

# Задачи по географии для интеллектуальных марафонов

**И.А. ЛЕЕНСОН**

доцент химического факультета  
Московского государственного университета  
им. М.В. Ломоносова

*Начало этой подборке было положено много лет назад, когда я составлял задания по разным предметам для Интеллектуального марафона школьников Москвы. Впоследствии я «испытывал» задачи на разных школьниках. В этой подборке — задачи, в которых основной компонент — география. Из некоторых я намеренно убрал дополнительные задания, относящиеся, например, к русскому языку (о происхождении терминов, об однокоренных словах и т.п.), однако некоторые межпредметные связи все же остались.*

*Приводимые решения, как правило, даются значительно более подробно (и с дополнительными комментариями для расширения кругозора), чем требовались от школьников. После некоторых ответов приводятся нелепые или просто смешные (на мой взгляд) ответы, которые школьники давали в разные годы.*



## 1. Курс — норд-вест

Куда попадет человек, если все время будет двигаться на северо-запад:

- а) на Северный полюс;
- б) на Южный полюс;
- в) на экватор;
- г) обогнет земной шар и вернется в исходную точку.

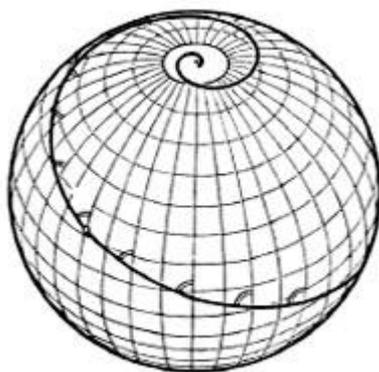
Свой выбор поясните.

*(Указание: здесь и в последующих задачах вода не считается препятствием, ее можно преодолеть на любом судне, а зимой — по льду.)*

**Правильный ответ — а.**

Человек будет приближаться к Северному полюсу по спирали. Теоретически это приближение будет бесконечным, и собственно точки полюса человек не достигнет, хотя расстояние до полюса может стать сколь угодно малым.

Линия на сфере, пересекающая все меридианы под постоянным углом, именуется *локсодромией*.



**Локсодромия — проложенный на поверхности Земли курс с постоянным, и не равным нулю, и не кратным 90 градусам азимутом**

### **Из ответов школьников**

— Вообще-то, Земля круглая, но это только если идти с компасом.

— Северо-запад находится в 50 км севернее экватора.

— Если идти на северо-запад, то придешь в Британию или Голландию — в любом случае, в Европу.

— Если идти на северо-запад, то придешь на юго-восток, а если обогнуть Землю, то опять придешь на северо-запад, но если обогнуть только половину Земли, то все же придешь на юго-восток.

— Это смотря откуда идти; так что ответ, скорее всего, «а», но может быть и «б», хотя «в» предпочтительнее... Нет, все-таки «г»!



**Художественное изображение локсодромии**

## **2. Триста за сто**

Человек прошел 100 км на север, 100 км на восток и 100 км на юг, после чего очутился ровно в 100 км от исходной точки. Где может быть эта точка:

а) в любом месте земного шара;

б) в 150 км от Северного полюса;

в) в 50 км южнее экватора;

г) в 100 км от Южного полюса;

д) в 50 км южнее экватора и на льду Северного Ледовитого океана.

Свой выбор поясните.

**Правильный ответ** — д. Проще всего объяснить первую часть ответа («50 км южнее экватора»). Меридианы, выходящие из Северного полюса, постепенно расходятся, а после экватора снова сходятся на Южном полюсе. Симметричный путь получается, если он начат в 50 км южнее экватора. В любом другом случае человек окажется от исходной точки либо дальше, чем в 100 км (в Северном полушарии), либо ближе (в Южном полушарии). Это легко продемонстрировать на глобусе или на мяче.



Другое решение («на льду Северного Ледовитого океана») сложнее. Надо найти некую точку недалеко от Северного полюса — но дальше, чем в 100 км от него. Пройдя от этой исходной точки 100 км на север, человек потом пойдет по кругу вокруг полюса. Пройдя 100 км, он далее должен пойти на юг по такому меридиану, чтобы, пройдя 100 км, очутиться от исходной точки ровно в 100 км. Таких точек бесчисленное множество. Рассмотрим только две из них.



1) Так как путешествие происходит на небольших (по сравнению с размерами Земли) расстояниях, можно считать, что оно происходит на плоскости. Пусть, пройдя по меридиану на север 100 км, человек очутился в  $x$  км от полюса. Пройдя 100 км на восток по части окружности радиусом  $x$ , человек далее пошел на юг по меридиану, составляющему угол  $\alpha$  от первоначального. Пройдя 100 км, он очутился ровно в 100 км от исходной точки. Причем эти 100 км можно считать как по дуге параллели, так и по кратчайшему на сфере расстоянию (при рассмотрении движения на плоскости это будет отрезок прямой: различие на таких малых расстояниях будет ничтожным).

2) Начало такое же, но, очутившись на этот раз ближе к полюсу (расстояние от него также обозначим через  $x$ ), человек, пройдя на восток 100 км, опишет уже полную окружность вокруг полюса, пересечет свой след и пройдет по дуге окружности радиуса  $x$  еще какое-то расстояние (такое же, какое он не дошел до своего следа в предыдущем случае). Далее, свернув на юг и пройдя 100 км, он очутится в 100 км от исходной точки.

Математически решение для случая (2) немного проще. Поэтому рассмотрим именно его. Итак, идя на восток, человек проходит полную окружность радиуса  $x$  (ее длина равна  $2\pi x$ ), а затем еще немного по дуге длиной  $\alpha x$ , всего — 100 км. То есть

$$2\pi x + \alpha x = 100,$$

откуда

$$\alpha = (100 - 2 \pi x)/x.$$

Далее, пройдя 100 км на юг, человек окажется на расстоянии  $100 + x$  км от полюса и на расстоянии 100 км от исходной точки. Последнее расстояние (по дуге большой окружности) равно  $\alpha (100 + x)$ .

Итак, получаем уравнение

$$\alpha (100 + x) = 100.$$

Подставляя в него полученное ранее выражение для  $\pi$ , получаем квадратное (относительно  $x$ ) уравнение:

$$\pi x^2 + 100 \pi x - 5000 = 0;$$

решая его, получаем  $x = 14$ . Итак, исходная точка находится в 114 км от Северного полюса. В случае (1) решение аналогично (немного сложнее квадратное уравнение), а  $x = 71,6$  км, т.е. исходная точка находится в 171,6 км от полюса.

Понятно, что таких точек не две. Ведь можно пройти вокруг полюса не один круг (неполный или «с избытком»), а два, три... Это теоретически. Ну, а практически — см. решение задачи 3: человек не может идти по кругу с очень малым радиусом.

Если вместо земного шара взять небольшую планету (или увеличить на Земле расстояние со 100 до нескольких тысяч километров), надо рассматривать движение не на плоскости, а по поверхности шара; в этом случае задача становится намного сложнее и потому здесь не рассматривается. Ее можно предлагать для интересующихся старшеклассников как занимательную задачу по стереометрии.

### 3. Уйти, чтобы вернуться

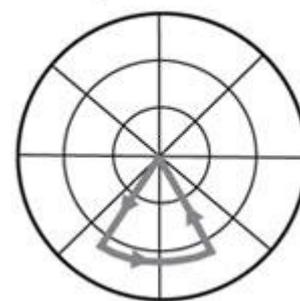
Человек прошел 1 км на юг, 1 км на восток и 1 км на север, после чего оказался в том же месте, откуда вышел. Где может быть это место?

- а) на Северном полюсе и близ Южного полюса;
- б) только на Северном полюсе;
- в) только на экваторе;
- г) такого места на земном шаре нет.

Выберите правильный ответ и поясните его.

**Правильный ответ** — а. Первая часть ответа («на Северном полюсе») очевидна: идем от полюса на юг (а оттуда, в каком бы направлении ни шел по прямой, обязательно пойдешь на юг), потом по параллели 1 км на восток (это будет примерно  $57,3^\circ$  по дуге окружности), а потом 1 км к полюсу. При решении задач подобного рода принимаем, что точка полюса определена точно, а

Северный полюс



Южный полюс



за время движения дрейф льдов отсутствует или пренебрежимо мал. В Антарктиде же таких мест бесконечное множество: они находятся от Южного полюса на расстоянии  $(1 + r)$  км, где  $r$  — радиус круга или нескольких кругов, которые опишет человек, идя вокруг полюса на восток. Находится оно из условия  $2\pi rn = 1$  км, причем  $n$  — число кругов, которое будет описано вокруг полюса, может быть любым натуральным числом. Если  $n = 1$ , человек пройдет один круг. Если  $n > 1$ , он далее пойдет по собственным следам и опять вернется в ту же точку. Все это легко продемонстрировать с помощью глобуса или даже обычного мяча. Разумеется, «бесконечное множество» точек, постепенно приближающихся к полюсу, возможно только теоретически; человек, например, не может пройти 1 км по кругу, если его радиус равен всего 10 см! Но так как исходная точка маршрута может быть на любом меридиане, число таких точек даже практически может приблизиться к бесконечности.

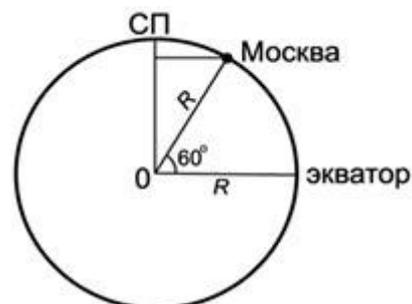
(Примечание: для младших классов можно ограничиться рассмотрением простейшего случая — Северного полюса, при этом необходимо соответствующим образом изменить варианты ответов.)

### Из ответов школьников

— Такая точка есть в любом месте земного шара, кроме моря, так как, стоя в этой точке, человек утонет.

## 4. Ошибка астронома

В течение многих десятилетий все расстояния между Москвой и другими городами измеряли от здания Московского почтамта. Сравнительно недавно было принято постановление установить новую точку отсчета на Красной площади. Представим себе, что приглашенный специально для этой цели астроном сделал на брусчатке Красной площади отметку краской для будущей точки отсчета, определил ее координаты:  $55^\circ 45' 11''$  ( ' означает минуты, '' — секунды) северной широты и  $37^\circ 37' 37''$  восточной долготы, а затем уехал в командировку. Рабочие, которым надо было установить в этой точке специальный знак, не нашли этой отметки. Пришлось срочно вызывать другого астронома, который по имевшимся координатам (их оставил первый астроном) сделал новую отметку. Оцените, на каком максимальном расстоянии могли оказаться две отметки?



**Решение.** Начнем с широты. Она отсчитывается от экватора. Известно, что  $1^\circ$  широты равен 111 км (расстояние от экватора до полюса равно приблизительно 10 000 км, что соответствует  $90^\circ$ , таким образом, получаем  $10\,000\text{ км}/90 = 111\text{ км}$ ). Значит,  $1''$  широты при движении вдоль меридиана соответствует

$$10000/(90 \times 60 \times 60) = 0,03\text{ км} = 30\text{ м.}$$

Долгота отсчитывается от нулевого (Гринвичского) меридиана. Длина дуги параллели, соответствующая  $1^\circ$  долготы, конечно, зависит от широты: на полюсе она равна нулю, а на экваторе — те же 111 км. Поскольку широта Москвы близка к  $60^\circ$ , из простых геометрических соображений (рассмотрение прямоугольного треугольника с углами  $30^\circ$  и  $60^\circ$ ) получаем, что длина окружности московской параллели в 2 раза меньше длины экватора. Следовательно, одна секунда широты при движении вдоль параллели будет

равна примерно  $30/2 = 15$  м. Таким образом, считая, что максимальная возможная ошибка составляет  $1''$  по широте и  $1''$  по долготе, вычисляем гипотенузу прямоугольного треугольника с катетами 30 м и 15 м; получаем, что максимальное расстояние между отметками не превосходит

$$\sqrt{30^2 + 15^2} \approx 34 \text{ м.}$$

## 5. Дрейф литосферных вестибюлей

Два наземных вестибюля станции метро «Университет» в Москве (назовем их условно западным и восточным) снабжены большими табло, на которых высвечивается время. 1 января 2005 г. часы на восточном табло шли вперед по сравнению с западным на 4 минуты, а 1 июля того же года — уже на 5 минут. Проходивший каждый день мимо обеих станций студент геологического факультета МГУ тут же построил теорию о том, что вестибюли оказались на разъезжающихся литосферных плитах, и поэтому разрыв во времени между ними увеличивается.

Какое расстояние между вестибюлями этой станции было 1.01.2005 и с какой скоростью они разъезжались, если предположить, что они расположены на одной параллели, а часы на них показывают истинное солнечное время? Как можно прокомментировать полученное решение?

**Решение.** На экваторе  $1^\circ$  широты равен примерно 111 км (см. предыдущую задачу). Поскольку широта Москвы близка к  $60^\circ$ , из простых геометрических соображений (рассмотрение прямоугольного треугольника с углами  $30^\circ$  и  $60^\circ$ ) получаем, что длина окружности московской параллели в два раза меньше длины экватора и равна 20 000 км. Одному часу разницы местного времени соответствует, таким образом,  $20000/24 = 833$  км, а 4 минутам —  $833/15 = 56$  км. Это и есть (в соответствии с условием задачи) исходное расстояние. Далее, увеличению разницы во времени на 1 мин соответствует увеличение расстояния на 14 км, а поскольку прошло 6 месяцев, то нетрудно подсчитать, что скорость составляет 3,2 метра в час.

Комментарий же к этому «решению» очень простой. Уже само по себе расстояние между вестибюлями одной и той же станции в 56 км совершенно нереально. Поскольку такое странное явление, как разъезжание станций, невозможно было бы не заметить даже случайным прохожим, остается предположить, что часы показывали не точное местное время, а то, что им заблагорассудится.

(Кроме того, городские часы вообще не показывают истинное солнечное время, а только то, по которому город живет — поясное с поправкой на декретное и летнее, и это время едино для всего города, как бы он ни был велик. Но эти соображения условно перечеркиваются формулировкой задачи.)

## 6. Плечом к плечу

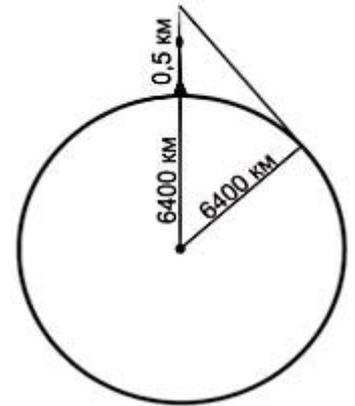
Рыбинское водохранилище на Волге, расположенное к северу от Ярославля, имеет приблизительно вид прямоугольника со сторонами 60 х 70 км. Оцените, уместились бы зимой на льду этого водохранилища: а) все жители Москвы; б) все жители России; в) все жители Земли, если бы тесно встали плечом друг к другу? Свой ответ подтвердите приближенным расчетом.

**Решение.** Площадь водохранилища —  $4200 \text{ км}^2$ . Если вы посмотрите на себя (на верхнюю часть туловища, которая требует больше места), то убедитесь, что площадки  $50 \times 40 \text{ см}$  вам вполне хватит. Значит, одному человеку требуется  $0,5 \times 0,4 = 0,2 \text{ м}^2$ , т.е. на  $1 \text{ м}^2$  можно разместить примерно 5 человек, тогда на  $1 \text{ км}^2$  поместится примерно 5 млн человек, а на льду водохранилища — 21 млрд человек. В Москве проживает примерно 10 млн человек, в России — примерно 150 млн, на всей планете — примерно 6 млрд, и все они свободно уместятся на площади Рыбинского водохранилища.

## 7. Рост расширяет горизонты

Известно, что для человека среднего роста линия горизонта находится на расстоянии около 5 км. На каком расстоянии будет линия горизонта, если вы подниметесь на самую высокую башню в России — Останкинскую в Москве (высоту считать равной 500 м). Радиус Земли принять равным 6 400 км.

Подобные задачи приходится решать дачникам, которым надо установить телевизионную антенну на такой высоте, чтобы (в отсутствие ретрансляторов) она находилась на расстоянии прямой видимости от передатчика на башне (правда, им надо учитывать, что передатчик находится не на самой верхушке башни).



**Решение.** Ответ легко получить с помощью чертежа и простых расчетов. Отрезок прямой от глаз человека до самой отдаленной видимой точки на поверхности (считаем Землю идеальным шаром) образует прямой угол с радиусом Земли, проведенным в ту же точку. Принимая приближенно радиус Земли равным 6400 км, получаем, что в прямоугольном треугольнике гипотенуза равна  $(6400 + 0,5) \text{ км}$ , один из катетов равен 6400 км, а другой нам надо найти. Составляем уравнение

$$x^2 + 6400^2 = (6400 + 0,5)^2 = 6400^2 + 2 \cdot 6400 \cdot 0,5 + 0,5^2,$$

или  $x^2 = 6400$  (малой величиной  $0,25$  можно пренебречь), откуда  $x = 80 \text{ км}$ .

Поднимая антенну на несколько метров, можно увеличить это расстояние. Предполагается, что прохождению прямого сигнала не мешают никакие препятствия.

## 8. Люди в масштабе 1 : 1

Население России примерно 150 млн человек, которые свободно уместятся на ее территории. Сможет ли на карте России, выполненной в масштабе  $1 : 10\,000\,000$  (то есть с уменьшением в 10 млн раз), разместиться в 10 млн раз меньше людей (то есть 15 человек), если эту карту расстелить на земле? Свой ответ поясните.

**Решение.** Масштаб отражает соотношение линейных размеров, тогда как человеку нужно поместиться на определенной площади. Уменьшению линейных размеров в 10 млн ( $10^7$ ) раз соответствует уменьшение площади в  $(10^7)^2 = 10^{14}$  (сто триллионов) раз. Поэтому на карте 15 человек могут и не поместиться. Проверим это. Протяженность России с запада на восток — порядка 10 000 км (точность здесь не нужна), поэтому карта будет длиной примерно  $1/1000 \text{ км}$ , или 1 м. Понятно, что 15 человек на такой карте не поместятся.

## Из ответов школьников

— У меня есть такая карта, но я с трудом на ней умещаюсь.

— Конечно, на карте 15 человек не уместится; вот если бы вы и людей уменьшили в 10 млн раз, тогда другое дело.

— 15 человек уместились бы на такой карте, если бы 150 млн человек жили в одноэтажных домах. Но они живут в многоэтажных домах, поэтому на карте они не уместятся.

## 9. Периодическая таблица штатов

Пятнадцать символов химических элементов по своему написанию будут совпадать с общепринятыми в США сокращениями названий штатов и территорий, если вторые буквы в символах элементов сделать прописными. Найдите эти символы в периодической таблице элементов и напишите соответствующие географические названия (на русском, а если сможете, то и на английском языке) рядом с символами указанных элементов.

**Ответ.** Al — алюминий, AL — Alabama (Алабама); Ar — аргон, AR — Arizona (Аризона); Ca — кальций, CA — California (Калифорния); Co — кобальт, CO — Colorado (Колорадо); Ga — галлий, GA — Georgia (Джорджия); In — индий, IN — Indiana (Индиана); La — лантан, LA — Louisiana (Луизиана), Md — менделевий, MD — Maryland (Мэриленд); Mn — марганец, MN — Minnesota (Миннесота); Mo — молибден, MO — Missouri (Миссури); Ne — неон, NE — Nebraska (Небраска); Nd — неодим, ND — North Dakota (Северная Дакота); Pa — протактиний, PA — Pennsylvania (Пенсильвания); Pr — празеодим, PR — Puerto Rico (Пуэрто-Рико); Sc — скандий, SC — South Carolina (Южная Каролина).

## 10. Земля в иллюминаторе

Аэростат поднимается вверх с постоянной скоростью. Как для наблюдателя отодвигается линия горизонта? Предполагаемые ответы: а) равномерно; б) сначала медленно, потом быстрее; в) сначала быстро, потом медленнее; г) все медленнее в течение всего подъема; д) вскоре после начала подъема перестает отодвигаться.

Изменится ли ответ, если вместо аэростата рассматривать ракету, удаляющуюся от Земли по направлению ее радиуса? Расстоянием до горизонта считать расстояние от точки старта на поверхности до максимально удаленной точки земной поверхности, наблюдаемой из гондолы аэростата или из иллюминатора ракеты.

**Решение.** Решим сначала задачу в общем виде, то есть получим формулу зависимости дальности линии горизонта от высоты подъема. Эта задача распадается на две части.

В случае аэростата (максимальный подъем — десятки километров) расстояние до горизонта от точки старта на поверхности или от самого аэростата практически одинаковы (нетрудно показать, что при высоте подъема 20 км они будут отличаться всего на 300 м при дальности горизонта более 500 км). В данном случае, пренебрегая этой разницей, получаем формулу для дальности горизонта  $x$ :

$$x = \sqrt{2Rh} = \sqrt{12\,800h} = 113\sqrt{h} \text{ км}$$

(см. решение задачи 7). Это — уравнение параболы, симметричной оси  $x$ , то есть получаем степенную функцию с показателем  $1/2$ : при увеличении высоты подъема в 4 раза линия горизонта отодвинется только в 2 раза. Представляют интерес округленные численные значения, получаемые для дальности горизонта, начиная от уровня глаз человека среднего роста (1,6 м) (см. таблицу внизу).

При равномерном подъеме линия горизонта будет отодвигаться все медленнее с самого начала, так что правильный ответ — г.

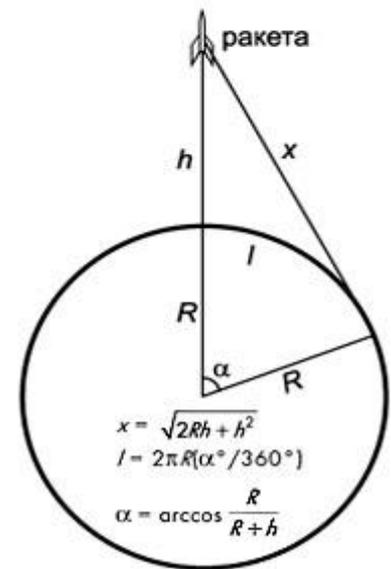
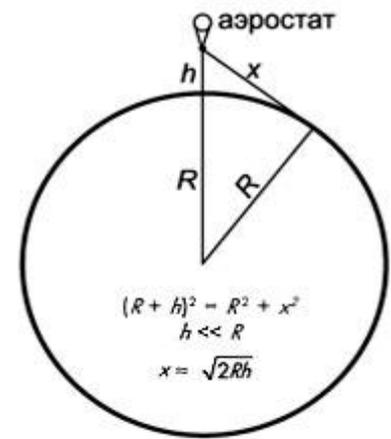
В случае ракеты, при большом удалении от Земли расстояние от наблюдателя в ракете до линии горизонта  $x$  может оказаться значительно больше расстояния от точки старта до той же линии по земной дуге длиной  $l$ , пренебрегать этой разницей нельзя. Здесь, в отличие от полученной ранее формулы, бесконечно горизонт отодвигаться не может: нельзя увидеть больше половины поверхности земного шара, то есть дальше примерно 10 000 км (и то для этого надо удалиться от Земли на бесконечно большое расстояние). Из простого чертежа получаем формулы для расчета расстояния до линии горизонта от ракеты ( $x$ ) и от точки старта ( $l$ ):

$$x = \sqrt{12\,800h + h^2};$$

$$l = (pR/180)\arccos R/(R + h) = 111,6 \cdot \arccos R/(R + h) \text{ км.}$$

Приведем округленные значения  $l$  и  $x$  в зависимости от высоты  $h$  (все значения в километрах):

$h$	$L$	$x$
100	1 120	1 140
200	1 580	1 610
1 000	3 370	3 310
2 000	4 500	5 540
5 000	6 230	9 430



10 000	7 480	15 100
20 000	8 460	25 600
50 000	9 320	56 000
100 000	9 650	106 000

Из таблицы хорошо видно, как быстро увеличивается разница между  $x$  и  $l$ . Ответ же на поставленный вопрос в этом случае будет таким же: линия горизонта отодвигается еще более медленно, чем при подъеме на аэростате.

$h$ , м	1,6	10	20	50	100	200	500	1000	2000	5000	10 000	20 000
$x$ , км	5	11,3	16	25	36	50	80	113	160	250	360	500

## 12. Всегда по четвергам?

Вы, возможно, слышали веселую песенку на музыку В. Берковского и М. Синельникова в исполнении Татьяны и Сергея Никитиных:

...Из Ливерпульской гавани,  
 Всегда по четвергам,  
 Суда уходят в плаванье  
 К далеким берегам.  
 Плывут они в Бразилию...

...Только «Дон» и «Магдалина» —  
 Быстроходные суда, —  
 Только «Дон» и «Магдалина»  
 Ходят по морю туда.

Кто автор этих строк (они написаны в 1900 г.)? В чем он ошибся?

**Ответ.** Автор — Редьярд Киплинг (1865—1936), это стихотворение появилось в сказке «Откуда взялись броненосцы» (перевод С.Я. Маршака). Вот как оно звучит в оригинале:

I've never sailed the Amazon,  
 I've never reached Brazil;  
 But the *Don* and *Magdalena*,  
 They can go there when they will!

Yes, weekly from Southampton,  
 Great steamers, white and gold,  
 Go rolling down to Rio...  
 Oh, I'd love to roll to Rio  
 Some day before I'm old!

Ошибка же состоит в том, что два судна (а происходило это, судя по дате создания произведения, в XIX веке) не могли обеспечить еженедельное сообщение между Англией и Бразилией. Действительно, согласно атласам, морской путь от Лондона до Рио-де-Жанейро равен 9 700 км (конечно, это знать не обязательно; достаточно считать примерно 10 000 км), и этот путь каждое судно должно проходить не дольше, чем за 7 дней — и то при условии, что в обоих портах оно будет находиться всего несколько часов, что вряд ли

реально при регулярных рейсах. Будем считать, что на переход судно тратит 160 ч (7 сут. = 168 ч, тогда 8 часов останется на отдых экипажа и на подготовку к обратному плаванию). Значит, скорость судна должна быть не меньше

$$9700/160 = 61 \text{ км/ч,}$$

или 33 узла (узел — единица измерения скорости морских судов, 1 узел = 1 морской миле в час, или 1,852 км/ч). С такой скоростью могут передвигаться лишь нынешние военные корабли, и то в течение ограниченного времени. Так, линкор, построенный в начале 50-х годов XX в., делал 28—33 узла (52—61 км/ч), крейсер — до 40 узлов (74 км/ч), торпедный катер — до 50 узлов (93 км/ч), более новые — до 100 км/ч, и при такой скорости они потратили бы на рейс Лондон—Рио более четырех суток, но даже они не смогли бы проделывать весь путь туда и обратно регулярно с такой скоростью.

В последние годы в глянцевых журналах появилась реклама яхт «мега» и «супер»; у них нет мачт и парусов, мощность двигателя превышает 16 тысяч лошадиных сил (12 000 кВт), что в несколько раз превышает мощность электровоза, везущего тяжелый состав! Такая яхта, предназначенная для миллиардеров, может развить скорость до 60 узлов (более 110 км/ч). Но, понятно, что с такой скоростью она сможет двигаться лишь ограниченное время и ни для каких межконтинентальных перевозок пассажиров не предназначена.

Вернемся теперь в XIX век. Пароход 1807 г. мог двигаться со скоростью 5 узлов. Русские броненосцы 60-х годов делали до 9 узлов, к концу века — до 17 узлов; крейсера — 15—17 узлов, эскадренные миноносцы — 15 узлов. Значит, они нам не годятся (а у Киплинга как раз написано про steamers — пароходы). А парусные суда? Могли ли они выполнить поставленную Киплингом задачу? О рекордах парусных судов можно прочитать в первом томе весьма познавательной книги: *William H. Ukers. «All about Tea»*, изданной в Нью-Йорке в 1935 г. В ней приводятся некоторые сведения о так называемых «чайных гонках», проводившихся «чайными клиперами» — судами, которые привозили чай и другие колониальные товары из Южной и Юго-Восточной Азии в Европу. Вот что пишет Юкерс: «Считали, что самым быстрым судном, когда-либо бороздившим моря, была “Морская ведьма” водоизмещением 890 т, спущенная на воду в 1846 г. Она доплыла до Гонконга за 104 дня и возвратилась в Нью-Йорк из Кантона за 81 день. Затем она улучшила свои показатели, делая за сутки 358 миль». Эта скорость соответствует всего 15 узлам, что вдвое меньше требуемых для «Дона» и «Магдалины».

Далее Юкерс пишет: «В 1868 г. в “чайных гонках” участвовал “Сэр Ланселот”; путь от Фучжоу до Лондона он проделал за 98 дней. В 1869 г. он стал победителем “чайных гонок”, пройдя тот же путь за 89 дней, делая за день 354 мили». Как видим, скорость почти та же. Рекорд же для парусных судов, установленный в 1972 г., составил 26 узлов (около 43 км/ч). Для этой цели была специально спроектирована яхта, названная «Кроссбоу» («Арбалет»), причем с указанной скоростью она промчалась лишь на отрезке длиной 500 метров. Весьма примечательно, что это узко специализированное спортивное судно способно двигаться только одним галсом, т.е. одним бортом к ветру, а если оно повернется другим бортом, мачта упадет на головы экипажа. Так что ни о каких дальних плаваниях на такой яхте и речи идти не может.

Итак, вывод однозначен: чтобы «всегда по четвергам» можно было отправиться из Англии в Бразилию, необходимо было иметь по крайней мере 5 судов.

В заключение отметим, что Киплингу все же удалось осуществить свою мечту о поездке в Бразилию — но только не «*some day before I'm old*» (у С.Я. Маршака перевод почти дословный: «...до старости моей»), а лишь в 1927 г., когда он был уже далеко не молод.

### 13. Хранитель времени

«Правь, Британия, морями!» — это произведение стало неофициальным гимном Британии. Но мало кто знает, что свое могущество на морях Британия приобрела во многом благодаря Джону Харрисону, сыну простого плотника, который в 1725 г. изобрел особо точные маятниковые часы. После усовершенствований погрешность их хода не превышала 5 секунд за 3 месяца; для того времени это была феноменальная точность! В результате капитаны британских кораблей получили возможность точно определять свои координаты в море (до этого корабли часто терпели катастрофы из-за ошибочного определения своего местоположения), а изобретатель получил (хотя и к концу жизни) от парламента огромную по тем временам премию 10 000 фунтов стерлингов.

#### Вопросы:

А. Географическое положение точки на земном шаре определяется широтой и долготой. Одну координату умели определять еще в древности. Какую? Как это можно сделать?

Б. Почему изобретатель точных часов получил такую большую премию? Для определения какой координаты необходимы особо точные часы? Почему?

#### Ответы:

А. Определение широты не представляло больших затруднений. Ее можно определить достаточно точно по Солнцу; для этого надо определить угол, на который Солнце поднялось, в тот момент, когда оно находится на максимальной высоте над горизонтом (в полдень). По специальным таблицам затем легко вычислить широту этого места. Ночью определение широты можно сделать по высоте Полярной звезды (в Южном полушарии надо выбрать другую звезду). Это измерение можно проделать с помощью сравнительно простых приборов. При этом не требуется особо точного знания времени.

Б. В начале XVIII в. английское адмиралтейство объявило, что оно выплатит огромную премию тому, кто найдет способ определять долготу местонахождения корабля в открытом море. Чтобы определить долготу, надо точно знать разницу во времени между моментом полудня на меридиане Гринвича (или любом другом меридиане, принятом за нулевой, исходный) и моментом полудня в месте нахождения корабля. Таким образом, необходимо иметь на корабле точные часы, «хранящие» время с момента выхода корабля в море. Это стало очевидным еще в 1510 г. испанцу Санта-Крусу, однако в те времена не было еще даже маятниковых часов.

Премии за метод определения долготы в море почти одновременно назначили и другие государства: испанский король Филипп III предложил вознаграждение в тысячу экю, голландское правительство — в 30 000 флоринов. И вот в 1725 г. английский часовой мастер Джон Харрисон создал серию хронометров, отстававших или спешивших всего на несколько сотых долей секунды в сутки. Он получил обещанные деньги. А английское правительство за сравнительно небольшую для государства сумму получило важнейшее стратегическое изобретение, позволившее Англии, опередив другие морские державы, стать владычицей морей. Как уверяет американский журналист С. Моррис, если бы

адмиралтейство просто взялось финансировать работы по созданию точных часов, это обошлось бы ему гораздо дороже.

Почему же для мореплавателей так важен хороший хронометр? Разность долгот двух мест на Земле равна разнице времен в этих местах (речь, конечно, идет не о пояском, а о солнечном времени). Капитанам была точно известна долгота Лондона, и если они знали точное лондонское время (по хронометру) и могли определить местное время (например, по Солнцу), можно было рассчитать, на каком меридиане находится корабль, то есть его долготу. Неточные часы за несколько месяцев плавания накапливали ошибку в десятки минут и больше. В сутках 1 440 минут, поэтому ошибка во времени всего в одну минуту приводит к линейной ошибке на экваторе по долготе на

$$40\,000 \text{ км} / 1\,440 = 28 \text{ км},$$

а ошибка в полчаса дает ошибку в 840 км! В средних широтах ошибка меньше раза в полтора-два, но все равно она значительна.

## 14. Сауна вверх дном

В соответствии с законами физики, теплый воздух легче холодного и потому стремится вверх (например, в бане или в сауне на верхней полке намного жарче, чем вблизи пола). Почему же в метеорологии наблюдающееся иногда повышение температуры воздуха с высотой называется «инверсией температуры», то есть чем-то необычным, аномальным? (Слово «инверсия» происходит от латинского *inversio*, что означает переворачивание, перестановка.)

**Ответ.** Земная атмосфера — не закрытое помещение (как в бане или сауне), и распределение температуры с высотой в ней определяется многими факторами. Обычно в приземных слоях атмосферы температура понижается с высотой — в среднем на  $0,65\text{ }^{\circ}\text{C}$  при подъеме на каждые 100 м. Это происходит потому, что воздух, особенно чистый, прозрачен для солнечных лучей почти во всей спектральной области и почти не нагревается ими. Пройдя практически беспрепятственно через воздух, солнечные лучи поглощаются земной поверхностью, которую они нагревают. А от теплой поверхности нагревается и воздух. Именно такое распределение температуры считается нормальным. Поэтому происходящее в определенных условиях обратное распределение температуры (холодный воздух у поверхности и повышение температуры с высотой) называется «инверсией температуры».

## 15. Закат монеты

Вася и Петя наблюдали закат. Когда солнце почти скрылось за горизонтом, Петя сказал: «А ведь в действительности солнце уже за линией горизонта!» Вася не поверил: «Как же так? Ведь я его еще вижу!» На это Петя ничего не ответил, а усадил приятеля за стол, поставил перед ним кружку так, чтобы Вася не видел ее дна, положил на дно монету и... Что сделал Петя дальше? Как этот опыт смог убедить Васю в правоте Пети по поводу заката? Если вы считаете нужным, можете сопроводить свой ответ рисунками.

**Ответ.** Коля налил в кружку воду. Благодаря преломлению света Вася вдруг увидел монету, хотя она была ниже луча, проведенного от глаз Васи через ближний край («горизонт») кружки. Так и преломление света в атмосфере Земли позволяет видеть Солнце, когда оно находится уже ниже линии, соединяющей глаз человека и горизонт.

Разница состоит в том, что граница между воздухом и водой в кружке резкая, луч, проходя эту границу, резко меняет направление; в атмосфере же плотность воздуха увеличивается сверху вниз постепенно, луч оказывается изогнутым.

#### **Из ответов школьников**

— Чтобы увидеть монету в кружке, надо ее поставить на ребро.

— Луч света идет от глаза к монете в кружке.

## **16. До четвертых петухов**

От Земли до Солнца 150 млн км, скорость света 300 000 км/с. В некоторый день восход солнца наблюдался в 6 ч 35 мин по московскому времени. В какое время наблюдался бы восход солнца в тот же день и в том же месте, если бы свет распространялся вдвое медленнее? а) В 6 ч 35 мин; б) примерно в 6 ч 43 мин; в) примерно в 6 ч 27 мин; г) рассвет бы вообще не наблюдался.

*Дополнительный вопрос:* внимательно перечитайте текст — есть ли в нем орфографические ошибки в написании нашего светила? В любом случае дайте пояснения.

**Ответ.** Излучение Солнца падает на Землю непрерывно, поэтому скорость света не имеет никакого значения для времени восхода. Простой пример: если вы сунете руку в реку (будем надеяться, что рака в реке не окажется), то рука станет тут же мокрой, независимо от того, быстрое в реке течение или медленное. Так и освещение той части Земли, где вы находитесь, происходит в тот же момент, когда эта часть подставляет себя солнечным лучам.

*Вторая часть задания.* Если вы думаете, что ошибка в том, что слово «солнце» один раз написано с прописной буквы, а второй раз — со строчной, то вы ошибаетесь. Все правильно. Если имеется в виду космическое тело — звезда, пишут с прописной буквы: Солнце. Если же говорят о том, что светит нам на небе, то пишут строчную букву — солнце.

#### **Из ответов школьников**

— Если скорость света уменьшить в два раза, рассвет будет наблюдаться в 2 раза раньше.

— Если бы скорость света была в 2 раза меньше, восход солнца наблюдался бы в то же время, но один раз в двое суток.

## **17. Розлив осадков**

Вы, конечно, хорошо представляете себе, как выглядит обычная стеклянная пол-литровая бутылка из-под пива или минеральной воды. Оцените, хотя бы приблизительно, за какое время эта бутылка заполнится водой, если ее оставить под открытым небом, например, поставить на крышу вашего дома. Испарением воды из бутылки пренебрегите. Считайте, что осадки распределены равномерно в течение года.

**Решение.** Чтобы решить задачу, надо правильно оценить размеры бутылки и знать (хотя бы приблизительно), сколько осадков выпадает за год в средней полосе России

(предполагается, что вы живете именно там; если нет — придется изменить некоторые числа применительно к местным условиям). Вероятно, самое трудное в этой задаче — не очень сильно ошибиться, оценивая размеры бутылки (высоту и диаметр цилиндрической части и диаметр отверстия). Диаметр бутылки (внутренней части) 6 см, диаметр отверстия примерно 1,5 см, т.е. в 4 раза меньше, а площадь отверстия меньше сечения бутылки в 16 раз. Высота столба жидкости заполненной бутылки около 18 см (180 мм).

В год в средней полосе выпадает примерно 500 мм осадков, и если бы у бутылки не было сужения вверху, она заполнилась бы за

$$180/500 = 0,36 \text{ года}$$

(примерно 4,5 месяца). Но так как через отверстие в горлышке в бутылку попадает в 16 раз меньше осадков, она заполнится за  $0,36 \times 16$ , то есть примерно за 6 лет.

### **Из ответов школьников**

— Я совершенно не представляю, как выглядит такая бутылка\*.

— Количество осадков 3000 мл в год, объем бутылки 500 мл, поэтому бутылка заполнится за

$$500/3000 = 1/6 \text{ года.}$$

---

\* Чтобы избежать подобных ответов, а заодно и лучше формализовать процедуру проверки, когда вы будете предлагать эту задачу ученикам, целесообразно на доске набросать чертеж бутылки с основными размерами (или просто предоставить ученикам бутылку и линейку для самостоятельных измерений). — *Прим. ред.*