdot\frac{4}{3}\pi R\rho^2 G = \frac{1}{2}\cdot\frac{4}{3}\pi R^2\rho^2 G = \frac{1}{2}\cdot\frac{3}{4}\cdot\frac{1}{\pi G}\cdot\left(\frac{4}{3}\pi R\rho G\right)^2 = \frac{3}{8\pi G}g^2.$$

Ответ. $p = \dfrac{3g^2}{8\pi G}$.

Комментарий. В реальных планетах любого размера существенно изменяются и плотность, и температура, и состав и состояние вещества в зависимости от расстояния до центра. Условие задачи соответствует самой простой модели реальной планеты, не учитывающей ничего из перечисленного.

---

8. (10–11) С одноатомным идеальным газом в количестве $\nu = 1$ моль проводят процесс $ABCDE$, график которого изображён на рисунке. По оси абсцисс отложена температура T, умноженная на νR, где $R = 8{,}31$ Дж/(моль · К) — универсальная газовая постоянная. По оси ординат отложено количество теплоты Q, полученное газом в данном процессе.



Нарисуйте, как выглядит график этого процесса в координатах «давление—объём»?

Решение. Количество теплоты ΔQ, получаемое одноатомным идеальным газом на малом участке процесса, идёт на изменение его внутренней энергии $1{,}5\nu RT$ и на совершение работы, равной произведению давления p на изменение объёма ΔV:

$$\Delta Q = \frac{3}{2}\nu R\Delta T + p\Delta V.$$

На участках AB и CD из графика получаем: $\Delta Q = 1{,}5\nu R\Delta T$. Следовательно, $\Delta V = 0$, и эти стадии процесса оказываются изохорами. Поскольку температура на каждом из участков изменяется в два раза, для давлений имеем:

$$\frac{p_B}{p_A} = \frac{p_C}{p_D} = 2.$$

На участках BC и DE находим: $\Delta Q = 2{,}5\nu R\Delta T$. Следовательно, $\nu R\Delta T = p\Delta V$. Поскольку

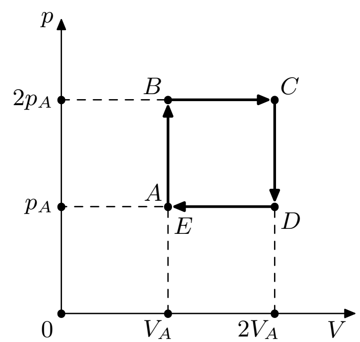
$$\nu R\Delta T = \Delta(pV) = p\Delta V + V\Delta p,$$

получим, что $\Delta p = 0$ — стадии процесса являются изобарами. Температура и на этих участках изменяется в два раза, и для объёмов получим:

$$\frac{V_C}{V_B} = \frac{V_D}{V_E} = 2.$$

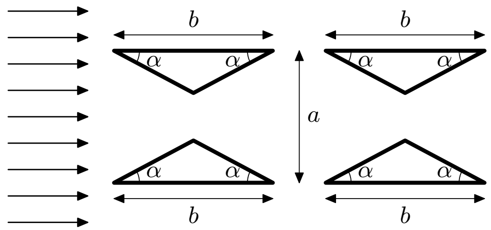
Таким образом, график процесса в pV-координатах состоит из двух вертикальных и двух горизонтальных участков. На вертикальных участках давление изменяется вдвое, на горизонтальных — объём изменяется вдвое. Точка E совпадает с точкой A.

Ответ. График процесса в (pV)-координатах изображён на рисунке.



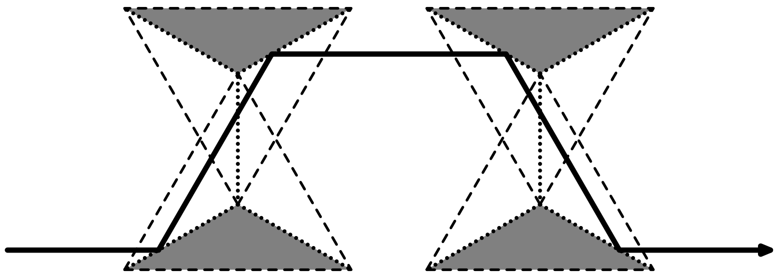
Значения p_A и V_A из условий задачи определить нельзя, так как фиксировано только их произведение ($p_A V_A = \nu RT_A = 2$ кДж).

9. (10–11) На рисунке изображена система из четырёх треугольных призм с зеркальными гранями. Обозначенные на рисунке длины a и b и угол α можно подобрать так, чтобы эта система никак не искажала параллельный пучок световых лучей (направление пучка указано на рисунке стрелками), то есть являлась для такого пучка «невидимкой».



Приведите пример таких значений a, $b > 0$ и $\alpha > 0$.

Решение. Приведём схему построения требуемой в задаче конструкции. Пунктирными линиями нарисованы равносторонние треугольники, точечными линиями — биссектрисы этих треугольников. Все длины сторон равносторонних треугольников равны, основания этих треугольников параллельны друг другу. Треугольные призмы выделены серым цветом.



В качестве примера на рисунке жирной линией показан также один из лучей, проходящих через систему. Все отрезки этого луча между последовательными отражениями от зеркальных поверхностей призм составляют с этими зеркальными поверхностями углы 30°. Видно, что участки луча до и после прохождения системы зеркальных призм лежат на одной прямой, то есть система призм как бы не оказывает на это луч никакого влияния. То же самое произойдёт и со всеми другими лучами, имеющими то же направление.

Итак, в качестве ответа можно принять $\alpha = 30°$ (угол, образованный стороной и биссектрисой равностороннего треугольника). Значение b можно выбрать произвольным, например, $b = 1$ см (сторона равносторонних треугольников). Высота равностороннего треугольника с длиной стороны b по теореме Пифагора равна

$$h = \sqrt{b^2 - \left(\frac{b}{2}\right)^2} = \sqrt{b^2 - \frac{b^2}{4}} = b\sqrt{1 - \frac{1}{4}} = b\sqrt{\frac{3}{4}} = b\frac{\sqrt{3}}{2}.$$

Учитывая, что точка пересечения высот треугольника делит эти высоты в отношении 2 : 1, для получения значения a к высоте треугольника h нужно добавить ещё $h/3$, то есть

$$a = h + \frac{1}{3}h = \frac{4}{3}h = \frac{4}{3} \cdot b\frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{2}{\sqrt{3}}b.$$

Ответ. Пример значений: $a = (2/\sqrt{3})$ см, $b = 1$ см, $\alpha = 30°$.

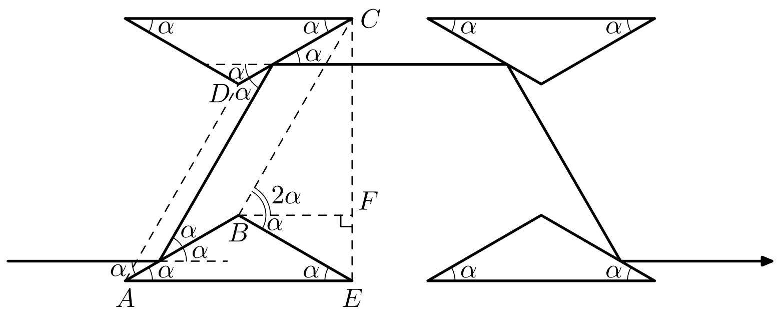
Комментарий. Задача была сформулирована для геометрического «пучка световых лучей». В геометрической оптике не ставится вопрос о скорости распространения лучей, лучи — всего лишь линии. И в этом (геометрическом) смысле никакого искажения пучка параллельных лучей действительно не происходит: после прохождения через систему призм все лучи «возвращаются на своё место».

Однако, длина разных лучей, проходящих через рассмотренную систему призм, оказывается различной. Поэтому вместо параллельного пучка лучей нельзя рассматривать плоский волновой фронт — этот волновой фронт в нашей системе подвергнется искажениям.

Ознакомиться с дополнительной информацией об описанной в задаче оптической системе можно на сайте «Математические этюды» в разделе «Невидимка» (`http://www.etudes.ru/ru/mov/mov053`). В частности, там вы можете прочитать об оптических свойствах таких систем, об их необычных гидродинамических свойствах (силах сопротивления при движении в жидкости или газе), а также просмотреть короткий видеофильм, иллюстрирующий и объясняющий эти свойства.

Дополнение. В задании требовалось привести только конкретный пример значений a, b и α, удовлетворяющих условию задачи. Выясним (в задании это не требовалось), при каких соотношениях между a, b и α реализуется описанная в задаче ситуации «невидимого» объекта.

Изобразим на рисунке ход луча и отметим углы. Углы с величиной α отмечены исходя из условия задачи, соотношения «угол падения равен углу отражения» и соотношения равенства внутренних накрестлежащих углов, образованных секущей с параллельными прямыми.



Заметим, что $\alpha < 45°$ — иначе горизонтальные лучи, отразившиеся от отрезка AB, образуют со своим первоначальным направлением угол $\leqslant 90°$ и не попадут на отрезок CD.

Заметим, что четырёхугольник $ABCD$ является параллелограммом, так как его стороны — отрезки AB и CD — равны и параллельны по условию (являются боковыми сторонами равных равнобедренных треугольников с параллельными основаниями).

Все горизонтальные параллельные лучи после отражения от отрезка AB, очевидно, останутся параллельными (на рисунке показан один из таких лучей). Также эти лучи (после отражения) должны быть параллельны сторонам AD и BC параллелограмма $ABCD$ (иначе какие-то из этих лучей пересекут эти отрезки, выйдут за пределы параллелограмма $ABCD$ и не попадут на отрезок DC — тем самым их дальнейшая траектория не будет соответствовать условию задачи). Так как отрезки AD и BC параллельны лучам, отразившимся от отрезка AB, они образуют с отрезками AB и BC такие же углы, что и лучи.

По условию $CE = a$ и $AE = a$; очевидно, что $BF = AE/2 = a/2$. Пользуясь рисунком, выразим длину отрезка CF двумя способами:

$$CF = BF \operatorname{tg} 2\alpha = \frac{b}{2} \operatorname{tg} 2\alpha$$

$$CF = CE - EF = a - EF = a - BF \operatorname{tg} \alpha = a - \frac{b}{2} \operatorname{tg} \alpha$$

Отсюда

$$a - \frac{b}{2} \operatorname{tg} \alpha = \frac{b}{2} \operatorname{tg} 2\alpha; \qquad a = \frac{b}{2} (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} 2\alpha)$$

Окончательно получаем

$$\frac{a}{b} = \frac{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} 2\alpha}{2} \qquad \text{при условии} \qquad 0 < \alpha < 45°$$

При таких соотношениях между a, b и α условия задачи будут выполнены (представленная оптическая система будет «невидимкой» для параллельного пучка световых лучей в указанном направлении).

Интуитивно можно предположить, что для всех остальных комбинаций a, b и α (удовлетворяющих условию задачи), для которых эти соотношения не выполняются, «невидимка» не получится. Но это только предположение.

---

10. (10–11) Для наглядной демонстрации суточного вращения Земли можно использовать маятник с жидким наполнителем. На лёгкой нерастяжимой нити подвешивается лёгкая сферическая ёмкость, заполненная до половины тяжёлой жидкостью, не смачивающей стенки ёмкости (например, ртутью). Если такой маятник отклонить в любом направлении и отпустить, он начнёт совершать колебания, причём плоскость колебаний со временем будет поворачиваться, стремясь занять положение «Восток—Запад».

Объясните наблюдаемое явление (поясните, почему плоскость колебаний устанавливается в направлении, перпендикулярном плоскости географического меридиана, и как именно на это влияют особенности конструкции маятника).

Объяснение. Поведение маятника обусловлено силой Кориолиса. Эта сила возникает из-за того, что система отсчёта, связанная с точкой подвеса маятника, не является инерциальной, а связана с вращающейся Землёй.

Сила Кориолиса действует на движущиеся тела в направлении, перпендикулярном плоскости, проведённой через ось вращения Земли и направление скорости тела. В частности, тела, движущиеся вдоль поверхности Земли в направлении меридиана (в любую сторону), сила Кориолиса отклоняет вправо, если движение происходит Северном полушарии, и влево — если в Южном. (Это различие обусловлено разным наклоном земной поверхности Северного и Южного полушария к оси вращения Земли.)

При движении вдоль поверхности Земли в других направлениях, у силы Кориолиса также будет составляющая вдоль поверхности Земли, направленная вправо по направлению движения тела в Северном полушарии и влево по направлению движения в Южном полушарии.

В случае обычного маятника (груз, подвешенный на нерастяжимой нити) сила Кориолиса, действующая перпендикулярно направлению движения груза, приводит к повороту плоскости колебаний маятника относительно Земли. Это — известный эксперимент Фуко (маятник Фуко).

В случае маятника с жидкостью процесс колебаний оказывается более сложным. Так, сила Кориолиса влияет на расположение (угол наклона) свободной поверхности жидкости, немного (сила Кориолиса мала по сравнению с силой тяжести) отклоняя её вбок относительно направления движения маятника. В результате налитая в маятник жидкость периодически меняет своё расположение (наклон своей свободной поверхности вправо—влево относительно плоскости колебаний), причём с тем же периодом, что и период колебаний маятника.

В случае достаточно удачно подобранной конструкции боковые воздействия силы Кориолиса, незначительные на каждом отдельном периоде колебаний, будут накапливаться, существенно смещая плоскость колебаний маятника. Наиболее эффективное смещение наблюдается, когда маятник колеблется в плоскости меридиана — в этом случае сила Кориолиса перпендикулярна направлению движения маятника, и плоскость колебаний быстрее всего «уходит» из этого положения. Наоборот, в плоскости колебаний «Восток—Запад» сила Кориолиса наименее эффективно «уводит» маятник из этой плоскости. И при определённом подборе параметров маятника его колебания в этой плоскости окажутся устойчивыми.

Комментарий. Как и во всякой физической задаче, предлагающей объяснить описанное в условии явление, от решающих задачу не требуется угадывать именно то, что наблюдали составители задачи. В качестве правильного решения достаточно привести любое физически разумное объяснение, соответствующее условию задачи.

Подробнее об описанном в задаче маятнике вы можете прочитать в статье: Гаврик В. Я. Маятник с жидким наполнителем — прибор для демонстрации суточного вращения Земли. Статья опубликована в журнале «Успехи физических наук» № 12 за 1963 год (стр. 774–777) и доступна в интернете по адресу `http://ufn.ru/ru/articles/1963/12/j`

При проведении физического эксперимента, поставленного с целью наблюдения какого-либо эффекта, необходимо по возможности так выбрать конструкцию экспериментального оборудования, чтобы максимально уменьшить влияние посторонних факторов, мешающих наблюдению. Соответствующие детали конструкции рассмотренного в задаче маятника также описаны в названной статье. Там же приведено и более подробное теоретическое описание колебаний такого маятника и результаты экспериментальных наблюдений.

К сожалению, ртуть является ядовитым веществом. Поэтому детям заниматься изготовлением маятника, описанного в статье, не следует.

Критерии проверки

Напоминаем, что каждая задача проверяется отдельно. За каждую задачу в соответствующем столбце таблицы и в той строчке, которая вам досталась, нужно поставить одну из оценок (если таблицы по каким-то причинам нет — нарисуйте сами):

$$+! \quad + \quad +. \quad \pm \quad +/2 \quad \mp \quad -. \quad - \quad 0$$

Если в работе **нет никакого текста по данной задаче** — за эту задачу ставится оценка «0». Если «0» уже стоит в предыдущих строчках — решение всё равно нужно поискать (а не проставлять «0» автоматически; иногда решения находятся только со второго раза, а иногда и позже).

Если **задача решена верно** (это решение может быть как похожим на приведённое здесь, так и совершенно оригинальным; главное, чтобы оно было грамотным с научной точки зрения и давало ответ на поставленный в задании вопрос) — за него ставится оценка «+». Грамотность, содержательность, оригинальность решения можно отмечать оценкой «+!» (если такая оценка поставлена, то дальнейшие недочёты не отмечаются, впрочем, если есть серьёзные недочёты, то нужно подумать, стоит ли вообще ставить «+!»). Мелкие недочёты отмечаются оценкой «+.», а более серьёзные проблемы — оценкой «±». Не имеет значения, как именно «оформлен» пробел в решении — школьник ошибся, просто пропустил логически необходимый фрагмент решения или явно указал («признался») что он что-то не обосновывает.

Оценка «+/2» ставится, если **школьник продвинулся на пути к верному решению примерно наполовину**. Это последняя оценка, которая содержательно учитывается при подведении итогов.

Оценка «∓» ставится, если решение неверно, но сделан хотя бы один логический шаг в любом верном направлении.

Оценка «−.» ставится, если школьник на пути к решению с места не сдвинулся, но упомянул что-то, что на этом пути может пригодиться.

Оценка «−» ставится, если в решении не содержится абсолютно никаких полезных для решения сведений, новых по сравнению с условием (обратите внимание: только данные из условия, но переписанные в определённом логическом порядке, могут быть частью верного решения, за что ставится оценка выше, чем «−»).