# XXIII Турнир

## имени М. В. Ломоносова

1 октября 2000

**Отчёт**

ББК 74.200.58
О88

**Отчёт** о Турнире им. М. В. Ломоносова 2000 года / Сост. А. К. Кулыгин. — М.: ИЦТГ, МЦНМО, 2000. — 160 с.: ил.

Приводятся условия и решения заданий с подробными комментариями (математика, физика, химия, астрономия и науки о Земле, биология, история, лингвистика), критерии проверки работ и определения победителей, правила проведения, статистические данные.

Для участников Турнира, школьников, учителей, родителей, руководителей школьных кружков, организаторов олимпиад.

ББК 74.200.58

*Авторы текста*: В. О. Бугаенко (математика), И. Васильева (статья), М. В. Калякин (биология), И. А. Кобузева (биология), А. К. Кулыгин (физика, предисловие), Е. А. Куприянова (биология), Н. Н. Константинов (*председатель оргкомитета Турнира*, математика), Е. В. Муравенко (лингвистика), А. С. Николаев (физика), Е. Г. Петраш (биология), А. М. Романов (астрономия и науки о Земле), З. П. Свитанько (химия), С. Г. Смирнов (история), Г. А. Соколова (биология).

*Турнир проведён при финансовой поддержке Московского комитета образования и Международной Соросовской программы образования в области точных наук (ISSEP).*



Эл. версия `http://www.mccme.ru/olympiads/turlom/` (www-сервер МЦНМО).

ISBN 5–900916–74–X



---

Ответственный за выпуск, составитель
*Кулыгин Алексей Кириллович*

ОТЧЁТ О ТУРНИРЕ ИМ. М. В. ЛОМОНОСОВА 2000 ГОДА

Лицензия ИД № 01335 от 24.03.2000 г. Подп. к печати 15.01.2001.
Формат 60×88 $^1/_{16}$. Печать офсетная. Объём 10,00 печ. л.
Заказ 4201. Тираж 6000 экз.

Издательство Московского центра непрерывного математического образования.
121002, Москва, Бол. Власьевский пер., 11. Тел. 241–05–00, 241–12–37.

Отпечатано в Производственно-издательском комбинате ВИНИТИ.
141010, г. Люберцы Московской обл., Октябрьский проспект, 403. Тел. 554–21–86.

# Предисловие

Московская математическая олимпиада, основанная в 1935 году[1], много лет была единственной олимпиадой для Московских школьников. Сложившаяся в те годы система работы со школьниками — Математическая олимпиада, математические кружки и лекции в Московском университете — оказалась очень удачной — её роль была значительно шире рамок понятия «математика».

Потом появились олимпиады по другим предметам (физика, лингвистика, химия ... много позже — информатика; что естественно — способности и интересы не обязательно должны быть только математическими), Всесоюзные, Всероссийские, Международные олимпиады.

Школьники, которые сразу и правильно выбрали свою «специальность», чувствуют себя в таком олимпиадном мире намного уютнее, чем те, кто еще не определился, что именно их больше всего интересует и чем они хотят заниматься, став взрослыми. Или те, кто сознательно не хочет выбирать что-то одно — например, чтобы заниматься смежными областями науки или выбрать совсем другую профессию — бизнес, политику и т.д., используя разностороннее образование в профессиональной деятельности, в воспитании своих детей ...

Неизбежно существует «конкуренция за ресурсы» — время[2], организаторов, финансы, школьников, что часто приводит к неоптимальному распределению «ресурсов», каковыми согласны себя считать далеко не все дети (и организаторы олимпиад тоже). «Выживание» олимпиад по одним предметам и «вымирание» других также не является правильным.

Решение проблемы было найдено природой давным-давно и значительно позднее получило у людей название «симбиоз» (см. конкурс по биологии, стр. 107). Такой олимпиадный симбиоз был придуман в 1977 году и с тех пор успешно сосуществует в московской экосистеме, развивается, эволюционирует, а в последнее время и размножается по другим городам и странам. В природе очень трудно найти сообщества из трёх и более равноправных взаимосуществующих организмов разных видов. А Ломоносовский турнир объединяет их целых 7 (математика, физика, химия, астрономия и науки о Земле, лингвистика, история, биология).

Турнир им. Ломоносова проводится каждый год в последнее воскресенье перед первой субботой октября[3]. Одновременно в нескольких местах, разбросанных по всему городу, проходят одни и те же конкурсы. В Ломоносовском турнире могут принять участие все желающие школьники, дети сами могут выбрать, в какое из этих мест приехать (что позволяет школьникам избежать проблемы московских расстояний), в конкурсах по каким предметам принять участие и сколько времени где потратить (каждый предмет — в своей аудитории, можно ходить в любое время в любом направлении).

Задания составляются так, что время не является существенным ограничением (большинство участников расходятся раньше, чем начинает «не хватать» времени, а для оставшихся это ограничение не является жёстким). Название «конкурс» чисто условно — грамоты получают все авторы хороших работ, здесь нет спортивного сравнения и конкуренции. Жюри в основном ориентируется на школьников 7–11 классов, но не забывает и о том, что ученики 6 классов и младше также могут участвовать в турнире, часто с интересом и иногда весьма успешно.

Некоторые участники заранее знают, какие конкурсы они посетят и куда пойдут в первую очередь. Другие же принимают решение уже придя на турнир, иногда после того, как пройдут по аудиториям и посмотрят на задачи. Иногда школьники заходят в аудитории, не собираясь участвовать в проводимом там конкурсе. Это не запрещается, порой школьник при этом обнаруживает, что предмет, который в школе казался ему неинтересным и скучным, на олимпиаду по которому он бы никогда не пошел, содержит массу интересных и неожиданных вопросов, о которых нигде в школьных учебниках не написано и никогда школьный учитель не рассказывал[4]. Такие «открытия» делаются участниками нередко, поэтому организаторы рекомендуют всем перед уходом с турнира зайти на те конкурсы, в которых они не участвовали, и просто взять условия задач.

По традиции задания конкурса по математике не очень трудные. Цель — сделать математический конкурс интересным для всех участников. Школьникам, которым такие задания кажутся простыми и немного скучными, адресован международный математический Турнир городов — осенний тур которого также проводится в Москве[5]. К сожалению, в этом году на Турнире не было устного конкурса по мате-

[1] В этом году, 4 марта 2001 года, она состоится 64-й раз.

[2] Например, самая первая Всесоюзная математическая олимпиада проводилась в тот же день, что и Московская городская — 16 апреля 1967 года.

[3] Такая заковыристая математическая формулировка связана с тем, что в первую субботу октября традиционно проходит первое занятие Малого мехмата, куда приглашаются участники турнира.

[4] Информацию о наборе в школы и классы с углублённым изучением различных предметов, специально собранную оргкомитетами Ломоносовского турнира и Математического праздника, см. на стр. 158

[5] Задания осеннего Турнира городов 2000/2001 уч. г. смотрите на стр. 136.

матическим играм. Без него скучали и ученики, успевшие принять в нём участие в прошлые годы, и сами организаторы. Надеемся, конкурс опять появится уже в 2001 году.

Несмотря на официальное название «Отчёт ... », бо́льшую часть этой книжки занимает не официальная информация, а условия задач всех конкурсов, решения и комментарии к ним, и адресована эта книжка прежде всего школьникам. Которым, конечно же, будет небезынтересно и мнение об этом мероприятии своих сверстников.

По сложившейся в последние годы традиции[6] книжки про предыдущий турнир раздаются в качестве призов победителям следующего (**24 Ломоносовский турнир состоится 30 сентября 2001 года**). Нам очень приятно, что в Москве снова растёт интерес школьников к науке, младшим школьникам, кроме Турнира Ломоносова, адресовано замечательное мероприятие — Математический праздник (городская олимпиада по математике для 6–7 классов). В прошлом году книжка про 22-й Ломоносовский турнир была подарена всем участникам 11-го Математического праздника. Схожая судьба ждёт и эту книгу!

Мы постарались сделать эту книжку как можно более полезной и интересной для всех школьников, в чьи руки она попадёт, независимо от класса, уровня подготовки, «гуманитарности» или «естественнонаучности», любимых, а также не очень любимых, школьных предметов.

Эта научно-популярная книжка получилась явно более научной, чем популярной. Очевидный способ проверить совместимость книжки с детьми — дать детям макет книжки почитать. Остаётся только удивляться, почему так не делалось раньше, надеемся, что это «открытие» тоже станет традицией. В качестве таких детей были использованы участники зимней Пущинской школы (в основном, учащиеся гимназии № 1543 на Юго-западе и школы № 57). Огромное им спасибо за найденные ошибки, опечатки и предъявленные претензии — непонятные места по возможности тут же разбирались со взрослыми и исправлялись.

Значительная часть брошюры посвящена конкурсу по астрономии и наукам о Земле. Мы, жители Земли, встретили новый век и новое тысячелетие. Этот «юбилей» — важное событие для всех нас, — а не только историков. Именно поэтому в конкурсе по астрономии и *наукам о Земле* упомянуты события, происходившие 2 тысячелетия (Рождество, стр. 20) и столетие (эмиграция из Европы в Новый свет, стр. 58) назад.

Вопросы, связанные с летоисчислением и календарными реформами,

[6]Традиция «сложилась» из-за того, что в те времена начисто исчезли научно-популярные книжки для школьников — пришлось решать проблему своими силами.



были разобраны не очень подробно — это уже было сделано на прошлом турнире, специально для тех, кто хотел встретить новое Тысячелетие уже тогда.

Задания по лингвистике также не носят чисто формальный характер, как это может показаться. Например, задача № 2 (см. стр. 133) иллюстрирует интересное явление — связь состава слова в нашем русском (для харьковских школьников — украинском) языке с типом ударения в соответствующих словах родственного сербскохорватского языка (в этом языке целых 4 разных типа ударения). Возможно, кто-то из вас заинтересуется этим вопросом и захочет разобраться почему, как и когда так получилось ...

23-й Турнир им. М. В. Ломоносова состоялся в воскресенье, 1 октября 2000 года. Турнир организован Международным оргкомитетом Турнира городов, Московским Центром непрерывного математического образования (МЦНМО) при поддержке МИПКРО (Московского института повышения квалификации работников образования).

В Москве турнир прошёл в МАИ, МГУ, СТАНКИНЕ, МЦНМО, в школах №№444, 520, 602, 905, 1018, 1299, 1580, а также в гимназиях №1543 и №1567.

Количество участников: Москва — 3200, Оренбург — 1190, Харьков — 870, Санкт-Петербург — 120, Пушкино — 20. Местное жюри г. Харькова также самостоятельно проверило работы и подвело итоги.

Прошедший Турнир был в основном похож на проходившие в последние годы. По-прежнему — и это во многом отрадно! — растет число участников и интерес к Турниру у школьников и их учителей. По-прежнему находится почти две сотни энтузиастов: студентов, аспирантов, учителей, преподавателей вузов, готовых променять спокойный выходной день на довольно нервную, хотя и очень интересную работу со школьниками. С неизменным пониманием относятся к просьбам оргкомитета Турнира ректорат МГУ, МАИ и СТАНКИНА, куда пришла бо́льшая часть потока школьников и в этом году.

Оргкомитет пользуется случаем поблагодарить сотрудников и администрацию этих учебных заведений, а также всех, кто оказал свою поддержку организации и проведению Турнира: авторам вариантов, дежурным в аудиториях, членам жюри, проверявшим работы. Отдельно хотелось бы отметить личную помощь В. Г. Зарницина, особо ценную своей своевременностью и оперативностью.

Очень радостно было в этом году получить существенную помощь от людей, на чей путь в жизни существенное влияние оказало (лет 20 назад) их участие в Турнире им. Ломоносова и подобных мероприятиях.

# Конкурс по математике

## Задачи

В скобках после номера задачи указаны классы, для которых рекомендуется задача. Решать задачи не своего класса разрешается.

**1.** (6–9) Может ли среднее арифметическое 35 целых чисел равняться 6,35?

**2.** (6–9) Петя купил «Конструктор», в котором было 100 палочек разной длины. В инструкции к «Конструктору» написано, что из любых трёх палочек «Конструктора» можно составить треугольник. Петя решил проверить это утверждение, составляя из палочек треугольники. Палочки лежат в конструкторе по возрастанию длин. Какое наименьшее число проверок (в самом плохом случае) надо сделать Пете, чтобы доказать или опровергнуть утверждение инструкции?

**3.** (10–11) Имеется 10 отрезков, причём известно, что длина каждого — целое число сантиметров. Два самых коротких отрезка — по сантиметру, самый длинный — 50 см. Докажите, что среди отрезков найдутся три, из которых можно составить треугольник.

**4.** (6–11) Из точки $M$ внутри четырёхугольника $ABCD$ опущены перпендикуляры на стороны. Основания перпендикуляров лежат внутри сторон. Обозначим эти основания: то, которое лежит на стороне $AB$ — через $X$, лежащее на стороне $BC$ — через $Y$, лежащее на стороне $CD$ — через $Z$, лежащее на стороне $DA$ — через $T$. Известно, что $AX \geqslant XB$, $BY \geqslant YC$, $CZ \geqslant ZD$, $DT \geqslant TA$. Докажите, что вокруг четырёхугольника $ABCD$ можно описать окружность.

**5.** (6–11) Поверхность кубика Рубика $3 \times 3 \times 3$ состоит из 54 клеток. Какое наибольшее количество клеток можно отметить так, чтобы отмеченные клетки не имели общих вершин?



## Решения задач конкурса по математике

**1.** *Ответ*: такого быть не может.

Предположим, что такие числа существуют. Их сумма равна среднему арифметическому этих чисел, умноженному на их количество:

$$6{,}35 \cdot 35 = 222{,}25.$$

Поскольку сумма целых чисел должна быть целым числом, получаем противоречие.

**2.** *Ответ*: одна проверка.

Пете достаточно проверить, можно ли составить треугольник из двух самых коротких палочек и одной самой длинной. Если треугольник не составляется, то утверждение инструкции опровергнуто. Если же треугольник составить можно, то сумма длин двух самых коротких палочек больше длины самой длинной. Но в этом случае сумма длин двух любых палочек набора длиннее любой другой. (Действительно, сумма длин двух любых не меньше суммы длин самых коротких, а длина любой палочки не больше длины самой длинной.) А это и означает, что из любых палочек можно составить треугольник, т. е. утверждение инструкции доказано.

**3.** Предположим противное, что ни из каких трёх отрезков нельзя составить треугольник. Рассмотрим длины отрезков в сантиметрах по возрастанию: $l_1 = 1$, $l_2 = 1$, $l_3$, $l_4$, … , $l_{10} = 50$. Так как из трёх самых коротких отрезков нельзя составить треугольник, то $l_3 \geqslant l_1 + l_2 = 1 + 1 = 2$. Аналогично, $l_4 \geqslant l_2 + l_3 \geqslant 1 + 2 = 3$. Далее,

$$\begin{aligned} l_5 &\geqslant 2 + 3 = 5 \\ l_6 &\geqslant 3 + 5 = 8 \\ l_7 &\geqslant 5 + 8 = 13 \\ l_8 &\geqslant 8 + 13 = 21 \\ l_9 &\geqslant 13 + 21 = 33 \\ l_{10} &\geqslant 21 + 33 = 55 \end{aligned}$$

Противоречие с условием $l_{10} = 50$ доказывает утверждение.

**4.** Из условия $AX \geqslant XB$ следует $AM \geqslant MB$. Действительно, в двух треугольниках $AMX$ и $BMX$ с общим катетом гипотенуза длиннее у того, у которого длиннее второй катет. Аналогично получаем

$BM \geqslant MC$, $CM \geqslant MD$, $DM \geqslant MA$. Это возможно только если во всех четырёх неравенствах выполняется равенство: $MA = MB = MC = MD$. Значит, $M$ — центр описанной вокруг четырёхугольника $ABCD$ окружности, что и доказывает требуемое.

**5.** *Ответ*: 14 клеток.

На рис. 1 показано, как отметить 7 клеток на трёх смежных гранях куба. На трёх «невидимых» гранях нужно отметить семь клеток, симметричных этим.

Докажем теперь, что больше 14 клеток требуемым образом отметить невозможно. Сделаем это двумя способами.

*Первый способ.* Посчитаем общее количество вершин клеток кубика Рубика. Имеются 8 вершин самого кубика, ещё по две вершины на каждом из 12 рёбер и ещё по 4 вершины на каждой из 6 граней. Итого:

$$8 + 12 \cdot 2 + 6 \cdot 4 = 56 \text{ вершин.}$$

Каждая из этих вершин принадлежит по условию не более, чем одной отмеченной клетке. Если бы отмеченных клеток было больше 14, то вершин было бы больше, чем $14 \cdot 4 = 56$, поскольку каждая клетка имеет 4 вершины. Значит, отмеченных клеток не более 14.

*Второй способ.* Разрежем поверхность кубика Рубика на части. Три смежные грани разрежем на 7 частей, как показано на рис. 2. Три другие грани разрежем на такие же 7 частей. Легко видеть, что любые две клетки, попавшие в одну часть имеют общую вершину. Поэтому в каждой части может находиться не более одной отмеченной клетки. Значит, всего может быть отмечено не более 14 клеток.

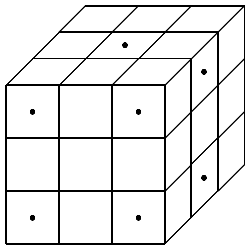


Рис. 1

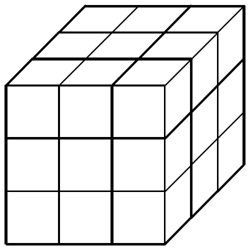


Рис. 2



# Конкурс по астрономии и наукам о Земле

Вопросы и комментарии подготовил к. ф.-м. н. Андрей Михайлович Романов — главный специалист Отделения общей физики и астрономии Российской академии наук (romanov@gpad.ac.ru).

## Вопросы

Из предложенных 11 вопросов по астрономии и наукам о Земле можно отвечать на **любое** количество из тех, которые Вам интересны. Для получения премии достаточно будет написать правильные ответы на любые 4 вопроса. Больше — можно. При подведении итогов будут учтены количество правильных ответов, их полнота и Ваш класс (возраст).

1. Круг Зодиака был установлен в Древнем Вавилоне около 40 веков назад, и за это время созвездия «съехали» со своих прежних мест. Почему это происходит? Где находилось Солнце во время весеннего равноденствия тогда и где теперь, в 2000 году?
2. Какое природное (астрономическое) явление могло бы подойти на роль «рождественской звезды» 2000 лет назад?
3. Сколько дней в 2000 году? А сколько дней в году может быть?
4. В среднем за 2000 лет весь свободный кислород атмосферы Земли проходит через цикл фотосинтеза. Сколько (примерно) раз на нашей планете растениями воспроизводились молекулы $O_2$, аналогичные тем, которыми Вы в данный момент дышите?
5. Может ли в Солнечной системе существовать 2000 планет? Могут ли планеты быть на произвольном расстоянии? Может ли измениться их порядок?
6. На звёздах обнаруживают различные химические элементы, и даже некоторые молекулы, по их тёмным спектральным линиям. Откуда возникают эти темные линии (с температурой до 2000 K)? Могут ли в звезде атомы разных химических элементов иметь разные температуры (температура поверхности Солнца — около 6000 K)?
7. Ископаемое топливо (нефть и уголь) образовались из растений и других органических остатков, которые находились, очевидно, на поверхности Земли. Почему же сейчас они лежат так глубоко (до 2000 м), а над ними нередко возвышаются известняковые горы?

8. Когда жили динозавры, на Земле было жарко и влажно, а затем было великое оледенение. Потом опять потеплело: в Европе были субтропики и жили львы, а Сахара превратилась в пустыню. В средневековье вновь было сильное похолодание (даже замерзал Нил), а сейчас говорят о глобальном потеплении. Отчего происходят такие скачки, и что нам в будущем нужнее: дублёнка или панамка?
9. Во время плавания Колумба (1492 год) стрелка компаса, которая (как всем тогда было известно) притягивается Полярной звездой, неожиданно отклонилась от своего нормального положения. Чем было вызвано это явление? На какую величину она отклонилась? А может ли стрелка компаса показывать на юг?
10. «Титаник» был на момент постройки (1912 год) самым большим пассажирским пароходом в мире и шёл на побитие рекорда по скорости. Почему столь огромные суда стали нужны? Почему капитан отклонял курс корабля к северу, хотя Нью-Йорк расположен на 10° широты южнее Лондона? Какие самые важные, на Ваш взгляд, последствия имела данная транспортная стратегия и какие суда ещё бо́льших размеров Вы знаете?
11. Вам «предложили» заселить некоторую иную планету. Какие принципиально необходимые условия Вам для этого потребуются? Какие основные этапы этой работы Вы предусмотрите?



## Ответы на вопросы конкурса по астрономии и наукам о Земле

**Вопрос № 1.** *Круг Зодиака был установлен в Древнем Вавилоне около 40 веков назад, и за это время созвездия «съехали» со своих прежних мест. Почему это происходит? Где находилось Солнце во время весеннего равноденствия тогда и где теперь, в 2000 году?*
**Ответ.** Точка весеннего равноденствия (начало года) смещается на один знак Зодиака примерно за 2000 лет за счёт прецессии оси вращения Земли. 40 веков назад Солнце было в созвездии Тельца, а теперь на границе Рыб и Водолея.
**Комментарий.** Прежде всего, целесообразно напомнить разницу между общеупотребительными знаками Зодиака и зодиакальными созвездиями. Как все помнят, существует 12 знаков Зодиака: Овен, Телец, Близнецы, Рак, Лев, Дева, Весы, Скорпион, Стрелец, Козерог, Водолей, Рыбы. Их отсчёт начинается от условной «точки весеннего равноденствия» с Овна, и каждый из них имеет протяжённость на небе ровно по 30°. При этом хотелось бы подчеркнуть, что знаки Зодиака отображают шкалу времени и являются, если так можно выразиться, одномерными, или линейными структурами.

Зодиакальные созвездия имеют, естественно, те же имена, что и знаки Зодиака, поскольку именно они свои названия знакам и передали. Однако, первое существенное и малоизвестное отличие заключается в том, что зодиакальных созвездий в настоящее время не 12, а 13 (!). Хотя сами созвездия в человеческой культуре существуют многие тысячелетия, их современные границы, установленные в 1922 г., таковы, что часть своего пути по небу Солнце проходит по «территории» созвездия Змееносца (примерно с 26 ноября по 16 декабря). Забавно, что Солнце при этом в Змееносце «проводит» почти в три раза больше времени, чем в соседнем Скорпионе (!).

Второе существенное отличие созвездий от знаков состоит в том, что созвездия совершенно не равнозначны по размерам (протяжённости) и наличию в них ярких звёзд. Весьма немногие из них, например, Лев и Скорпион, имеют в своём составе достаточно ярких звёзд и очень красивые, легко запоминающиеся конфигурации. Большинство же зодиакальных созвездий, в отличие от созвездий в других частях неба, — наоборот, не ярки и малозаметны на небе.

Наконец, в-третьих, созвездия являются, как это следует из самого названия, конфигурацией определённых звёзд на небесной сфере, и, соответственно, структурой пространственной и двумерной, частью сферы.

Таким образом, созвездия — это реальные астрономические объекты, а знаки Зодиака — абстрактные символы, которые в природе не существуют.

Поскольку Земля вращается вокруг Солнца, то, соответственно, Солнце за год проходит полный круг на небесной сфере. Орбита Земли, к счастью, с достаточной точностью постоянна, поэтому траектория Солнца на небе, называемая эклиптикой, также имеет постоянное положение относительно звёздного неба. Она наклонена относительно полюса мира (и небесного экватора) на угол $23°26'21''.448$, поскольку именно на этот угол наклонена ось вращения Земли относительно плоскости её орбиты (средняя эклиптика). Как всем известно, наклон оси Земли является причиной смены сезонов года. Когда Солнце за первую половину года поднимается над экватором на 23° вверх, в северном полушарии Земли наступает лето, световой день имеет наибольшую продолжительность, и 22 июня наступает летнее солнцестояние. После остановки вверху Солнце за следующие полгода (т. е. полкруга по эклиптике) опускается уже под экватор на те же 23° вниз, наступает зима, и в самый короткий день 22 декабря происходит зимнее солнцестояние. Понятно, сколь существенную и даже жизненно важную роль для человечества всегда имели сезоны, определяющие все природные и сельскохозяйственные циклы и, соответственно, регламентирующие в суровом климате «не-тропиков» борьбу человека за выживание буквально «по дням». Однако достаточно рано человек понял, что дни начала того или иного сезона проще высчитывать не от солнцестояний, а от промежуточных положений Солнца, когда оно пересекает небесный экватор, и продолжительность дня и ночи выравнивается. В эти дни равноденствий скорость приращения продолжительности дня весной и убывания его осенью максимальны, и их проще отследить и относительно звёзд и по счёту дней в году. Самым важным и благодатным временем года всегда считалась весна: период пробуждения природы от зимней спячки (т. е. «воскресение из мёртвых»), поэтому день весеннего равноденствия с эпохи неолита выбирался как начало года. На этом же «пути Солнца» происходят затмения, по нему движутся другие планеты, вокруг эклиптики лежит и «путь Луны».

С самых древних времён люди стремились выделить на небе эти четыре особые точки (равноденствия и солнцестояния). Естественным способом для этого было выделение и запоминание тех характерных групп звёзд, которые в этой области неба находились. Однако, в отличие от Медведицы, Ориона или Лебедя (созвездий вне Зодиака), где образ созвездия, его интерпретация и дальнейшая мифологизация следовали за выдающимся рисунком ярких звёзд, зодиакальные созвездия, особенно слабые, по-видимому, изначально строились, исходя из задачи «разметки» неба и года. Древнейшие человеческие сообщества имели главной целью своего существования усвоение, сохранение и передачу следующим поколениям тех знаний и навыков, которые гарантировали выживание и стабильность. Система «прото-Зодиака» была создана задолго до возникновения письменности.



Предполагается, что первоначально в качестве реперов положений Солнца были «созданы» созвездия из т. н. «круга людей». Точка весны отмечалась Близнецами, которые символизировали творение, источник рождения новой жизни, соединение мужского и женского начала, пару Адам-Ева. Лето обозначалось Девой, т. е. днём, светом, женщиной-матерью, плодоносящей природой. На всех изображениях, известных со времён неолита, Дева стоит с колосом в руках (звезда Спика = $\alpha$ Virgo), как символ летнего плодородия. Созвездие осени — Стрелец, т. е. охотник на коне с луком или кентавр. Его цель — Солнце, которое он поражает своей стрелой, и оно «падает» вниз, в тёмный подземный мир. Во время зимнего солнцестояния дневное светило стоит на пороге потустороннего мира, и символом умерших душ в водах загробного мира стали Рыбы, которых на небе всегда было две. Годичный цикл Солнца при этом отображает и весь жизненный цикл человека. Создание такой системы могло произойти между 6000–5000 годами до н. э., в конце неолитической революции, когда люди закончили одомашнивание растений и животных и начали обрабатывать металлы. По-видимому не случайно, что наиболее древние зодиакальные созвездия являются антропоморфными (человекоподобными) и имеют двойную (парную) структуру (брат-сестра, мать-плод, всадник-конь, мёртвые души).

Однако, достаточно давно было замечено, что точки равноденствий на фоне «неподвижных» звёзд постоянно «съезжают», так что Солнце приходит в точку весны каждый раз чуть раньше. Примерно к 4000 г. до н. э. точки равноденствий вышли за пределы «отведённых» для них зон «небесных знаков». К этому же времени древние общества разделились на «царства», в них сформировались такие профессии, как жрецы, и наступила эпоха сооружения храмов и идолопоклонства. Символом весны, возвышения Солнца и мужского плодородия стал Телец-Апис, лета и верховной власти — Лев, он же Царь, осенью Солнце-Осириса «ужалил» Скорпион (т. е. Сет), и зимой в царство мёртвых его сопровождал Водолей. В противопоставление прежнему архаичному «кругу людей» сложился новый «круг зверей», т. е. собственно по-гречески: «Зодиак». В эту эпоху происходит формирование письменности в Шумере (ок. −2700 г.), сооружение монументальных святилищ, вавилонской башни и египетских пирамид (−3000 – −2500 гг.?).

Нетрудно понять, что такие умные, хитрые и сплочённые люди, как жрецы, взяв власть однажды, вовсе не собирались поступаться ею даже через тысячелетия, когда точки солнечных равноденствий из-за перемещения по небу к −2000 г. вновь «выехали» из установленных им границ. Были успешно подавлены антиидолопоклоннические выступления не только Авраама из Ура (патриарх, ок. −1800 г.), но и самого фараона-сонлцепоклонника Аменхотепа 4 (Эхнатон, ок. −1400 г.).

Можно предположить, что в то время ещё не всё небо и не вся эклиптика были плотно «застроены» созвездиями, т. е. Зодиак не был полным кругом. По-видимому, можно даже предположить, что ранее существовавший Зодиак из кругов людей и зверей «достроили» поначалу только одним дополнительным созвездием. В имеющееся свободное пространство на небе между Тельцом и Рыбами, исходя из особенностей животноводства того времени и нюансов развернувшейся идеологической борьбы, «встроили» барана под именем «Овен» и назначили его начальником года, что соответствовало реалиям астрономии. Авраам: «Бог усмотрит Себе ягнёнка для всесожжения». Реально первая смена общемировых религий и переход к единобожию смогли произойти только в период −1300 – −800 гг. после пропаганды Моисея, исхода из Египта и создания самостоятельного иудейского государства. Иными словами, на земле Овен сменил Тельца спустя почти 1000 лет после того, как это произошло на «небесном посту № 1».

Наличие 9 зодиакальных созвездий достаточно скоро было признано неудобным, и существовавшее издревле деление эклиптики на четыре сезона было переведено на 12 месяцев. Для этого, помимо Овна, на имевшуюся летнюю вакансию между Близнецами и Львом был встроен неприятный Рак, а на зимнюю — некто козлообразный с рыбьим хвостом (для благообразия названный Козерогом). Не исключено, что помимо создания новых созвездий, в целях «упорядочивания» было произведено и некоторое сокращение прежних мелких созвездий в зоне эклиптики. Особо жуткая история приключилась с точкой осени: **Скорпиону оторвали клешни!**

Первоначально Скорпион на небе протягивал свои клешни почти до ног Девы, и точка осеннего равноденствия по-прежнему находилась в его «ведении». Однако, когда для каждого солнечного месяца нужно было выделить своё, отдельное созвездие, которых должно было быть



уже 12, Скорпиона пришлось «разъять» и выделить его клешни в самостоятельное «зодиакальное» созвездие. По-видимому, на протяжении многих веков в разных источниках это созвездие имело два параллельных названия. Птолемей, ссылаясь на Гиппарха, во 2 веке н. э. всё ещё именует его «Клешнями», а у египетских астрономов уже в 3 веке до н. э появилось созвездие Весов, очень похожее на прибор для взвешивания душ на суде Осириса. Последующие легенды гласят, что окончательно созвездие стало именоваться Весами в честь справедливости и правосудия императора Августа (уже в рамках единой империи).

Здесь уместно ещё раз напомнить, что все «вновь подстроенные» созвездия очень слабы и, пользуясь словами первоисточника, «безвидны». В результате «втискивания» их между уже ранее существовавшими яркими, традиционными созвездиями, они довольствуются минимальной площадью на небесной сфере, и если так можно выразиться, «поджаты».

Тем не менее, с тех пор и поныне зодиакальные созвездия отражают каждый месяц из годового цикла движения Солнца по небу. Законченная система 12 зодиакальных созвездий в Вавилоне известна около −420 г., в Египте наиболее совершенным памятником такого рода является купол, отображающий все созвездия северного неба (т. н. Дендерский зодиак). Впоследствии Зодиак перешёл к грекам (где и получил своё современное название) и сохранился до сего дня.

Спустя ещё примерно 2000 лет, когда процесс «убегания» точек равноденствия из положенных мест вновь повторился, столь сложных проблем уже не возникло. Точки легли на самые древние, широкие и известные зодиакальные созвездия, хотя и в другом порядке: весна — Рыбы, лето — Близнецы, осень — Дева, зима — Стрелец. С учётом накопленного административного и организационного опыта формирование новой мировой религии (христианства) на рубеже нашей эры прошло, что называется «по писаному», а Рыбы стали символом раннего христианства. Сейчас на дворе 2000 г. от Рождества Христова, и относительно скоро точка весеннего равноденствия вновь сменит свой «адрес» на небе, и наступит т. н. «Эпоха Водолея». Не исключено, что эта астрономическая процедура может иметь забавные общечеловеческие следствия.

История открытий и «переоткрытий» прецессии — одна из наиболее необычных и интересных в астрономии. Все сохранившиеся до настоящих дней первобытные каменные обсерватории были построены и ориентированы по сторонам света именно для наблюдений за движением Солнца и Луны и определения дня равноденствия. Наиболее известный памятник такого рода — Стоунхендж (Солсбери, Великобритания), построенный в несколько этапов в период с 2000 по 1500 гг. до н. э. По-видимому, он является одним из наиболее поздних и совершенных памятников такого рода. В Евразии в целом, и в нашей стране имеются десятки подобных культово-календарных археоастрономических объектов. Строительство вавилонской башни (зиккурат[7] в Уре, 3 тысячелетие до н. э.) и египетских пирамид также имело культово-календарное значение. Перемещение точек равноденствий по созвездиям фиксировалось жрецами Вавилона и Египта, и проводимые ими длительные, многовековые астрономические наблюдения позволили установить, что один знак Зодиака точки равноденствия проходят примерно за 2140 лет.

Сейчас это явление известно под названием лунно-солнечной прецессии, и состоит оно в том, что точки равноденствий перемещаются по эклиптике навстречу движению Солнца со скоростью $50''.3879$ в год. Возвращаясь к формулировке самого вопроса, нетрудно подсчитать, что за 40 веков существования Зодиака равноденствия (и созвездия Зодиака с ними) «съехали» почти на $56^\circ$ (!).

Первое «документированное» упоминание об открытии прецессии содержится в книге Птолемея «Альмагест» (ок. 140 г. н. э.) и приписывается знаменитому греческому астроному-наблюдателю Гиппарху (125 г. до н. э.). Гиппарх, сравнивая наблюдения положений звёзд с ранними греческими наблюдателями за период 265 лет, обнаружил, что: «равноденственные и солнцеворотные точки передвигаются против последовательности знаков зодиака не менее, чем на одну сотую часть градуса в год . . . ».

Впервые Коперник объяснил прецессию, как следствие движения оси вращения Земли в пространстве, а правильную физическую интерпретацию этого явления дал И. Ньютон в 1687 г. Она состоит в том, что форма Земли не точная сфера, а в первом приближении — эллипсоид вращения. Это можно представить таким образом, что на сферическую Землю «надет» дополнительный экваториальный пояс толщиной 21,385 км. Солнце и Луна своими силами притяжения воздействуют на эти внесферические массы. А поскольку они движутся не в плоскости экватора Земли, а по эклиптике и орбите Луны, соответственно, то их притяжение, смещённое от оси вращения Земли, стремится «выровнять» эту ось относительно себя. Как известно из механики, внешние силы, действующие на волчок (гироскоп), заставляют его поворачивать собственную ось вращения относительно направления действия силы. Так

[7]культовое сооружение



и Земля, подобно детской юле, поворачивает под действием Солнца и Луны свою ось вращения в пространстве вокруг полюса эклиптики «по конусу». Наклон оси при этом остаётся почти постоянным (около $23^\circ$), а период прецессии (поворота оси) составляет 25784 года.

Между звёзд ось Земли движется по кругу с радиусом $23^\circ$ со скоростью около 0,5 градуса за 100 лет, и та или иная звезда, по мере приближения к ней полюса мира, становится «Полярной звездой». В Древнем Египте (5000 лет назад) «Полярной» была звезда $\alpha$ Дракона, в начале нашей эры ярких звёзд у полюса мира вообще не было. В современную эпоху (J2001.5) звезда $\alpha$ Ursa Minor (видимая звёздная величина m = 2,02) имеет склонение $\delta = +89^\circ 16' 14''.33$ и отстоит от полюса мира на величину $43' 45''.67$. Соответственно, в течении суток она описывает вокруг полюса круг, который почти в 3 раза больше видимого размера Солнца или Луны. Через 2000 лет «Полярной» звездой станет $\gamma$ Цефея, а через 12000 лет — Вега ($\alpha$ Lyr). Поворот оси вращения Земли вызывает также и поворот плоскости земного экватора, и его проекции — небесного экватора. Соответственно, точки пересечения экватора с эклиптикой (т. е. точки равноденствий) «бегут» по эклиптике, а сам Зодиак постоянно «съезжает» со скоростью прецессии.

Многие участники Турнира относили смещение созвездий за счёт эффекта вращения нашей Галактики. Действительно, мы живём в гигантской (около 200 млрд. звёзд) системе, достаточно плоской и видимой на ночном небе в качестве Млечного пути (взгляд «изнутри»). Галактика вращается дифференцированно для разных подсистем, и там, где в плоскости Галактики находится наше Солнце, на расстоянии 10 кпк от центра, скорость вращения её плоской части составляет около 250 км/с. Полный период обращения Солнца вокруг центра Галактики составит около 240 млн. лет, а за 40 веков оно пройдёт около одной стотысячной части круга, или $0^\circ.005$. Относительно полная ясность с кинематикой Галактики в целом наступила лишь к 30-м годам 20 века, а первое предположение о движении Солнечной системы в пространстве высказал Брадлей в 1742 г.

Следующий момент, относящийся к вариантам ответов на данный вопрос, можно привести в формулировке Игоря Покровского: «Движение звёзд вызывает не только перемещение созвездий, но и изменение их видимой формы». Действительно, впервые эффект, называемый собственным движением звёзд, был открыт Э. Галлеем в 1718 г. на основе сопоставления координат Сириуса, Альдебарана и Арктура с наблюдениями древнегреческих астрономов. Очевидно, что все звёзды, будучи незакреплёнными в пространстве, движутся. Например, собственная скорость Солнца относительно массива ближайших звёзд составляет 19,7 км/с. Движение звёзд в пространстве отражается на небе в виде их угловых перемещений, которые для ближайших звёзд составляют 1–4 сек. дуги в год. Рекордсменом является т. н. «летящая звезда Барнарда», которая смещается за год на $10''.3$. Нетрудно подсчитать, что за 40 веков она сместится на $11°$. Таким образом, за времена порядка 10 000 лет видимая форма многих созвездий, действительно, может заметно измениться. Тем не менее, для объяснения смещения Зодиака вращение Галактики и собственные движения звёзд явно недостаточны.

Интересно посмотреть, когда же именно «эпоха Водолея» наступит. Точка весеннего равноденствия ($\alpha = 00^{\mathrm{h}}\,00^{\mathrm{m}}$) сейчас (J2000.0) находится почти на краю созвездия Рыб; современная граница между Рыбами и Водолеем проходит по линии прямого восхождения ($\alpha = 23^{\mathrm{h}}\,28^{\mathrm{m}}$). Таким образом, до границы Водолея точке равноденствия по эклиптике нужно пройти около $08°20'$, на что потребуется 595 лет. Точка осеннего равноденствия ($\alpha = 12^{\mathrm{h}}\,00^{\mathrm{m}}$) находится на краю созвездия Девы и до границы со Львом ($\alpha = 11^{\mathrm{h}}\,37{,}5^{\mathrm{m}}$) ей остаётся ещё меньше, — всего $06°00'$. Осеннее равноденствие уже через 429 лет станет «львиным».

Интересно также упомянуть, что все особенности Зодиака, обсуждавшиеся выше, имеют место только в индоевропейских культурах и цивилизациях, базирующихся на египетских и вавилонских солнечных календарях. Например, древнекитайское небо не имеет зодиакальных созвездий, а содержит 29 «стоянок Луны», отмеченных характерными звёздами, и формирует лунный календарь. Отсутствует Зодиак и в древних американских цивилизациях.

**Типичные ошибки:**
— Собственные движения звёзд.
— Вращение Галактики.
— Вселенная постоянно расширяется.

**Нетривиальные версии:**
— Звёзды движутся под действием физических сил между планетами.
— Одни звёзды могут оказаться заслонёнными другими звёздами или планетами.
— Звёзды, составляющие созвездия, часто находятся в разных галактиках, поэтому вращаются вокруг разных центров и неизбежно «съезжают».
— За 4000 лет созвездия прошли в космическом пространстве огромные расстояния.
— А звёзды движутся по спирали в какую-то из сторон Вселенной.



— Солнце переместилось по рукаву нашей Галактики дальше от центра её.
— Не только Земля движется вокруг Солнца, но и Солнце вокруг центра Галактики, а Галактика вокруг центра Вселенной.
— Созвездия «съехали» со своих мест из-за притяжения других созвездий.
— Со временем звёзды гаснут, на их месте зажигаются другие.
— Ничто в мире не вечно, и звёзды тоже не исключение.
— В то время календари были менее точные, чем сейчас.
— Центробежная сила сдвинула плиту, на которой был круг зодиака.
— Материковые платформы немного, но сдвигаются, а людям кажется, что это звёзды «съехали» со своих мест.
— Тогда по мнению учёных Солнце было не в середине солнечной системы, а в середине была Земля.
— Солнце находилось над Африкой.
— Солнце находилось над Южной Америкой.
— Сейчас в день весеннего равноденствия Солнце стоит над нами в зените.

**Критерии оценок:**
Перечислены зодиакальные созвездия — 1;
Точка весеннего равноденствия — 1;
Понятие прецессии — 3;
Скорость прецессии — 1;
Движение оси мира — 1;
Смена зодиакальных эпох — 1;
Итого баллов — 8.

**Вопрос № 2.** *Какое природное (астрономическое) явление могло бы подойти на роль «рождественской звезды» 2000 лет назад?*
**Ответ.** Рождественской звездой могла быть комета, или соединение планет, или сверхновая звезда.
**Комментарий.** От Матфея: «(2.1): пришли в Иерусалим волхвы с востока, и говорят: (2.2) мы видели звезду Его на востоке и пришли поклониться Ему: (2.7) Ирод, тайно призвав волхвов, выведал от них время появления звезды: (2.9) звезда, которую видели они на востоке, шла перед ними, как наконец пришла и остановилась над местом, где был Младенец . . . ». Если предположить, что вся информация из Евангелия действительно каким-то образом отражает реально происходившие явления, то какие же логические предположения относительно этого события или феномена можно сделать, исходя из здравого смысла?

Относительно самих «волхвов» нет чёткого указания, кто же они такие. По-видимому, это были либо астрологи-гадатели, либо (по редакции Евангелия от Луки) просто пастухи. В любом случае это должны были быть люди, профессионально занимающиеся наблюдениями звёздного неба и прекрасно ориентирующиеся по нему, иначе бы они «по звезде» никогда бы не вышли в заданный квартал г. Вифлеема. Прибыли они «с Востока», что предполагает их приход в Палестину из междуречья Месопотамии, где астрономическая наука в древние времена была существенно более продвинутой, нежели в других местах.

Относительно «путеводной звезды» имеющаяся информация также позволяет сделать ряд выводов.

Во-первых, объект «звезда» должен быть достаточно ярким, чтобы быть чётко отождествляемым невооружённым глазом даже в условиях сумерек. Это означает, что в качестве нижней границы его яркости можно принять яркость Венеры (звёздная величина $-4^{\mathrm{m}}$), а верхней — молодой Луны (около $-10^{\mathrm{m}}$). Более яркий небесный объект, например, как полная Луна (величина $-13^{\mathrm{m}}$) менее вероятен, так как привлёк бы к себе поголовное внимание, преждевременные и ненужные толки, и наверняка бы остался зафиксированным в тех или иных исторических документах.

Во-вторых, объект был достаточно компактным, иначе его квалифицировали бы не как «звезду», а как зарево, луч, облако или ещё что-нибудь в этом роде. Термин «звезда» ограничивает его видимые размеры диском Луны (0,5 градуса).

В третьих, время существования данного объекта должно быть достаточно продолжительным, иначе он не выполнит свою сигнально-путеводную функцию для волхвов. Разумно предположить, с учётом скорости передвижения и общественных реакций в ту эпоху, что «звезда» была наблюдаема в течение не менее месяца и не более года.

В-четвёртых, весьма желательно организовать перемещение «звезды» по небу в нужном направлении, не слишком медленно, чтобы оно было замечено специалистами-профессионалами, но и не слишком быстро. Скажем, одно созвездие за один-два месяца нас и волхвов вполне бы устроило. Это существенно меньше, чем скорость перемещения по небу Луны (около 12 град/день) и примерно соответствует скорости движения по небу Солнца (1 град/день) и планет.

В-пятых, объект, наблюдаемый одновременно из нескольких царств, пусть даже и столь карликовых, как Иудея в то время, должен находиться на расстоянии не ближе 300–500 км, т. е. заведомо за пределами атмосферы Земли.



Наконец, в-шестых, желательно, чтобы объект «звезда Рождества» обладал бы тем ценным свойством, что сразу после выполнения своей миссии он бы исчез, не оставляя при этом никаких явных следов ни на земле, ни на небе.

Из возможных претендентов на роль рождественской звезды мы можем, по-видимому, сразу отсечь все атмосферные явления, будь то радуга, шаровая молния, или свечение газов. Также не подходят метеоры, т. е. космические пылинки, сгорающие в верхней атмосфере, ввиду их «мимолётности». По причине быстроты движения могут быть отвергнуты все низкоорбитальные спутники Земли и космические станции, столь красиво смотрящиеся на современном ночном небе (и которых в ту эпоху, по-видимому, ещё не было). Едва ли это была планета Венера, просто потому, что её свечение в виде «утренней» или «вечерней» звезды столь регулярно и обычно, что никем бы не было воспринято в качестве какого-либо сигнала. Более того, древние майя и инки вели регулярный календарь, согласованный с фазами Венеры.

Принципиально важно, чтобы в Рождество ничего не падало с неба вниз. Как написал один юный участник Турнира, рождественская звезда — это комета, которая появилась у Земли, чтобы показать место рождения младенца Христа, и которая прилетела прямо к нему в колыбель. Одна такая комета, весело помахивая хвостом, к нам уже прилетала. Это случилось в 1908 г., прилетел маленький фрагмент (осколок) кометы Энке, и все это теперь известно под названием «Тунгусская катастрофа». При этом тайгу в Сибири повалило на многие десятки километров, а ударная волна несколько раз обогнула земной шар. Впечатляющим зрелищем было падение фрагментов кометы Шумейкера–Леви–9 на Юпитер 16–22 июля 1994 г. Энергия взрывов оценена в 6 миллионов водородных бомб по 1 мегатонне каждая (хорошо, что Юпитер при этом был от нас дальше, чем Вифлеем). В качестве ещё одного наглядного примера последствий падений из космоса можно привести метеоритный кратер в Аризоне (диаметр 1240 м). Даже падение самых обычных метеоритов (средний вес которых составляет 3–15 кг) для младенца нежелательно, а в других местах замечено при этом не будет.

Первым серьёзным претендентом является взрыв сверхновой звезды. С астрофизической точки зрения это событие происходит на поздних стадиях эволюции массивных звёзд. После завершения этапа горения гелия в звезде образуется углеродно-кислородное ядро, которое затем, в зависимости от массы звезды и конкретного сценария эволюции, претерпевает гравитационный коллапс или термоядерный взрыв, за счёт которого сбрасывается большая часть первоначальной массы звезды. К классу сверхновых относятся вспышки звёзд с потоком излучения, превышающим $10^{41}$ эрг/с, и суммарной энергией в оболочке до $10^{51}$ эрг. Скорость расширения оболочки достигает 14000 км/с. Блеск звезды за 10–15 суток увеличивается в миллионы и миллиарды раз, иногда превосходя суммарную светимость всей родительской галактики. После 20–30 дней максимума наступает плавное уменьшение яркости звезды, так что общая длительность инструментального наблюдения сверхновых может достигать почти года. После взрыва на месте прежней звезды остается нейтронная звезда в центре и расширяющаяся оболочка вокруг неё. В нашей Галактике обнаружено более сотни таких остатков сверхновых. Самым известным из них является Крабовидная туманность в созвездии Тельца, в центре которой находится пульсар. Как было установлено, соответствующая ей вспышка произошла в 1054 г. и была описана в китайских хрониках, как «звезда-гостья». Всего в нашей Галактике за последние 1000 лет произошло 6 таких событий. Два из них непосредственно наблюдались Тихо Браге в 1582 г. и Иоганном Кеплером в 1604 г. Их видимая яркость была сопоставима с Венерой. Удивительно, однако, что последняя вспышка около 1658 г., породившая ярчайший радиоисточник Кассиопея А, не была зафиксирована астрономами того времени.

Сверхновые звёзды хорошо использовать в качестве сигнала об исключительно важном событии ещё и потому, что они имеют действительно вселенское значение. Только в процессе взрывов сверхновых формируются все химические элементы с массой больше Fe (железа)[8], и обогащённая тяжёлыми элементами газовая смесь выбрасывается в космос. Благодаря сверхновым образуется исходный материал для последующего создания любых планет и их обитателей. К сожалению, среди известных сейчас остатков мы не можем указать «достойного кандидата» на момент начала н. э. (Рождества Христова).

Следующим возможным претендентом на роль «Вифлеемской звезды» является т. н. «парад планет», т. е. сближение на небе нескольких ярких планет. Действительно, в 7 г. до н. э. в созвездии Рыб произошло тройное соединение Юпитера и Сатурна, таким образом, что их петли попятного движения по небу расположились очень близко, практически друг над другом. В течении всего этого года Юпитер и Сатурн (кстати, две наиболее яркие планеты, после Венеры) двигались почти синхронно на расстоянии не более 1,5 градусов на небе. При

[8] имеются ввиду химические элементы с атомным номером, большим, чем у железа (26)



этом трижды: 29 мая, 29 сентября и 04 декабря 7 года до н. э., — они сближались почти на угловой размер Луны (1/2 градуса), демонстрируя соединение в противостоянии. Выглядеть всё это должно было действительно шикарно.

Все эти явления совпали по времени со значительным «брожением умов» в Палестине между первой и второй Иудейскими войнами. Иудеи, находясь в состоянии оккупации Римской империей, уже много лет в соответствии с предсказаниями Ветхого завета ждали прихода мессии-освободителя. При этом Сатурн считался «звездой иудеев», а Юпитер, по поверьям, приносит счастье. К тому же, эта впечатляющая небесная картина разворачивалась в Рыбах, т. е. непосредственно рядом с точкой весеннего равноденствия, да ещё и в эпоху её «исхода» из созвездия Овна (см. вопрос № 1, стр. 12). Так что вовсе не исключено, что «небесный танец» двух «высочайших» планет (а Юпитер и Сатурн по представлениям той эпохи были крайними и последними планетами мироздания) действительно мог вызвать весьма широкие общественные обсуждения и религиозные толкования. Кстати, весь период тройного соединения не только предоставляет волхвам время, необходимое для их миссии, но и хорошо согласуется с интервалом между Благовещением и Рождеством.

Определённым недостатком парада планет является то обстоятельство, что это явление общее для всей Земли и не способно служить указателем ни на конкретный регион земного шара, ни на конкретный город, ни уж тем более на конкретный хлев.

Традиционным исполнителем данной роли «звезды» считается комета. Наиболее известной иллюстрацией на эту тему является знаменитая фреска Джотто «Поклонение волхвов»(1305 г.) в часовне Арена в Падуе, на которой натурой для Вифлеемской звезды послужила не менее знаменитая комета Галлея в свой приход к Земле в 1301 г.

Кометы, как известно, — это малые тела Солнечной системы (размер ядра кометы Галлея — 11 км), состоящие из замёрзших газов и пыли и движущиеся по очень вытянутым орбитам. Будучи совершенно незаметны в обычный период своего существования, при приближении к Солнцу они начинают испаряться, сильно «вырастают» в размерах и яркости и при прохождении близко от Земли представляют собой фантастическое зрелище «хвостатой» или «косматой» звезды (coma = волосы, comma = запятая). Неожиданно для многих они появляются на небе, разгораясь, пролетают заметный путь на фоне звёзд, и через неделю или месяц-другой вновь скрываются в глубинах космоса. Как написал в своей работе Александр Алексеев: «Это легко установить, проверив записи астрономов того времени в других точках Земли, комета должна была быть видима и в других местах». Это верно, но, к сожалению, по сравнению с Древней Грецией или Вавилоном, данная эпоха отличается значительно более низкой наблюдательной культурой и отсутствием письменных астрономических источников.

Хвост кометы при этом может служить почти идеальной стрелкой — указателем направления. В принципе, можно даже так подгадать траекторию движения кометы и момент её «запуска», чтобы на начальном этапе она была видна на западной половине неба и «вела» волхвов с востока в Иерусалим, затем, после их беседы с Иродом, перешла бы на восточную сторону и повела их обратным курсом на Вифлеем, а в момент, когда волхвы бы подошли к нужному месту, вошла бы в соединение с Солнцем и исчезла. В любом случае комета (непериодическая) очень хорошо выполняет 6-е требование к «рождественской звезде»: после околоземного пролёта она или исчезает в глубинах космоса, или падает на Солнце, не оставляя после себя следов. Соответственно, и проверить данное предположение также не представляется возможным.

Во всяком случае, полного соответствия всем требуемым по тексту Евангелия наблюдательным параметрам ни один из возможных астрономических объектов не обеспечивает. Это означает либо неточность, допущенную в тексте при его написании и последующем редактировании, либо отсутствие самого события.

Наиболее простым решением данной проблемы с точки зрения современных технологий представляется развёртывание в заданное время в одной из точек либрации большого направленного солнечного отражателя, аналогичного российскому космическому проекту «Знамя». К счастью, службы наблюдения за космическим пространством до настоящего времени не обнаружили каких-либо объектов искусственного происхождения, могущих иметь столь длительное время своего прежнего существования, как 2000 лет.

**Типичные ошибки:**
— Извержение вулкана.
— Взрыв газа в атмосфере.
— Шаровая молния.
— Падение кометы, метеорита.
— Обыкновенная Венера.
— Яркая вспышка на Солнце.
— Неопознанный летающий объект.

**Нетривиальные версии:**
— Зажглась новая звезда, и люди приняли ее за Божий знак.



— Это событие хорошо подходит как символ нового тысячелетия.
— Люди тогда были необразованные и суеверные.
— Звёздный дождь.
— Скопление космической пыли.
— Могла бы подойти пятиконечная звезда.
— Солнечное затмение — это Варфоломейская звезда.
— Т. к. волхвы шли в Вифлеем пешком, следовательно они могли двигаться примерно с одинаковой скоростью с кометой.
— Взрыв звезды за $x$ лет до Рождества, где $x$ — расстояние до неё в световых годах.
— Звезда стала пульсировать и тем самым привлекала больше внимания.
— Очень много легенд и мифов связано со звездой Сириус. Эта звезда чем-то напоминала крест по внешнему виду.
— Прибытие инопланетян.

**Критерии оценок:**
Описание рождественской звезды — 1;
Комета — 1;
Соединение (парад) планет — 1;
Сверхновая — 1;
Итого баллов — 4.

**Вопрос № 3.** *Сколько дней в 2000 году? А сколько дней в году может быть?*
**Ответ.** В каждом году 365,24218993 суток, в 2000 г. (календарном) 366 дней, а может быть: 184, 281, 352, 355, 360, 365, 366, 455, 487 дней и т. д. (см. комментарий).
**Комментарий.** Кто бы мог подумать, что вопрос № 3 абсолютным большинством участников Турнира будет воспринят, как тривиальный! Почти все ограничились написанием одной только цифры «366», и все. А вопросик-то на первый взгляд простенький, да каверзный! Цифра «2000» присутствует в большинстве вопросов по астрономии по существу, но как раз здесь — как отвлекающая. Главная часть вопроса — вторая. Бойтесь простых вопросов!

Все рассуждения о том, что обычно в году 365 дней, но раз в 4 года случается високосный, имеющий 29 февраля, имели значимость только для учащихся до 6 класса включительно, которые получали за это 1 балл. Для 7 класса и старше это считалось самоочевидным, и первый балл участники получали в случае, если указывали, что истинная продолжительность года составляет примерно 365 с четвертью суток.

Никто (!) не написал при этом очевиднейшую вещь, а именно: пример того, когда (а точнее, где) в году всего один день (специально подсказывать не буду — сами догадаетесь!).

Итак, что же такое 2000 год? В астрономии для планеты Земля существуют и используются следующие годовые интервалы:

| Название года | Продолжительность | Интервал времени между: |
|---|---|---|
| Календарный григорианский | 366 суток ровно (високосный) | 1 января данного и 1 января следующего григорианского года |
| Календарный юлианский (он же церковный) | 366 суток ровно (високосный) | 1 января данного и 1 января следующего юлианского года |
| Тропический | 365,24218993 . . . | равноденствиями |
| Сидерический | 365,25636331 . . . | относит. неподвижных звёзд |
| Аномалистический | 365,25963535 . . . | прохождениями через перигелий |
| Драконический | 346,620031 . . . | циклами затмений |

При ответе на вторую (и основную) часть вопроса каких только чисел не называли! От 334 до 386 дней !! Правильные ответы с точки зрения календаря такие: 184, 281, 352, 355, 360, 365, 366, 455, 487 дней.

Все эти «календарные казусы» происходят по одной простой причине: длительность оборота Земли вокруг своей оси (сутки) и длительность её оборота вокруг Солнца (год) никаким образом не совпадают и не соотносятся между собой. Продолжительность тропического года (т. е. интервала времени от равноденствия до равноденствия) составляет 31556925,9747 . . . секунд, причём с течением времени это число изменяется примерно на 0,5 секунды за столетие. В пересчёте на средние солнечные сутки это составляет 365,24218993 . . . суток (или 365 дней 05 часов 48 минут 45,9747 . . . секунд). Создание системы, которая бы считала дни в году с минимальными отклонениями от реального движения Земли, и есть проблема календаря, которая на протяжении многих тысячелетий по-разному решалась разными народами и цивилизациями. К сожалению, оптимального и вполне точного календаря мы не имеем до сих пор. Кроме этого, при любой из календарных реформ неизбежно изменяется продолжительность данного года.

В Древнем Египте действовал календарь из **360** дней. 36 отрезков времени по 10 дней (т. н. «деканы») посвящались мелким местным богам. Когда боги объединялись «по трое», получался месяц в 30 дней. К этой календарной системе добавлялись ещё 5 «внекалендарных» дней,



посвящённые главным богам Египта, и в итоге получался период в **365** дней. Этот официальный цикл, естественно, ежегодно отставал от истинного года на $\frac{1}{4}$ дня. В итоге, жрецы праздновали официальные праздники в одно время, а крестьяне занимались своим делом совсем даже в другое. За период продолжительностью в 1461 год официальный календарь совершал полный оборот (т. н. «цикл Сотис») и вновь совпадал с сезонами года.

Алексей Федорцов совершенно справедливо замечает, что существуют также и лунные календари, в которых число дней в году заведомо другое. Действительно, поскольку в любом лунном календаре число месяцев разное, то, например, еврейский лунно-солнечный календарь в пределах 19-детнего цикла имеет года продолжительностью в 353, 354, 355, 383, 384, 385 дней.

Во времена республики Древний Рим также пользовался лунным календарём, и в результате путаницы накопившаяся ошибка относительно солнечного календаря достигала 80 суток. Как сказал Вольтер: «Римские полководцы всегда побеждали, но никогда не знали, в какой день это случалось». В 46 г. до н. э. в рамках реформы календаря Юлия Цезаря, которую проводил астроном Созиген из Александрии, начало года в общегражданском календаре было перенесено на 1 января. При этом дата начала года существенно переместилась из-за перекройки всей системы месяцев (исчез переменный месяц марцедоний, изменилась продолжительность февраля и других месяцев), а сам 46 г. до н. э. имел 15 месяцев и продолжался 455 (!) дней. Тогда же было введено понятие високосного года с добавлением 1 дня в феврале. Как удачно сказал один юный участник Турнира: «Земля четыре круга проходит за $365\frac{1}{4} + 365\frac{1}{4} + 365\frac{1}{4} + 365\frac{1}{4}$, а человек считает $365 + 365 + 365 + \mathbf{366}$». Юлианский год имеет продолжительность 365,25 суток, что превышает длительность истинного года на 11 минут и 14,79 секунды.

В 1582 г. (4 октября) папа Григорий 13 своей буллой ввёл новый календарь. Его истинными авторами были математик Лиуджи Лилио Гаралли из г. Перуджи и астроном Петрус Пилат из г. Вероны. После четверга 4 октября наступила пятница 15 октября, при этом произошла подвижка календаря на 10 дней вперёд без смены счёта дней в неделе, 1582 год сократился до 355 дней, а религиозные праздники благодаря этому вновь вернулись на прежние места: Пасха — к весеннему равноденствию, а Рождество — к зимнему солнцестоянию.

Формулу григорианского календаря можно представить в виде трёх правил. Если номер года делится на 4, то он — високосный (аналогично юлианскому календарю добавляется 29 февраля); если делится на 100 —

невисокосный; а если делится на 400, то вновь високосный. Таким образом, григорианский цикл имеет 97 високосных годов за 400 лет, и продолжительность григорианского года — 365,2425 суток. Отличие от истинной продолжительности года составляет всего 26,79 секунд.

2000 г. является исключительным в истории человечества (вместе с 1600 г.), поскольку только в эти два года все три правила григорианского календаря действовали. Тем не менее, в 1622 г. Папская канцелярия вновь перенесла точку начала отсчёта года с 25 марта (как было) на 1 января (как теперь), сократив тем самым этот год до 281 дня.

Но всё же оба мировых рекорда длительности календарного года, как минимальной, так и максимальной продолжительности, — в России! Знай наших!!

На Руси до 10 века год начинался с новолуния после дня весеннего равноденствия, а затем после крещения Руси князем Владимиром Святославовичем в 988 г. начало года стали считать от 1 марта. В 7000 г. «от сотворения мира» (1492 г.) в качестве общегражданского ввели церковный «византийский» календарь и начало года стали отсчитывать с 1 сентября. Отрезок времени от «старого» нового года до «нового» нового года при этом составил всего **184** дня. Далее, 20 декабря 7207 г. (1699 г.) вышел указ Петра 1 о переносе даты нового года на 1 января, но не григорианского, а опять-таки юлианского календаря. Это случилось потому, что протестантская Голландия (на которую Пётр равнялся) в то время «в пику» папе тоже всё ещё жила «по-старому», юлианскому календарю. Из-за петровской реформы год 7207-й в России продолжался **487 (!!)** дней.

И хотя голландцы и всё остальные европейцы быстро одумались, нам потребовалось ещё два века и Декрет Совета народных комиссаров от 24 января 1918 г., чтобы РСФСР и Финляндия тоже перешли на «григорианский» календарь (новый стиль). При этом мы потеряли уже 13 дней, т. к. после 31 января наступило 14 февраля, а всего в «нашем» 1918 г. было 352 дня. Из-за этого, кстати, годовщины Октябрьской революции у нас всегда отмечались в ноябре, а Февральской — в марте; сначала мы празднуем Новый год (т. е. обрезание И. Христа), а только 7 дней спустя — его Рождество.

Видимо, по тем же причинам, что и Голландия в 17 веке, РПЦ до сих пор использует юлианский календарь (формально Юлий Цезарь исполнял должность самого «Верховного Бога», а папа — нет, по рангу он всего лишь «наместник»). А кроме того, у нас есть самый любимый истинно «народный» праздник, который для других наций и вовсе немыслим — это Старый Новый год.



Интересным аспектом вопроса о числе дней в году является зависимость количества дней от геологических эпох нашей планеты. Например, Елена Трепалина в своей работе замечает: «Когда-то давно, когда Земля была ближе к Солнцу, год был короче». Несмотря на большую сложность вопроса об устойчивости нашей планетной системы в целом (см. вопрос № 5, стр. 35), мы можем с интересующей нас сейчас точностью считать, что за период эволюции Земли, как планетного тела (т. е. 3,5–4,5 млрд. лет), её расстояние от Солнца существенно не менялось. Соответственно, не изменялся существенно и период обращения Земли, т. е. год. Однако, за счёт притяжения Луны за это время существенно изменился период вращения Земли вокруг своей оси, т. е. продолжительность суток. Лунные приливы играют роль «тормоза» для Земли, поэтому длительность суток постоянно возрастает, а их число в году — уменьшается. Если сейчас в году 365,25 суток, то при расцвете млекопитающих (палеоцен, 67 млн. лет) в году был 371 день, при динозаврах (юра, 180 млн. лет) — 381 день, при хвойных растениях (пермь, 275 млн. лет) — 390 дней, при выходе животных на сушу (девон, 400 млн. лет) — 400 дней, а при переходе к морским беспозвоночным (кембрий, 600 млн. лет) — до 424 дней. Эти данные были получены из анализа линий роста кораллов и по другим годичным и суточным циклам. Интересно также, что в древние эпохи и синодический месяц (т. е. период фаз Луны) также был короче, т. е. Луна находилась ближе к Земле и вращалась вокруг неё быстрее.

Всего несколько участников Турнира догадались, что формулировка вопроса № 3 предполагает подсчёт числа дней в году и на других планетах тоже. Здесь есть значительное разнообразие возможностей.

Ближние к Солнцу планеты из-за приливных эффектов находятся в т. н. «гравитационных резонансах». Например, Меркурий делает ровно три оборота вокруг своей оси за два меркурианских года, соответственно, на Меркурии в году **1,5** меркурианских дня. Венера за 5 венерианских суток (длительностью 116,78 земных суток) совершает ровно один синодический период 583,92 суток, т. е. проходит интервал между её максимальными сближениями с Землёй в нижнем соединении. Поскольку венерианский год длится всего 224,701 земных суток, то на Венере в году уже несколько больше — 1,92 венерианских дня. Забавно, что Венера при этом вращается относительно орбиты и других планет в обратную сторону, Солнце на ней восходит на венерианском западе, и формально можно считать, что число дней в году на Венере отрицательное: (**−1,92** дня). Марс в этом смысле подобен Земле, на нём продолжительность дня 1,026 от земного, и в году там 669,6 дня.

Но уж зато на планетах-гигантах дней в году предостаточно. Все они вращаются очень быстро (экваториальный период около 10 часов), а год у них длинный. На Юпитере 10565 дней, на Сатурне — 25233 дня, на Уране — 68084 дня, на Нептуне — 91426 дней. Правда, Уран вращается «лёжа на боку», так что в некотором смысле на нём, как и на полюсах Земли, — **один** день в году. Продолжительность дня на Плутоне известна не точно, но он вращается значительно медленнее планет-гигантов.

**Типичные ошибки:**
— 365.
— 360.
— А может быть больше, может и меньше.

**Нетривиальные версии:**
— В 2000 г. столько дней, сколько и положено, т. е. 356.
— Независимо от того високосный год или нет, дней 360.
— Может быть 364, 365, 366 дней.
— 365 дней, 6 часов и, как говорил Мюнхгаузен, ещё 3 секунды.
— В 2000 г. 365 дней, а в 2001 г. будет 366 дней.
— 366. может быть 365 и раз в 400 лет — 367 дней.
— 365 — нормальный год, раз в 4 года — високосный (366), раз в 25 лет — 367 дней, раз в 50 лет — 368 дней.
— Сколько угодно, смотря какой народ.
— Когда составили календарь, на четвёртый год все были очень удивлены, поскольку новогодняя звезда не появилась.
— Чтобы не отмечать Новый год в 6 утра, каждый 4-й год формируют лишний день.
— Век всегда начинается с високосного года.
— Ранее длина орбиты Земли была меньше, и во время мезозоя «год» мог быть равным 200 дням.

**Критерии оценок:**
Необходимость високосных годов — 1;
Разница юлианского и григорианского счета — 1;
Астрономическое понятие года — 2;
Календарные реформы — 2;
Другие планеты — 2;
Итого баллов — 8.

**Вопрос № 4.** *В среднем за 2000 лет весь свободный кислород атмосферы Земли проходит через цикл фотосинтеза. Сколько (примерно)*



*раз на нашей планете растениями воспроизводились молекулы* $O_2$, *аналогичные тем, которыми Вы в данный момент дышите?*
**Ответ.** Около 2 000 000 раз.
**Комментарий.** Довольно часто встречалась неверная интерпретация сути вопроса; когда смысл рассуждений сводился к тому, что поскольку много растений и много молекул, то невозможно посчитать число актов фотосинтеза точно. Также в этом вопросе не требовалось пытаться решать вероятностную задачу о судьбе каждой конкретной молекулы, попавшей в Ваши легкие. Эта комбинаторная задача слишком сложна даже в порядке её рассмотрения.

Речь в данном случае идёт о том, что на нашей планете Земля имеется атмосфера, масса которой составляет около $5{,}1 \cdot 10^{21}$ г и газовый состав которой разнообразен и переменен с высотой и со временем. В настоящее время возле поверхности основную долю атмосферы составляют 7 газов (указаны их объёмные доли):

| $N_2$ | $O_2$ | $H_2O$ | Ar | $CO_2$ | Ne | He |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,7808 | 0,2095 | $< 0{,}028$ | 0,0093 | 0,00032 | 0,000018 | 0,000005 |

В оболочках Земли осуществляется круговорот кислорода, аналогично круговороту воды в природе. Свободный кислород в атмосфере мы можем рассматривать, как некоторый банк молекул, который (как и любой другой банк или бассейн) имеет приток (приход) и сток (расход). Кислород является активным окислителем, и расход его молекул осуществляется через весьма большое разнообразие химических реакций (от горения дров в костре до ржавчины на велосипеде). Одной из многих в этом ряду является превращение кислорода в углекислый газ в процессе дыхания животных вообще и человека, в частности. Очевидно, что данный расход кислорода в земной атмосфере Земли заведомо пренебрежимо мал по сравнению с другими. Существуют многие другие химические реакции (например, переход в озон $O_3$) и физические процессы (например, растворение в водах Мирового океана), которые, как мы можем предполагать, с интересующей нас сейчас точностью являются взаимообратными, т. е. происходят с равной скоростью в обе стороны и, следовательно, не влияют на итоговое обилие $O_2$. Наконец, единственным (по крайней мере, единственным существенным) поставщиком свободного кислорода в атмосферу является реакция его фотосинтеза зелёными растениями.

Напомним, что хлоропласты растений содержат специфические пигменты (хлорофилл), молекулы которого способны поглощать лучи красного и синего участков спектра (поэтому, кстати, сами растения имеют цвет отражённого излучения, т. е. зелёного). При этом хлорофилл переходит в возбужденное состояние, выделяя свободный электрон и запуская серию окислительно-восстановительных реакций в хлоропласте (фотохимическая или световая фаза фотосинтеза). Присутствующие в растворе молекулы воды находятся в виде комбинации ионов $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$. В результате ряда ферментных превращений образуются молекулы АТФ и комплекс НАДФ*Н, в состав которого включается ион $H^+$. Освободившиеся ионы $OH^-$, возвращая электроны $e^-$ хлорофиллу, образуют молекулы $O_2 + H_2O$. В ходе второй, термохимической или темновой части фотосинтеза АТФ и образованный восстановитель (НАДФ*Н) участвуют в биохимических превращениях углекислого газа $CO_2$, который ассимилируется в органические кислоты и углеводы. Затем поглощённый из атмосферы углерод в этом виде используется организмами для всех дальнейших биосинтезов, для роста и т. д.

Каждый человек для дыхания потребляет в сутки около 500 л кислорода, а годовая потребность 1 человека обеспечивается жизнедеятельностью 10–12 деревьев среднего возраста.

А ты поблагодарил сегодня дерево?

Очевидно, что общее обилие кислорода в атмосфере определяется соотношением скоростей реакций по его поставке и расходу. Если его производство растениями будет происходить существенно быстрее, чем его потребление, то обилие кислорода в атмосфере будет возрастать. Если мы (и другие планетарные пользователи) будут увеличивать расход кислорода, то его обилие будет уменьшаться, а обилие углекислого газа, напротив, возрастать. По-видимому, в настоящее время в глобальном масштабе имеет место развитие именно такого сценария. Значительные площади лесов на нашей планете катастрофически быстрыми темпами уничтожаются, а сжигание углеводородных топлив в современном технократическом обществе потребления столь же катастрофически нарастает. Как точно отмечал один из писателей, в наше время автомобили и другую технику уже можно рассматривать, как особый техногенный вид, активно конкурирующий с человеком за свободные ресурсы кислорода в атмосфере Земли. Например, один трансконтинентальный перелёт лайнера по количеству сожжённого кислорода «стоит» столько же, сколько суточная потребность 100 000 чел (!).

Каждая произведённая молекула $O_2$ имеет свою судьбу: она может или в ту же секунду быть истрачена (что маловероятно), или хоть всю геологическую историю Земли 4 млрд. лет «витать в облаках» (что также маловероятно). Поскольку все молекулы в воздухе активно



перемешиваются, мы вполне можем считать их идентичными друг другу, рассматривать их «среднюю» судьбу и оценивать их среднее время жизни. По оценкам, для современной Земли это время составляет около 2 000 лет. Это можно понимать так, что молекула $O_2$, которую вы только что вдохнули, до этого момента 2000 лет свободно летала в воздухе, или что то же самое, была произведена каким-либо растением как раз в эпоху Рождества Христова (например, его пальмовой веткой, почему бы и нет?). Или, в других терминах, скорости производства и потребления кислорода таковы, что весь банк молекул $O_2$ полностью обновляется за 2000 лет (примерно).

Теперь мы можем оценить число таких циклов «возобновления» кислорода. Будем считать, что атмосфера Земли стала «кислородсодержащей» между архейской и протерозойской эрами, около 3 млрд. лет назад. Тогда, разделив этот период времени на длительность цикла в 2000 лет, мы получим 1 500 000 раз. Однако, заведомо понятно, что обилие $O_2$ в атмосфере не могло быть постоянным, поскольку свободный кислород накапливается по мере жизнедеятельности растений. Переменность газового состава земной атмосферы в прежние геологические эпохи точно пока не установлена. Очевидно также, что уменьшение обилия $O_2$ означает увеличение числа циклов его воспроизводства. Иными словами, в архейскую эру, когда свободного кислорода в атмосфере было очень мало, он расходовался быстрее, и время его жизни было меньше, чем теперь. С учётом имеющихся неопределённостей правильными признавались те ответы, в которых число циклов производства $O_2$ называлось от 500 000 до 3 000 000 раз. Иными словами, в среднем **2 млн. раз** (!) растения воспроизводили молекулы $O_2$ на нашей планете, которыми мы в настоящее время пользуемся для дыхания.

Основной поставщик кислорода с древнейших времён до настоящего времени — это сине-зелёные водоросли. Именно они сделали на этой планете кислородную атмосферу в её нынешнем виде, это они позволили всем остальным растениям и животным существовать и развиться до сегодняшнего состояния. А мы?

**Типичные ошибки:**

— Раньше были другие растения.

— И сосчитать это не удавалось никогда. Одни растения погибали, другие вырастали.

**Нетривиальные версии:**

— Каждый день фотосинтез происходит 2 раза: днём $CO_2 \to O_2$, и ночью $O_2 \to CO_2$.

— Два раза: один раз до н. э., другой — в нашу эру.
— Два раза до нашей эры и один раз в нашу эру.
— В 1 день цикл фотосинтеза происходит 2 раза — утром и вечером.

**Критерии оценок:**
Круговорот кислорода в атмосфере — 2;
Понятие о скоростях реакций и обилии — 1;
Оценка числа циклов — 1;
Переменность газового состава атмосферы — 3;
Итого баллов — 7.

**Вопрос № 5.** *Может ли в Солнечной системе существовать 2000 планет? Могут ли планеты быть на произвольном расстоянии? Может ли измениться их порядок?*

**Ответ.** По состоянию на декабрь 2000 г. в нашей Солнечной системе имеется 9 больших планет, 1 кандидат в 10-ю планету, более 12 000 малых планет (астероидов), из которых около 200 обнаружены за Плутоном в поясе Койпера. Расстояния больших планет в целом подчиняются правилу Тициуса-Боде, орбиты малых планет не могут находиться в зонах гравитационных резонансов. Часть орбиты Плутона расположена ближе к Солнцу, чем Нептун.

**Комментарий.** Действительно, а сколько же планет в нашей Солнечной системе? Пожалуй, начнём с того, что с древнейших времен человечество знало 7 планет, или сфер (ср.: «быть на седьмом небе»). Ближайшей к Земле считалась сфера Луны; отсюда пошло выражение «подлунный мир». Относительно расположения сфер других близких планет были некоторые споры. Птолемей (см. «Альмагест», кн. IX, гл. 1, ок. 140 г. н. э.) считал, что сфера Солнца разделяет те планеты, которые всегда движутся около него, т. е. «нижние» планеты (Меркурий и Венера), и те, которые могут находиться на любом от него расстоянии, т. е. «верхние» планеты (Марс, Юпитер и Сатурн).

В системе мира Коперника («Об обращении небесных сфер», 1543 г.) число планет уменьшилось до 6. Солнце «пошло на повышение» и стало центральной звездой нашей системы. Луну, напротив, «разжаловали» до статуса спутника Земли. Саму Землю также «понизили в должности», и из центра мироздания она стала всего лишь планетой № 3.

По мере развития телескопической техники были открыты ещё 3 планеты: 13 марта 1781 г. Вильям Гершель открыл Уран; 23 сентября 1846 г. Галле «по наводке» Леверье обнаружил Нептун, а 18 февраля 1930 г. Томбо по вычислениям Ловелла и Пикеринга «поймал» Плутон. В течение 18–19 вв. были многочисленные попытки обнаружить ещё



одну планету между Солнцем и Меркурием, даже имя ей подготовили заранее: «Вулкан»; но, увы … Таким образом, на момент проведения Турнира Ломоносова 01 октября 2000 г. в Солнечной системе было известно 9 «больших» планет. Я не случайно указываю точную дату (01.10.2000 г.), т. к. далее будет приведена информация о «10-й планете», поступившая в декабре 2000 г.

Вопрос о порядке расположения планет и закономерности их расстояний от Солнца также издревле волновал учёных. Системы мира Птолемея и Коперника определяли только их качественный порядок, но не давали каких-либо количественных оценок. И. Кеплер в 1595 г. в своей первой книге «Введение в трактат о мире, содержащее в себе тайну Вселенной» («Космографическая тайна») сделал попытку объяснить наблюдаемые расстояния до планет. Он предположил, что расстояния между орбитами задаются всего пятью правильными многогранниками, известными в геометрии: от тетраэдра и куба до октаэдра.

В 1766 г. немецкий астроном Иоганн Тициус указал на определённую числовую закономерность в размерах планетных орбит, а в 1772 г. И. Боде выдвинул гипотезу о существовании неизвестной планеты между орбитами Марса и Юпитера. Несмотря на организованную с 1796 г. целенаправленную «охоту» за новой планетой, 01 января 1801 г., в первый же день нового века, итальянский астроном Пиацци случайно обнаружил объект, который впоследствии был назван Церера и размер которого всего 755 км. Этим было положено начало открытиям «малых планет» или астероидов.

Правило планетных расстояний, известное как закон Тициуса-Боде, действительно весьма удовлетворительно объясняет зависимость радиусов орбит планет. Формула этого закона: $R = 0{,}4 + 0{,}3 \cdot 2^n$, где $n$ — номер планеты, $R$ — расстояние от Солнца до этой планеты в астрономических единицах (см. таблицу).

Таким образом, по крайней мере относительно больших планет можно точно утверждать, что они не могут находиться на произвольных расстояниях от Солнца; радиусы их орбит подчиняются геометрической прогрессии закона Тициуса-Боде (ЗТБ).

Что касается малых планет, то их общее число сейчас превышает уже 12 000, из которых около 8000 имеют определённые орбиты и постоянные обозначения, и большинство их орбит расположено в «поясе астероидов» от 2,2 до 3,6 астрономических единиц (а. е.)[9].

[9] 1 астрономическая единица $= 1{,}495989 \cdot 10^{11}$ м (радиус орбиты Земли)

| Планета | Номер по ЗТБ | ЗТБ, а. е. | Истинное расстояние, а. е. | Погрешность, % |
|---|---|---|---|---|
| Меркурий | $-\infty$ | 0,4 | 0,387 | 3,3 |
| Венера | 0 | 0,7 | 0,723 | 3,2 |
| Земля | 1 | 1,0 | 1,000 | 0 |
| Марс | 2 | 1,6 | 1,524 | 5,0 |
| Церера | 3 | 2,8 | 2,768 | 1,2 |
| Юпитер | 4 | 5,2 | 5,203 | 0,1 |
| Сатурн | 5 | 10,0 | 9,539 | 4,8 |
| Уран | 6 | 19,6 | 19,19 | 2,1 |
| Нептун | 7 | 38,8 | 30,07 | 29,0 |
| Плутон | 8 | 77,2 | 39,52 | 95,3 |

После открытия Гершелем Урана доверие астрономов к ЗТБ упрочилось; этот закон стимулировал поиски и открытия первых астероидов. Прямая заслуга ЗТБ и в открытии Нептуна, поскольку на нём основывались расчёты Леверье орбиты искомой планеты. Интересно отметить, что и системы спутников большинства планет-гигантов также демонстрируют геометрическую прогрессию орбит, которая во многих случаях помогала открытиям последующих неизвестных объектов.

Однако, нельзя пройти мимо и ряда отклонений от этого закона. Первым из них и наиболее очевидным является отсутствие большой планеты в поясе астероидов. Этот факт, а также ошибки, которые ЗТБ дает для Марса и Сатурна, следует, по-видимому, объяснять значительными приливными воздействиями их соседа — гиганта Юпитера. Наиболее очевидными являются расхождения для Нептуна и Плутона. В известном смысле можно даже говорить, что оба они претендуют на позицию № 7 (38 а. е. по ЗТБ).

Как известно, орбита Плутона резко отличается от орбит других планет нашей системы. Он имеет наклон орбиты более 17°, в то время как все остальные планеты-гиганты меньше 2,5°, а эксцентриситет орбиты 0,250 (почти в 5 раз больше, чем у Юпитера, Сатурна и Урана). За счёт этого орбита Плутона настолько вытянута, что достаточно большая её часть лежит «внутри» орбиты Нептуна. Этот «непорядок» продолжался целых 20 последних лет с 1979 по 1999 г. В 1989 г. Плутон проходил перигелий и находился при этом на расстоянии от Солнца всего 29,58 а. е., что на 33 млн. км (!) меньше, чем перигелий Нептуна (29,80 а. е.). Так что Плутон — это единственная большая планета нашей системы, которая меняет порядок планет на «законных основаниях».



Физическим объяснением действия ЗТБ для солнечной системы в целом и для систем спутников планет могут служить приливные эффекты между гравитирующими протопланетными частицами и телами. В космогонических теориях, рассматривающих эволюцию протопланетного газопылевого облака, найдены такие решения, в которых от центрального тела (прото-Солнца, протопланеты-гиганта) развиваются спиральные возмущения плотности, перерастающие затем в кольцевые зоны аккреции вещества, расстояния между которыми составляют геометрическую прогрессию. Как образно выразилась Маша Моросанова: «Планеты во время их образования расположились наилучшим образом». Соответственно, орбиту Нептуна можно рассматривать как границу зоны, где такие кольцевые структуры могли выделиться, и на месте которых затем могли образоваться регулярные большие планеты. Плутон и все последующие тела дальше него, находятся в зоне нерегулярного планетообразования, по-видимому, ещё не завершённого. Поэтому для Плутона и дальше закон Тициуса-Боде не действует.

Обескураживающая орбита Плутона, а также последующее открытие факта его двойственности (в 1978 г. оказалось, что это двойная система сравнимых по размеру тел Плутон-Харон) породило даже дискуссию о статусе Плутона в нашей системе. Стоит ли считать его действительно большой планетой № 9, или всего лишь самым большим транснептуновым телом, так сказать «недо-планетой»? Но, к счастью, Плутон устоял, и планет у нас осталось-таки 9 шт.

Интересное замечание приводит в своей работе Александр Алексеев: «Маловероятно возникновение 2000 центров концентрации вещества при процессе планетообразования, т. к. малые центры концентрации слились бы с большими». Действительно, по оценкам ряда работ, процесс формирования планет из газопылевого диска проходил очень быстро, просто лавинообразно. Уже через 40 млн. лет после распада диска на кольца скорость выпадения вещества на протопланету № 3 составляла около 15 млрд. тонн в час, так что ещё через 60 млн. лет Земля уже набрала почти полностью свою нынешнюю массу. От общего срока жизни нашей планетной системы в 4,5 млрд. лет процесс формирования планетных тел занял всего около 1% времени.

Дальше Плутона расположен т. н. «пояс Койпера», в котором находятся «остатки» протопланетного облака в виде многочисленных мелких тел типа астероидов или ядер комет. Они представляют собой сгустки пыли и замёрзших газов, размерами до десятков (сотен?) км, которые ещё никогда не объединялись в тела планетного типа. К настоящему моменту обнаружено около 200 таких трансплутоновых тел.

Малые планеты гораздо более свободны в выборе своих орбит, которые покрывают почти всю нашу систему. Однако, и для них существуют определенные «правила планетного движения». Астероиды не могут находиться на т. н. «запрещённых» орбитах, периоды вращения по которым находятся в целочисленных соотношениях с периодом обращения Юпитера (например: 4/3, 3/2, 7/3, 5/2, 3/1, 10/3 и т. д.). Масса Юпитера настолько большая, что даже у далёких астероидов, взаимное расположение которых с ним будет регулярно повторяться, за счёт приливного воздействия отклонения в пространстве будут суммироваться и накапливаться; рано или поздно такой астероид «раскачается» и будет «выброшен» со своей прежней орбиты. Если расположить все астероиды по возрастанию их орбит, то чётко будут видны те области, в которых они просто отсутствуют, т. н. щели или «люки Кирквуда».

С учётом малых планет вопрос об общем числе планет в нашей системе заходит в тупик. Очевидно, что чем меньшего размера астероиды мы сможем разглядеть, тем большее их число мы увидим:

| Размер, км | 500 | 150 | 50 | 15 | 5 | 2 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Оценка числа | 1 | 25 | 150 | 2000 | 5000 | 20000 | 70000 |

Общее число всех астероидов оценивается в 70 000 шт., а тела с размерами менее 1 км выделяются в следующий класс «метеороидов». Общая масса всех астероидов оценивается в 0,1 % массы Земли. К счастью, 97 % всех астероидов далеко от нас и расположены между 2,1 и 3,6 а. е.

Как пишет в своей работе Марина Витлина: «Планеты в Солнечной системе расположены как раз так, чтобы не особо притягиваться к другим». Это не совсем так, ибо планеты всегда, в силу закона всемирного тяготения притягиваются друг к другу, и друг на друга влияют. Другое дело, что система больших планет изначально образовывалась как единый ансамбль, и мы можем питать надежду, что этот ансамбль обладает достаточной устойчивостью во времени, раз наша система уже просуществовала 4,5 млрд. лет и не рассыпалась. По расчётам, орбиты планет совершают небольшие «качания» вокруг своих устойчивых положений, так сказать «не выходя за рамки приличий». Примерами же взаимного влияния планет остаются факт отсутствия планеты № 5 «Фаэтон», который из-за гравитационного воздействия Юпитера так и не сложился в единое целое, и явные гравитационные резонансы (согласования) периодов собственного вращения и орбитального движения, которые демонстрируют Меркурий и Венера (см. вопрос № 3, стр. 26). Однако следует сказать, что проблема устойчивости нашей планетной системы в целом и возможных гравитационных захватов и



катастрофических «перестановок» планет пока далека от своего окончательного разрешения.

04 декабря 2000 г. поступило сообщение, что за орбитой Плутона обнаружено некоторое тело (индекс 2000WR106), имеющее абсолютную звёздную величину $3{,}5^{\mathrm{m}}$ и находящееся на расстоянии 43 а. е. от Солнца. Это означает, что в зависимости от величины его альбедо (т. е. отражательной способности поверхности), оно может иметь размеры от 600 до 1200 км в диаметре. Поскольку большинство трансплутоновых тел достаточно тёмные, скорее всего, данный объект действительно имеет размер более 1000 км, что делает его кандидатом на звание «планеты № 10». Астрономы теперь будут внимательно следить за этим «кандидатом в планеты», чтобы определить точно его орбиту и размеры. После этого ему будет присвоен постоянный номер члена солнечной системы, а затем, по-видимому, развернётся некоторая дискуссия о том, каким же именем его назвать.

**Типичные ошибки:**

— Чем планета меньше, тем ближе она к Солнцу.
— Сила притяжения Солнца слишком слабая.
— Притяжение Солнца распространяется только на 9 планет и не распространяется на остальные планеты.
— Может существовать 2000 планет, но телескопы на Земле не такие сильные, чтобы их увидеть.
— Планеты не только притягиваются, но и отталкиваются, поэтому устойчивы на своей орбите.
— Планеты могут обгонять друг друга.
— Астероиды и прочий космический мусор летают произвольно.
— Если бы из них выстроился «парад планет», то они всей своей массой притянули бы Солнце.

**Нетривиальные версии:**

— Солнечная система — это как атом.
— Не может, т. к. мощность Солнца ограниченна.
— Солнечная система по своим размерам для этого совершенно не приспособлена.
— Если только ни одна из них не больше Солнца.
— 2000 планет могут находиться, только образуя планетарные кольца, т. е. цепь планет на одной орбите.
— Если бы Землю и Марс отделяли всего 1000 км, то Марс упал бы на Землю, Земля сошла бы с орбиты, и весь механизм Солнечной системы сломался бы.

— Сила притяжения больших планет могла бы уничтожить маленьких.
— Порядок может измениться из-за пятен на Солнце.
— Иногда может!
— Некоторые планеты можно поменять местами (Плутон и Меркурий, например).
— Планеты могут поменяться орбитами, если они движутся в разные стороны.
— Планеты-гиганты могли бы повлиять на Солнце или, объединившись с ним, повлиять на другие планеты. Всё это неприятно.
— Планеты образуются из грязе-пылевого облака.
— Планеты могут быть и чёрного цвета.
— Порядок может измениться, если одна система будет перекрещиваться с другой; их перетянут другие звёзды.
— Порядок планет может измениться только с изменением законов физики.
— Нет, произвольным ничто не может быть.
— В природе есть единственный пример произвола — человеческое мышление и поведение.
— Космос это другой мир, в нём все может быть.

**Критерии оценок:**
Большие и малые планеты — 1;
Численность различных планет — 2;
Закон планетных расстояний — 2;
Устойчивость орбит и резонансы — 2;
Плутон как исключение — 1;
Другие планетные системы — 2;
Итого баллов — 10.

**Вопрос № 6.** *На звёздах обнаруживают различные химические элементы, и даже некоторые молекулы, по их тёмным спектральным линиям. Откуда возникают эти темные линии* (*с температурой до* 2000 К) *? Могут ли в звезде атомы разных химических элементов иметь разные температуры* (*температура поверхности Солнца — около* 6000 К) *?*

**Ответ.** Внешние слои атмосфер звёзд более холодные, часть излучения поглощается атомами и наблюдается в виде тёмных спектральных линий.

**Комментарий.** Как известно, звёздами называют пространственно и физически обособленные космические объекты, светящиеся за счёт собственных внутренних источников энергии. Как правило, звёзды имеют



массу в диапазоне от 0,1 до 100 масс Солнца ($M_С = 1{,}989\cdot10^{33}$ г). В данном вопросе рассматриваются т. н. «нормальные» звёзды. В отличие от сжимающихся протозвёзд или вырожденных состояний остывающих звёзд на поздних стадиях эволюции, «нормальные» звёзды светятся за счёт термоядерных реакций синтеза гелия из водорода.

Бо́льшую часть всей массы видимой Вселенной в целом, и отдельных звёзд в частности, составляет водород (77,4 %) и гелий (20,8 %). Все другие химические элементы (1,8 % по массе) встречаются в значительно меньших количествах; их миллионные доли по массе следующие:

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 7 | 8 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 16 | 18 | 20 | 24 | 25 | 26 | 28 |
| C | N | O | Ne | Na | Mg | Al | Si | S | Ar | Ca | Cr | Mn | Fe | Ni |
| 3800 | 930 | 8500 | 1500 | 40 | 740 | 66 | 810 | 460 | 110 | 72 | 19 | 15 | 1400 | 81 |

Пропущенные в таблице химические элементы Li, Be, B, F, P, Cl, K, Sc, Ti, V, Co и все последующие имеют обилие ещё меньше. В целом обилие химических элементов заметно снижается при увеличении их порядкового номера (т. е. при увеличении массы их ядра A от 1 до 100) в среднем в 1 000 000 000 раз.

Тем не менее, некоторые звёзды проявляют удивительные особенности своего состава. В атмосферах ряда звёзд обнаружены атомы технеция (Tc), который нестабилен, или бария (Ba). Это может объясняться тем, что на поздних стадиях эволюции звёзд они более активно перемешиваются, и на поверхность выходят продукты ядерных реакций из выгоревшего ядра. В составе тесных двойных систем наблюдаются звёзды с повышенным содержанием металлов, т. н. «металлические» звёзды (класс Am). В звёздах класса C («углеродные» звёзды) обнаружено повышенное содержание тяжёлого изотопа $^{13}$C, относительное содержание которого достигает 0,25 при нормальном обилии около 0,01. Подобное «обогащение» возможно в зоне протекания ядерных реакций углеродного цикла.

Наиболее загадочной для ядерной астрофизики является звезда 3 Cen A. Она содержит гелий в количестве всего 2,3 % от водорода, причём на 84 % это редкий изотоп $^{3}$He. На этой звезде фосфора в 100 выше нормы, галлия — в 8000 раз, криптона — в 1300 раз, но зато кислорода меньше нормы в 6 раз.

Разумеется, вещество звёзд недоступно для непосредственного изучения, за исключением межпланетного солнечного ветра. Единственным способом определения их свойств является изобретённый И. Ньютоном спектральный анализ, т. е. разложение приходящего электромагнитного излучения в спектр в зависимости от длины волны и измерение его интенсивности. Атомы любого химического элемента, находясь в свободном состоянии, имеют строго определённую структуру электронных оболочек (энергетических уровней) вокруг ядра, поэтому электроны, переходящие с одного уровня на другой, излучают (или поглощают) кванты света также со строго определённой длиной волны. В спектре эти кванты будут проявляться на данной длине волны в виде увеличения яркости (линии излучения), либо, если атомы поглощают свет — в виде тёмных линий поглощения. Измеряя положение, интенсивность, ширину и форму спектральных линий, можно не только установить наличие определённых атомов или молекул на данном объекте, но и определить скорость движения объекта, его температуру, химический состав, и даже его вращение и величину магнитного поля. Не будет преувеличением сказать, что абсолютное большинство наших современных знаний об астрономических объектах мы имеем только благодаря изобретению спектрального анализа.

Как справедливо замечали некоторые участники Турнира, отдельный атом может иметь определённую скорость, т. е. кинетическую энергию, но понятие температуры по отношению к одному атому не имеет смысла. Температурой может характеризоваться только статически значимый ансамбль частиц, т. е. температуру может иметь определённое тело (или часть тела), и температура есть мера кинетической энергии атомов этого тела. По мере увеличения плотности вещества в звезде, атомы чаще сталкиваются друг с другом, обмениваются энергией и при этом температура выравнивается. При достаточно плотном состоянии вещество находится в условиях, как говорят, локального термодинамического равновесия. Поэтому понятно, что атомы даже разных химических элементов не могут характеризоваться разными температурами (специальные случаи, называемые неравновесными состояниями, мы сейчас рассматривать не будем).

На видимой поверхности Солнца, в т. н. фотосфере плотность частиц достигает $10^{17}$ в 1 см$^3$, температура около 6000 K, давление — 0,1 атм. Вещество Солнца представляет из себя частично ионизованную плазму — смесь нейтрального водорода, ионизованных атомов металлов и свободных электронов. В этих условиях взаимодействие атомов и искажения их внешних электронных оболочек становятся настолько сильными, что спектральные линии уже размываются, кванты света многократно поглощаются и вновь переизлучаются, а само вещество становится за счет этого непрозрачным. Толщина фотосферы, излучающей весь видимый свет Солнца, очень мала — всего около 180 км, т. е. 1/3000 часть солнечного радиуса. При этом фотосфера светит не



в спектральных линиях, как отдельные атомы, а за счёт многократных обменов квантами света — как единое нагретое тело. Такое излучение в физике называется излучением абсолютно чёрного тела.

Нетрудно понять, что поскольку все звёзды являются не твёрдыми телами, а газовыми (плазменными) шарами, то для обеспечения их устойчивости температура должна существенно увеличиваться с глубиной. Действительно, в центральной части Солнца, где идут термоядерные реакции, температура достигает 15 млн. градусов, а плотность вещества в 150 раз выше плотности воды. На половине радиуса Солнца температура 3 000 000 K, на радиусе 0,98 — уже 10 000 K. После фотосферы, где кванты света уже могут двигаться относительно свободно, температура уменьшается дальше и на высоте около 500 км достигает своего минимального значения около 4200 K.

В этой области, называемой хромосферой Солнца, свободные атомы могут поглощать часть идущего снизу излучения в своих спектральных линиях, а затем переизлучать их во всех направлениях. За счёт этого механизма атомного рассеяния в спектре Солнца (и других звёзд) образуются тёмные линии. Впервые в 1814 г. австрийский физик Йозеф фон Фраунгофер наблюдал около 500 таких тёмных линий. Сейчас известны десятки тысяч фраунгоферовых линий. Наиболее сильные из них излучаются ионами H(I), Mg(I), Na(I), Fe(I), Ca(II) ($H^+$, $Mg^+$, $Na^+$, $Fe^+$, $Ca^{2+}$) и др.

В солнечных пятнах (которые также являются областями с пониженной температурой) наблюдаются линии молекул, например: OH, NH, CH, CN, CO, MgH, $O_2$, $C_2$, TiO и др. В атмосферах звёзд более поздних классов, у которых температура поверхности опускается до 2000–3000 K, молекулы весьма многочисленны и разнообразны. Поэтому звезды класса M часто называют «кислородными», а класса R и N — «углеродными» звёздами. Во внешних слоях относительно холодных углеродных звёзд могут встречаться даже многоатомные органические молекулы (HCN, $C_3N$, $HC_3N$, $CH_4$) и углерод в виде угольной сажи. Можно даже сказать, что такие звезды сильно «коптят».

**Типичные ошибки:**

— У звезды горит только поверхность, а внутри не горит.

— Температура элементов значительно меньше, чем температура звёзд.

**Нетривиальные версии:**

— Энергия выделяется при ядерном фотосинтезе.

— У Солнца большая температура, так что даже тень его может иметь 2000 K.

— Молекулы распадаются на очень высокой температуре, атомы этих молекул собираются в кучу, и у них ничего не получается.
— На звездах бывают вулканы, и эти темные линии есть выбросы внутренних веществ.
— Тёмные линии возникают оттого, что атомы вращаются с жуткой быстротой.
— Тёмные линии в спектре — это неразогретые частицы и молекулы.
— Температура очень высокая, молекулы и вещества прожигаются, и видны тёмные линии.
— Тёмные линии — плод деятельности инопланетян по использованию химических элементов.

**Критерии оценок:**
Внешние холодные слои — 2;
Излучение абсолютно черного тела — 2;
Спектральные линии — 2;
Итого баллов — 6.

**Вопрос № 7.** *Ископаемое топливо (нефть и уголь) образовались из растений и других органических остатков, которые находились, очевидно, на поверхности Земли. Почему же сейчас они лежат так глубоко (до* 2000 м*), а над ними нередко возвышаются известняковые горы?*
**Ответ.** Топливо образовывалось раньше и оказалось под более поздними осадочными породами (известняк — остатки морских организмов).
**Комментарий.** Почти все участники Турнира правильно указывали, что «захоронение» полезных ископаемых происходит из-за процессов, называемых осадконакоплением. Всё то, что в своё время находилось на поверхности Земли, с течением времени закрывается чехлом осадочных пород. Однако, и здесь имеются определённые тонкости, связанные с механизмами образования осадков.

Многие указывали на выпадение космической пыли. Действительно, общая масса вещества, выпадающего из космоса на поверхность Земли, составляет до 400 т ежедневно. При этом подавляющее большинство метеоритов размером не больше 0,1 мм. Однако, для всего земного шара это очень мало, около 1 см осадков за 100 млн. лет. Безусловно, имеет место и определённое значение перенос пыли ветрами. Гораздо более существенным являются процессы выброса вещества при извержениях вулканов. Однако, самым значительным и «объёмным» по количеству перемещаемой породы является процесс её «горизонтального»



переноса потоками воды (реками) и ледниками. На Земле постоянно идут тектонические процессы поднятия (горообразования) и опускания части поверхности. На любых возвышенностях сразу же увеличивается выпадение атмосферных осадков (в высоких горах образуются ледники), которые начинают разрушать горные породы. Их обломки затем ледниками и реками выносятся на равнины и откладываются в низинах. В озёрах и болотах, кроме обломочного материала, накапливаются в больших количествах и органические осадки. Поскольку при мощном горообразовании и извержениях поднимаются глубинные магматические породы, то естественно, что осадочные породы имеют основную тенденцию к захоронению, и могут обнажаться на поверхности лишь при повторных поднятиях.

Многие правильно указывали на весьма древний возраст обсуждаемых полезных ископаемых. Нефть образовывалась в глубинных слоях, в условиях высоких температур и давлений, при отсутствии доступа кислорода из органических осадков девонского периода (возраст 400 000 000 лет), а каменный уголь — из древовидных растений геологического периода, который так и называется: «каменноугольный» или карбон (300 000 000 лет). Напомним, также, что нефть представляет собой смесь линейных и циклических углеводородов (до $C_{25}$ и выше), а уголь — почти полностью восстановленный углерод (с примесями). Укрытие их мощным осадочным чехлом за столь большое время проблемы не представляет.

Известняки представляют собой карбонат кальция $CaCO_3$ с примесями. Как верно было сказано многими учащимися, в древние времена современная суша была (во многих местах) мелководными и тёплыми морями, в которых жили кораллы, моллюски и другие животные. Они активно строили свои скелеты, панцири и ракушки из $CaCO_3$, который затем (после их гибели) откладывался на дне в виде известняковых пород. Однако, известняк, как известно, может растворяться в воде в тех случаях, когда в ней повышается содержание растворённого $CO_2$. Реакция:

$$\mathrm{CaCO_3\,(твёрд.) + CO_2\,(водн.) + H_2O\,(жидк.)} \rightleftharpoons$$
$$\rightleftharpoons \mathrm{Ca^{2+}\,(водн.) + 2HCO_3^-\,(водн.)}$$

может протекать в обе стороны в зависимости от концентрации веществ. Примером таких процессов могут служить карстовые явления, образование сталактитов и сталагмитов. Ракушки также могут растворяться в глубоких, более холодных и насыщенных углекислотой водах океана.

Поэтому можно предположить, что в геологической истории нашей планеты процессы образования ископаемых топлив и отложения известняков происходили последовательно, в зависимости от изменения газового состава атмосферы Земли. Сначала произошло массовое производство свободного кислорода $O_2$ за счёт фотосинтеза его растениями (см. также вопрос №4, стр. 31) и поглощение значительных количеств углекислого газа $CO_2$ из атмосферы, перевод его в органическое вещество и последующее захоронение углерода в виде топлива (девон, карбон). После того, как баланс $CO_2$ и $O_2$ в атмосфере существенно изменился в пользу кислорода, $CaCO_3$ начал накапливаться в виде известняков и мела (юрский и меловой периоды; 200–100 млн. лет назад). В этом случае расположение известняков **сверху** от нефти и угля не только возможно, но и закономерно.

**Типичные ошибки**

— Потому что в наше время рабочие добывают нефть и уголь на продажу; всё, что было на поверхности, уже выкопано!
— Земля прибавляет в среднем 1 см и понемногу закапывает ископаемые.
— Потому что нефть впиталась в землю.
— Через миллионы лет известняковые горы тоже превратятся в нефть и уголь.

**Нетривиальные версии:**

— Нефть происходит в болотах. А там сыро, оно и гниёт на дне.
— Человек их стал добывать не сразу, и слои стали накапливаться.
— Их «припорошило» землёй.
— Пыль оседала и превращалась в камни, камни в глыбы, а глыбы в скалы или горы.
— После очередного процесса вулканизации местность затопило водой.
— Если бы они находились снаружи, они бы высохли, их бы растоптали животные.
— Эти минералы зарыли как бы сами себя.
— Известняк — результат химической реакции угля и веществ из воздуха.
— Известняк образовался из животных, в которых много кальция: крабы, раки ...
— Очень много ползало в морях животных, разных «раковинных» и «панцирных».



— Не будь движения земной коры, мы бы сейчас остались без угля и нефти.

**Критерии оценок:**
Накопление осадков — 1;
Механизмы захоронения — 2;
Геологические эпохи и возраст — 2;
Изменение химического состава атмосферы — 3;
Итого баллов — 8.

**Вопрос № 8.** *Когда жили динозавры, на Земле было жарко и влажно, а затем было великое оледенение. Потом опять потеплело: в Европе были субтропики и жили львы, а Сахара превратилась в пустыню. В средневековье вновь было сильное похолодание (даже замерзал Нил), а сейчас говорят о глобальном потеплении. Отчего происходят такие скачки, и что нам в будущем нужнее: дублёнка или панамка?*

**Ответ.** Климат Земли имеет сложную историю, в зависимости от рассматриваемого интервала времени. В современную эпоху и в будущем климат, скорее всего, неустойчив.

**Комментарий.** В очень многих работах ответ на вопрос №8 сводился примерно к следующим фразам: «В будущем нам нужна будет панамка, потому что озоновый слой разрушается и происходит парниковый эффект»; или: «потепление происходит из-за парникового эффекта и виноват в этом только человек». Много было сказано правильных слов и про промышленные выбросы. Откровенно говоря, невольно возник недоуменный вопрос: «А как же потепление во времена динозавров? Кто же тогда „портил экологию“, уж не они ли?

Во-первых, основной смысл данного вопроса направлен на вариации климата в прошлом, которые происходили до человека и безо всякого участия человека. Антропогенные воздействия на климат мы рассмотрим позднее.

Во-вторых, многие (и не только дети) путают вариации температур и погоды в данном конкретном месте (в городе, где они живут) и переменность глобального климата. Современной цивилизации присущ заметный «европо-» и «америкоцентризм», жители западных стран искренне убеждены, что именно там находится современный «пуп Земли». Соответственно, если что-то не то начинает происходить с погодой у них, то это сразу же подаётся как глобальная проблема, никак не меньше. Сейчас говорят о «глобальном» повышении температуры на 1–2 градуса. Хотелось бы напомнить, что, например, в Сахаре +50 °C, а на станции «Восток» в Антарктиде бывает и −89 °C.

Таким образом, диапазон температур на поверхности Земли превышает 140 градусов, а соответственно, в разных климатических зонах **всегда** будут нужны где-то панамка, а где-то дублёнка. И если в каком-то месте Земли наблюдается некоторое потепление, то скорее всего, это эффект региональный, связанный с изменчивостью морских и воздушных потоков в данной части земного шара. В иных, ненаселенных регионах эффект может быть и другим. В целом, вопрос о полноте, достоверности и представительности собираемых метеоданных, их соответствия всей глобальной картине в целом остаётся, по-видимому, открытым.

В-третьих, говоря о вариациях климата, всегда необходимо чётко определять интервал времени, о котором идёт речь. Один достаточно остроумный участник Турнира написал, что нам нужнее дублёнка, ведь Турнир проходит в октябре, а впереди — зима! С точки зрения интервала времени в несколько месяцев — это абсолютно верно. Как верно также заметила Эльвира Гайсина: «Климат — это многолетний режим погоды, и судить об изменении климата мы сможем лишь через 100 лет».

Рассмотрим для начала эволюцию нашей планеты в целом. Действительно, на стадии формирования самой Земли (4500–4000 млн. лет), когда происходило выпадение на неё других планетозималей, её поверхность скорее всего была разогрета выше 1000 K. После утраты первичной водородно-гелиевой атмосферы (4000–3500 млн. лет) и перехода ко вторичной (углеродно-азотной) парниковые эффекты, аналогичные венерианским, скорее всего не позволяли остывать земной поверхности ниже 200–400 °C. Постепенное захоронение растениями углекислого газа и накопление ими кислорода (примерно 1/100 часть от современного количества 2000 млн. лет назад и 1/10 часть — 600 млн. лет) «позволило» Земле остыть ниже 100 °C, и сформироваться земным океанам. Наконец, в районе 250 млн. лет назад случился первый геологический ледниковый период. Таким образом, на интервале времени геологической жизни нашей планеты порядка 4 млрд. лет, можно точно утверждать, что Земля заметно (на 1000 градусов) **остывает**.

Считается, что 250 млн. лет огромный кусок суши под названием Гондвана находился в южном полушарии. Это блокировало океанские течения и перераспределение ими тепла по земному шару, что и привело к глобальному похолоданию и даже оледенению части южного материка. В свою очередь, это стимулировало биологическую эволюцию, хвойные растения полностью вытеснили каменноугольные леса, а позднее появились и первые млекопитающие. После распада Гондваны 150–100 млн. лет назад на отдельные куски (Южная Америка,



Африка, Антарктида, Австралия, Индостан) климат вновь стал теплее, чем сейчас, и поверхность земли захватили гигантские рептилии. Таким образом, можно сказать, что вследствие движения материковых плит на интервале 250–100 млн. лет имело место значительное (на 20–30 градусов) глобальное **потепление**.

Тёплый климат привёл вновь к бурному развитию растительности в её современном виде, и содержание кислорода в это время приблизилось к современному. Снижение содержания $CO_2$ способствовало накоплению известняковых осадков, и дальнейшему захоронению углерода уже по этому механизму (меловой период).

За последние несколько десятков миллионов лет на Земле прошло множество повторяющихся **оледенений** различной мощности, которые случаются нерегулярно, через 100–250 тыс. лет. Продолжительность каждого из них составляла около 50 тыс. лет. Считается, что климат Земли перешёл в **неустойчивое** состояние из-за ослабления парникового эффекта, с одной стороны, и перемещения в район Южного полюса материка Антарктиды, с другой. Динозавры закончились, на суше стали жить теплокровные животные, а 1–2 млн. лет назад появился и человек. Амплитуда оледенений за последние 1700 тыс. лет увеличилась, возможно, из-за появления льдов в Арктике. Около 20–15 тыс. лет назад наступил максимум оледенения, сопровождавшийся наибольшим распространением материковых льдов в северном и морских в южном полушарии. При этом уровень мирового океана опускался на 100 м ниже современного, а содержание $CO_2$ в атмосфере падало до 0,02 %. Сейчас мы живём в **межледниковье**, последнее по счёту оледенение закончилось примерно 11 тыс. лет назад, так что можно утверждать, что на этом интервале времени также имеет место глобальное потепление, а предстоит нам не менее глобальное **похолодание**.

На интервале за последние 2000 лет происходили как относительные потепления (около 800–1200 гг), так и «малые ледниковые эпохи средневековья» (1400–1800 гг). Причины этих колебаний также точно не ясны. Среди возможных факторов называют изменения в солнечной активности (т. н. маундеровский минимум солнечных пятен), взрывные извержения вулканов и другие. На интервале инструментальных наблюдений за последние 100 лет можно предполагать некоторое увеличение температуры на 0,5 °C. Однако, поскольку в южном полушарии представительность данных очень низка (80 % площади приходится на океан), то этот результат трудно проверить.

Хотелось бы подчеркнуть, что требуется большая осторожность при анализе возможных причин колебаний глобального климата. По-видимому, чисто астрономические причины в данном случае не играют заметной роли. Например, изменения интенсивности излучения Солнца в зависимости от 11-летнего цикла солнечных пятен составляют около 0,05%. Данных об изменении солнечного излучения на интервалах до тысяч лет не имеется. Изменения параметров орбиты Земли могли бы повлиять на количество света, получаемого Землей, однако, все эти эффекты весьма малы. Во всяком случае, специалисты в области астрономии не склонны сводить проблему климата к внешним космическим факторам.

Система глобального климата представляет собой очень сложную, многофакторную, сильно переменную систему, имеющую собственные внутренние ритмы. Гораздо большую значимость имеют причины внутреннего характера: перемены в вулканической активности, изменения биосферы и ее обратные влияния на газовый состав атмосферы, собственные циклы теплового баланса между земной корой, океаном и атмосферой. «Предсказывать будущее бесполезно — человек непредсказуем» (Александр Алексеев).

Широко обсуждаемые в последние годы проблемы глобального потепления вследствие антропогенных выбросов в атмосферу пыли и парниковых газов (прежде всего $CO_2$), действительно являются актуальными и заслуживают рассмотрения. Следует, однако, помнить, что все анализируемые взаимосвязи пока ещё представляют собой небесспорные модели. Разумеется, деятельность, направленную на сокращение индустриальных выбросов человечества, следует всемерно поощрять и поддерживать. Опасность того, что под воздействием наших «достижений» атмосфера Земли перейдёт в иное состояние, действительно существует. «Гадить» нехорошо, это очевидно. Не исключено, однако, что наша планета может и вовсе не заметить присутствия на своей поверхности такого странного образования, как человечество (как, впрочем, и его отсутствия).

И вот, кстати, через 2000 лет у Земли вовсе не будет магнитного поля (см. вопрос № 9, стр. 53) — и что тогда? Наверняка это повлияет на глобальный климат, но в какую сторону? «Так что покупайте и дублёнку, и панамку. Кто знает, что случится в будущем» (Максим Геращенко).

**Типичные ошибки:**

— С каждым годом температура повышается на 0,5 °C, следовательно, через 20 лет будет на 10 °C теплее.
— Нас ожидает потепление, т. к. литосферные плиты движутся, и экватор приближается к нам.



— Потепление на Земле выгодно только для России.
— Мы передвинулись на Северный полюс.
— Земля движется вокруг Солнца по эллиптической спирали.
— Солнце не справлялось с отоплением планеты, и настал ледниковый период.
— Во время динозавров экология была намного лучше, чем в наше время.
— Загрязненные слои препятствуют выходу теплого воздуха за пределы атмосферы.
— Воздух застаивается, прогревается из-за дыхания людей, выхлопных газов.
— Земля может перевернуться, и в будущем нам нужно будет носить панамки.

**Нетривиальные версии:**

— Нам нужна Панама!
— Наконец-то в России будут расти бананы!
— Глобальное потепление произойдет примерно в 2149 году.
— Земная кора опускается и поднимается, а при увеличении высоты, как известно, становится холоднее.
— Земля потихоньку растет, потому что листья падают.
— Планета Земля только-только зародилась, она пыталась найти своё место в Солнечной системе и она то отдалялась от Солнца, то приближалась.
— Например, раньше было 4 луны.
— То Солнце ослабит притяжение, то усилит.
— Наша Вселенная устроена спиралеобразно, и когда мы на разных её концах, то климат разный.
— Динозавры исчерпали запасы пищи, и тогда началось похолодание.
— Атмосфера становится тоньше из-за загрязнения атмосферы.
— Парниковый эффект объясняется тем, что воздух из атмосферы падает на землю, нагревается, а обратно в атмосферу не уходит.
— Земля попала в тень, и произошло резкое похолодание.
— Люди дышат кислородом, выделяя углекислоту. Происходит парниковый эффект. Если люди этого не остановят, панамка нам не поможет.
— Нам будут нужны противогазы и плащ от кислотного дождя.
— Потепление хотя и дело рук человека, но все же природа сильнее.
— Африка вставала на место Антарктиды, а потом возвращалась назад.

— Лучше дублёнка, ее можно продать и купить много панам.
— И то и другое неплохо иметь.
— Бедуины в жару носят ватные халаты, так что дубленка всё равно нужна.
— В дальнейшем будущем нам нужнее всего будет покинуть эту планету.

**Критерии оценок:**
Изменчивость глобального и регионального климата — 1;
Различные времена изменений — 2;
Возможные причины и механизмы — 3;
Возможные перспективы — 2;
Итого баллов — 8.

**Вопрос № 9.** *Во время плавания Колумба (1492 год) стрелка компаса, которая (как всем тогда было известно) притягивается Полярной звездой, неожиданно отклонилась от своего нормального положения. Чем было вызвано это явление? На какую величину она отклонилась? А может ли стрелка компаса показывать на юг?*
**Ответ.** За счёт магнитного склонения стрелка компаса отклонилась к западу на 5–7 градусов (возможно, больше). Стрелка может показывать на юг (склонение 180°) на линии между северным географическим и геомагнитным полюсом.
**Комментарий.** В книге Вашингтона Ирвинга «Жизнь и путешествия Христофора Колумба» читаем: «Вечером 15 сентября (1492 г.), в двух сотнях лиг от острова Ферро, Колумб впервые обратил внимание на отклонение стрелки компаса, которого ранее никогда не наблюдалось. Уже в сумерках он приметил, что стрелка не указывает на Полярную звезду, а повёрнута к северо-западу на полчетверти румба, или на пять с лишним градусов, наутро же отклонение было ещё больше. Поражённый этим обстоятельством, он в течение трёх дней внимательно следил за компасом и обнаружил, что отклонение стрелки увеличивается по мере продвижения вперёд. Сперва он умолчал об этом явлении, зная, как легко можно встревожить моряков, но вскоре оно было замечено кормчими и повергло их в ужас. Колумб употребил все свои знания и изобретательность, изыскивая доводы, могущие рассеять их страхи. Он говорил, что стрелка компаса указывает не на Полярную звезду, а на неподвижную и невидимую точку. Следовательно, отклонение ее связано не с негодностью компаса, а с движением самой звезды, которая подобно другим небесным телам, подвержена переменам и вращению и ежедневно описывает круг у полюса. Репутация



высокоучёного астронома в глазах кормчих придала весомость его объяснению, и их беспокойство улеглось».

В данной ситуации Колумб, действительно, проявил удивительную изобретательность в нахождении аргументов в условиях знаний того времени, когда не было известно ни системы мира Коперника, ни магнитного поля Земли, ни движения ее оси и полюсов, ни собственных движений звёзд. Действительно, стрелка компаса показывает **не** на Полярную звезду, а Полярная звезда, действительно, **вращается** вокруг полюса мира.

Разберёмся сначала со звёздой. В современную эпоху (J2001.5) звезда $\alpha$ Ursa Minor (видимая звездная величина m = 2,02) имеет склонение $\delta = +89°16'14''.33$ и отстоит от полюса мира на величину $43'45''.67$. Соответственно, она в течении суток описывает вокруг полюса круг этого радиуса, который почти в 3 раза больше видимого размера Солнца или Луны. Кроме этого, данная звезда относительно недолго носит имя «Полярная». Вследствие прецессии земной оси (см. вопрос № 1, стр. 12) полюс мира перемещается по небу мимо Полярной звезды со скоростью около 0,5 градуса за 100 лет. Так что в Древнем Египте (5000 лет назад) «Полярной» была звезда $\alpha$ Дракона, в начале нашей эры ярких звёзд у полюса вообще не было, через 2000 лет «Полярной» станет $\gamma$ Цефея, а через 12000 лет — Вега ($\alpha$ Lyr). Во времена Колумба, 500 лет назад, Полярная звезда отстояла от полюса примерно на 3,5 градуса и описывала суточный круг в 7 градусов, или почти в 5 раз больше, чем теперь. Этот эффект не мог быть неизвестен астрономам того времени. По величине это соответствует наблюдавшемуся Колумбом эффекту, но, разумеется, не по периоду, поскольку стрелка компаса не притягивается (и никогда не притягивалась) Полярной звездой и не демонстрирует таких суточных колебаний.

Точности ради отметим также, что ось вращения Земли (которой соответствует северный географический полюс на поверхности Земли и полюс мира на небе) сама совершает вековые квазикруговые движения внутри тела Земли с амплитудой около 30 метров. Кроме этого, за счёт движения континентов за прошедшие 500 лет берега Атлантического океана разошлись на величину около 10 м. Разумеется, что для обсуждаемой проблемы данные эффекты несущественны.

Наиболее существенным является факт несовпадения магнитных полюсов Земли и географических. Северный геомагнитный полюс имеет координаты: 76° с. ш. и 101° з. д. (на 1970 г.). Стрелка любого компаса намагничена, и её положение в пространстве определяется взаимодействием с силовыми линиями окружающего магнитного поля.

Угол между направлением невозмущённых силовых линий магнитного поля Земли и направлением на северный географический полюс называется **магнитным склонением**. В каждом месте Земли оно разное, при отклонении стрелки к востоку от меридиана оно считается положительным, а при отклонении к западу, как у Колумба, — отрицательным. Если следовать из Европы в Америку примерно по пути Колумба, то магнитные склонения к западу в современную эпоху буду составлять (примерно): в Генуе 5°, в Гибралтаре 10°, на Канарских островах 15°, в середине Атлантики около 20°, у Бермудских островов 10°, на Гаити 5°, на Кубе и во Флориде — 0°.

Природа магнетизма Земли (и других планет) до сих пор хранит много загадок. Предполагается, что глобальное геомагнитное поле возникает благодаря т. н. «динамо-механизму», связанному с гидродинамическими движениями в жидком ядре Земли. Для магнитного поля существенны, по-видимому, также и другие факторы, например, приливное воздействие Луны. Не будем, однако, сильно упрекать рулевых Колумба в незнании свойств магнитного поля и компаса. Ведь, например, ещё современники Ньютона всерьез обсуждали, как влияет на показания компаса натирание его ... чесноком, или «известное» свойство компаса, позволяющее мужу «контролировать» верность жены. Тогда же, в 1700 г. Эдмунд Галлей составил первую карту магнитных склонений для мореплавания, только через 200 лет после открытия этого эффекта Колумбом.

В целом структура земного магнитного поля очень сложна, и только в первом, самом грубом приближении его можно представлять в виде диполя. На самом же деле, условный центр магнитного поля сейчас смещён относительно центра Земли почти на 500 км в сторону Тихого океана, а геомагнитная ось наклонена к оси вращения Земли на угол 11°. Напряжённость магнитного поля Земли также сильно меняется в разных районах земного шара. От северной до центральной части Атлантического океана, например, она уменьшается в два раза: от 0,550 до 0,250 эрстед.

Однако наиболее сложной проблемой геомагнетизма является сильная переменность магнитного поля Земли. Все его параметры: склонение, наклонение, напряжённость, локальные аномалии, — изменяются так, как если бы поле вращалось внутри твёрдого тела Земли. Это явление, известное как «западный дрейф» геомагнитного поля, происходит со скоростью до 0°.2 в год (т. е. один оборот за 1800–2000 лет). Оба геомагнитных полюса также перемещаются по поверхности Земли, изменяя при этом и свою долготу, и широту. Например, в Лондоне за



период измерений около 400 лет магнитное склонение «гуляло» в диапазоне более 30° (!) и составляло +11° в 1600 г., −21°.5 в 1860 г., −10°.0 в 1960 г. Точную картину магнитного поля Земли по состоянию на 1492 г. восстановить трудно, поскольку существуют различные модели его динамики. Не исключено, что во время плавания Колумба в Европе склонение составляло около 5° к востоку, а северный геомагнитный полюс мог находиться где-то в районе Гренландии или даже Исландии. В этом случае сам факт несоответствия стрелки компаса направлению на Полярную звезду Колумбу, как опытному мореплавателю и космографу, должен был быть известен заранее, поразило же его изменение положения стрелки в разных районах Океана. Дополнительную интригу в «дело» о магнитном склонении вносит то обстоятельство, что это явление вполне могло быть открыто и теми португальскими мореплавателями, которые шли в Индию путем «на восток», если бы они во время плавания могли бы постоянно видеть Полярную звезду в качестве репера. Но, огибая Африку с юга, естественно, они теряли её из виду.

Помимо неоднородностей глобального геомагнитного поля, порождаемых глубинными процессами в ядре и мантии, наблюдаются также его региональные и локальные **аномалии**, связанные с месторождениями магнитных минералов в земной коре. Наиболее известным примером являются залежи железной руды в районе Курской магнитной аномалии, где напряжённость поля достигает 2 Э, что почти в 4 раза превышает нормальные значения. На маршруте Колумба подобных локальных аномалий не выявлено, но, в принципе, за 500 лет локальная структура магнитного поля в Атлантике тоже могла заметно измениться.

Помимо вековых вариаций, магнитное поле Земли обнаруживает быстрые колебания с периодом от нескольких дней до нескольких секунд. Существуют колебания, связанные с солнечными сутками и с периодом обращения Луны, а также локальные и перманентные возмущения. Наибольшие неприятности доставляют т. н. «магнитные бури», порождённые мощным воздействием корпускулярного излучения Солнца (солнечного ветра) на магнитосферу Земли. Примерно раз в год случаются бури с амплитудой возмущений до 0,015 Э, мощностью до $10^{19}$ эрг/с и полной энергией до $10^{24}$ эрг. Токи в магнитосфере при этом составляют 60000–100000 ампер, а в околополярных районах высыпающиеся в атмосферу частицы вызывают яркие «полярные сияния».

Наконец, сама величина напряжённости глобального магнитного поля Земли очень быстро уменьшается: примерно на 5% за столетие. Это означает, что примерно через 2000 лет оно полностью исчезнет (!).

Как было отмечено, стрелка компаса может показывать на юг (магнитное склонение 180°) на линии между северным географическим и геомагнитным полюсом. Строго говоря, геомагнитным полюсом называется то место на поверхности Земли, где силовые линии магнитного поля расположены вертикально, соответственно, стрелка компаса там показывает … **вниз**.

**Типичные ошибки:**
— Колумб сбился с курса.
— Отклонение стрелки было вызвано из-за схода Полярной звезды с орбиты.
— Полярная звезда осталась на своём месте, а Земля сдвинулась.
— Корабль находился примерно между северным и южным магнитным полюсами.
— Колумб пересёк границу положительного и отрицательного полюсов, т. к. он пересёк 180 меридиан.
— Колумб близко подошёл к северному магнитному полюсу.

**Нетривиальные версии:**
— Стрелка может показывать то на юг, то на север, смотря куда мы будем двигаться.
— Стрелка компаса была притянута ещё какой-то планетой.
— Стрелка отклонилась на Южный Крест.
— В южном полушарии небо зеркальное северному, т. е. полярная звезда стала находиться на юге.
— Колумб переплыл в южное полушарие, а Полярная звезда осталась на другой стороне неба.
— Стрелка раньше притягивалась Полярной звездой, а когда Колумб открыл Америку, она стала притягиваться северным магнитным полюсом.
— Не может показывать на юг, потому что на севере больше магнитного излучения.
— На юг стрелка показывать не может, т. к. магнитный полюс у Земли всего один.
— На севере есть магнитный полис.
— В то время люди жили только в восточном полушарии.
— Корабли плыли мимо небольшого магнитного поля.
— Он встретился с металлическими подводными скалами.
— Он плыл вдоль берега Саргассова моря, в котором в связи со столкновением течений разной температуры образуется большое электромагнитное поле.
— Я не знаю, на какую величину отклонилась стрелка, но Колумб плыл



в Индию, а открыл Америку.
— Какой-нибудь рассеянный матрос забыл под компасом какую-нибудь железяку.
— Стрелка компаса могла перезарядиться молнией, тогда её показания изменятся на 180°.
— От перемещения материков.
— Отклонилась из-за того, что наступило другое время года.

**Критерии оценок:**
Наблюдение Колумба — 1;
Отличие магнитного полюса от географического — 1;
Отличие географического полюса от Полярной звезды — 2;
Динамика магнитного полюса и перемагничивание — 3;
Динамика астрономического полюса — 2;
Местные магнитные аномалии — 2;
Магнитные бури — 2;
Направление стрелки компаса на юг — 1;
Итого баллов — 14.

**Вопрос № 10.** *«Титаник» был на момент постройки (1912 год) самым большим пассажирским пароходом в мире и шёл на побитие рекорда по скорости. Почему столь огромные суда стали нужны? Почему капитан отклонял курс корабля к северу, хотя Нью-Йорк расположен на 10° широты южнее Лондона? Какие самые важные, на Ваш взгляд, последствия имела данная транспортная стратегия и какие суда ещё бо́льших размеров Вы знаете?*
**Ответ.** Отклонение трассы к северу соответствует кратчайшему пути с учётом океанских течений. Огромный по числу флот пароходов рекордной вместимости потребовался для перевозки беспрецедентного числа эмигрантов из Европы в Америку.
**Комментарий.** «Титаник» вошёл в историю нашей цивилизации прежде всего, как пример человеческой самонадеянности, тщеславия и гордыни. «Сам Господь Бог не сможет потопить этот корабль», — из рекламы фирмы «White Star» тех лет. Результат известен. К сожалению, до сих пор любая человеческая деятельность, особенно технологическая, всегда связана со значительными факторами риска и неопределённости.

Северная Атлантика, связывающая Старый и Новый свет, всегда была наиболее напряжённой судоходной линией, и на протяжении 19 века пассажиропоток на ней непрерывно возрастал. В Европе после развёртывания промышленной революции значительные массы людей становились пролетариями, и в условиях высокой рождаемости это приводило к образованию многочисленного населения, живущего на уровне нищеты. Америка, с другой стороны, в условиях огромных свободных пространств, экстенсивного развития и мощного промышленного подъёма предоставляла широкие возможности для свободного применения труда и представлялась многим переселенцам «землей обетованной». Как образно сформулировала Надежда Степичева: «1912 год — год, когда только-только страны стали переходить на демократию, люди хотели почувствовать себя не „затёртыми“ рабами своих господ, а свободными людьми, поддерживающими прогресс. Вот и понадобились большие суда».

В результате бурного развития судостроения, увеличения тоннажа и технических параметров судов был сформирован специальный флот регулярно отходящих судов, главным назначением которых была перевозка людей в Америку «по конвейеру». К первому десятилетию 20 века ажиотаж пароходных компаний Англии и Америки вокруг приза «Голубая лента Атлантики» достиг своего апогея. Этот символический приз присуждался за самый быстрый переход через океан по линии Лондон–Нью-Йорк. Обладание этим призом помимо престижных соображений и контрактов на перевозку правительственной почты служило мощным рычагом конкурентной борьбы за пассажиров.

Гонка разворачивалась следующим образом. В 1838 г. судно «Грейт Вестерн» со скоростью 8 узлов[10] сделало переход за 15 суток. В 1871 г. пароход «Оушеник» показал скорость 14,5 узлов. В 1888 г. «Сити оф Парис» имел 20 узлов и шёл почти 6 суток. К 20 веку мощности паровых машин возросли до 5000 л. с., а скорость до 22,5 узлов. В 1906 г. фирма «Кунард» построила пароход «Кампания» длиной 209 м и водоизмещением 36000 т., в 1907 г. — «Лузитания» имела 247 м длины, 36000 т водоизмещения и ход в 25 узлов. В 1907 г. в Атлантике работало уже 116 лайнеров-турбоходов. Наконец, в 1909 г. фирма «Кунард» создала «Мавританию» с параметрами: 240 м, 36000 т., 78000 л.с., 28 узлов. Этот рекордсмен совершал трансатлантический переход меньше, чем за 5 дней (!).

По словам Владимира Григорьева: «В то время была гонка за всем большим». Особенно острым перед первой мировой войной стало соперничество в области строительства больших судов между Англией и Германией:

[10] 1 узел = 1,87 км/ч



| Страна | Корабль | Длина, м | Тоннаж, т |
|---|---|---|---|
| Англия | Аквитания | 275 | 45000 |
| Англия | Олимпик | 269 | 52000 |
| Германия | Император | 280 | 60000 |
| Германия | Фатерланд | 289 | 65800 |
| Германия | Бисмарк | 291 | 64000 |

В этих условиях в 1909 г. фирма «White Star» заказала два однотипных судна: «Олимпик» и «Титаник». Они имели следующие параметры: длина 269 м, тоннаж 52000 т., мощность 55000 л.с., ход 22,5 узла (максимально до 25 узлов), вместимость 3500 пассажиров. «Олимпик» первым вышел в рейс 20 сентября 1911 г. Таким образом, следующий, — «Титаник», был **не** самый большой и **не** самый быстрый пароход своего времени.

Широкая реклама линии «Белая звезда» шла под лозунгом: «Умеренная скорость, но повышенный комфорт». Главный фактор, на чём фирма хотела «сыграть» — это роскошь. Пароход предоставлял все удобства большого города, он был своего рода плавучий палас-отель, «экспресс миллионеров». На нём собрались самые богатые и известные люди того времени, несколько десятков «королей» бизнеса. Номер «супер-люкс» на нём стоил 4350 долл. (около 50000 долл. сейчас). Это был уже не столько собственно транспорт, а скорее место светских и деловых встреч «высшего общества». «Титаник» также рекламировался как непотопляемый и самый безопасный лайнер в мире; как говорили его пассажиры: «да за такие деньги он не утонет».

Кораблестроитель академик А. Н. Крылов дал такую оценку непотопляемости «Титаника»: «Богатая публика в обеспеченности корабля ровно ничего не понимает, требует не безопасности при аварии, а роскоши и удобства, ей надо, чтобы океанский переход мало чем отличался от непрерывного пикника с концертами и балами: а третьеклассных эмигрантов загоняли в нижний дек, где им было не многим просторнее, чем баранам в отаре». Большинство книг и фильмов про «Титаник» показывают только 1 класс, а чтобы понять условия 3 класса, полезно посмотреть фильмы про эмигрантов Ч. Чаплина. Как утверждают некоторые источники, по приказу американской иммиграционной службы пассажиры 3 класса (иммигранты) были закрыты внизу на ключ без права доступа на верхние палубы.

Заметим также, что «Титаник» шёл **не** из Лондона. Вообще, с середины 19 века большинство, а с 20 века все крупные суда с пассажирами из Англии отправлялись из Саутгемптона, который является большой океанской бухтой на юге Англии, а в устье Темзы они бы просто не поместились. «Титаник» 10 апреля 1912 г. вышел из Саутгемптона в Шербур, а затем 11 апреля — в океан. Он имел на борту 1316 пассажиров и 891 члена экипажа, всего 2207 человек (т. е. 38% плановой загрузки).

14 апреля 1912 г. в 23–40 в точке с координатами 41°46 с.ш. 50°14 з.д. при скорости 22,5 узла на расстоянии 926 м прямо по курсу был замечен айсберг. Несмотря на манёвр, через 38 сек произошло касание его подводной части, и корпус судна получил прорезь шириной несколько десятков сантиметров и длиной около 100 м. Из 16 водонепроницаемых отсеков судна 5 были прорезаны, в результате его погружения произошло затопление 6-го, а затем и последующих отсеков. В полном соответствии с действовавшими требованиями Британского кодекса торгового мореплавания пароход имел 20 спасательных шлюпок, которых было достаточно для посадки 1178 человек, т. е. для 50% людей, находившихся в этот момент на борту и 30% от плановой загрузки. «Титаник» затонул в 02 ч 20 мин (общее время погружения составило 2 ч 40 мин) при штилевой погоде и температуре воды −2 °C.

Как было показано на следствии, допуск пассажиров 3 класса на палубу произошёл в 01 ч 15 мин, когда большинство шлюпок от корабля уже ушло. Всего было спасено 703 чел из 2207, при этом спаслись 33% мужчин из 1 класса и всего 30% детей из 3 класса. Некоторые шлюпки были полупустыми, и впоследствии с воды ими было подобрано всего 13 чел. Иными словами, на «Титанике» осуществлялось «спасение по классам», право на жизнь зависело от цены билета и было предоставлено в первую очередь т. н. «высшему» обществу.

Сам «Титаник» был обнаружен на глубине около 4000 м в 1986 г. Глубоководные съёмки показали, что при затоплении корпус корабля под действием собственной тяжести разорвался надвое. Корма судна отделилась и оказалась на дне на расстоянии 1600 м. Основная часть корабля с ходу врезалась и глубоко погрузилась форштевнем в грунт, а затем также разломилась. В итоге корпус оказался разделённым на 3 части.

Прямое отношение к наукам о Земле и астрономии имеет, в отличие от вышеизложенного, вопрос о выборе курса для «Титаника». Многие из участников Турнира почему-то решили, что курс самого корабля был повёрнут на 10° к северу от западного направления, т. е. корабль якобы шёл по азимуту 280° (запад-северо-запад). Некоторое даже написали, что он пошёл из Лондона прямо на север. Это, разумеется, неверно, а последнее так и просто невозможно (там суша). В тексте вопроса обращается внимание, что это Лондон находится севернее Нью-Йорка



на 10° по широте, а корабль, тем не менее, от западного направления отклонялся по курсу не на юг, а на север. Напомним, что широта Лондона — 51°30', Саутгемптона — 50°55′, Нью-Йорк расположен на 40°20′, а место катастрофы — на 41°46′ с. ш. Действительно, обычная трасса судов из Ла-Манша в Нью-Йорк сначала огибает с юга Корнуэллский полуостров Великобритании, а затем плавно поднимается к северу всего на 1–2 градуса по широте. Корабль на трассе никогда не становится севернее самого Лондона, а после 20° з. д. уже начинает опускаться к югу.

Данная «выпуклость» к северу объясняется сферической формой земного шара. Из геометрии известно, что кратчайшей линией на сфере между двумя точками является дуга большого круга, т. е. секущая плоскость должна проходить через центр сферы. Нетрудно сообразить, что поскольку плоскости больших кругов должны проходить через центр Земли, то линии кратчайших расстояний, соединяющие точки северного полушария, будут выгибаться к северу, и тем сильнее, чем больше разница долгот между конечными пунктами. Естественно, что трассы морских и воздушных судов по возможности приближены к линиям кратчайших расстояний. Поэтому, в частности, самолёты из Москвы во Владивосток летят через Таймыр и Якутск, а кратчайший беспосадочный маршрут из Москвы в Америку лежит через Северный полюс (перелёт Чкалова 1937 г.). Как справедливо отметил в своей работе Алексей Орловский: «моряки используют карты в меркаторской проекции, т. к. на них кратчайший маршрут — прямая линия».

Однако, помимо чистой сферической геометрии есть ещё один мощный геофизический фактор, влияющий на судоходство: течения. Господствующим в северной Атлантике является Гольфстрим — тёплое океаническое течение, которое идёт от Мексики, огибает Флориду, далее идёт вдоль восточного побережья США до широты Нью-Йорка, затем на северо-восток посреди Атлантического океана, окружает с севера Британские острова, входит в Норвежское и далее в Баренцево море. Его ширина 50–75 км, скорость 4 узла на поверхности и около 1 узла на глубине 400 м. Температура воды на широте Флориды изменяется от +9 °C на востоке до +20 °C на западном краю течения.

Естественно, что для судов, «бьющихся» за «Голубую ленту Атлантики», где для победы важны даже доли узла, «океанская река», идущая со скоростью 4 (!) узла навстречу, является более чем существенным препятствием. Можно двигаться все время южнее Гольфстрима и пересечь его непосредственно перед Нью-Йорком. В этом варианте все льды будут отсечены тёплым течением; это безопаснее, но … дольше.

Поэтому пассажирские лайнеры сначала, поднимаясь к северу, пересекали Гольфстрим западнее Великобритании и выходили в зону спокойных вод южнее Гренландии, там, где холодные «северные» воды, пришедшие из Арктики, встречаются с водами Гольфстрима и опускаются вглубь океана. Затем южнее Ньюфаундленда суда входили в попутное Лабрадорское течение , по которому вдоль американского берега уже спускались до Нью-Йорка. Выбор конкретного маршрута зависел от сезонных перемен в течениях, штормовой и ледовой обстановки по пути следования.

По оценкам, в северной части Атлантического океана образуется в среднем 7500 айсбергов в год, которые затем Гренландским и Лабрадорскими течениями выносятся к югу, на судоходные трассы. Из выступления на суде сенатора Исидора Рейнера: «северная трасса, по которой шёл „Титаник", была выбрана по приказу самого господина Исмея (директор-распорядитель компании). Он рисковал жизнями всех находившихся на судне людей, чтобы сделать быстрый океанский переход».

Вопрос о последствиях обсуждаемых событий не сводится только к пересмотру правил безопасности плавания и спасения людей на море (хотя и это, конечно же, очень важно). Ведь речь идёт о транспортной стратегии всего данного исторического периода. По-видимому, можно выделить и обсуждать два фактора, имеющих глобальную и историческую значимость.

По оценкам, за период 1904–1914 гг. из Европы в Новый свет было переправлено около 20 млн. человек. Это целая европейская страна(!). Это больше, чем все людские потери в 1 мировой войне, больше населения Московского региона в современную эпоху, сопоставимо с нашими потерями в Великой Отечественной войне. Это намного превосходит все прежние Великие переселения народов. Поэтому, во-первых, можно, пожалуй, утверждать, что американцы 19 и 20 века — это две разные нации. Кстати, когда поток людей в Новый свет составил около 5000 человек в день (это два полных «Титаника» ежедневно (!)), американцы первыми в мире и именно для иммигрантов (т. е. будущих собственных граждан) применили такое административное изобретение, как концлагеря, хотя теперь, возможно, несколько стесняются этого.

Собственно сам «Титаник» играл роль «образцово-показательного» парохода, так сказать, «для белых». В то же время подавляющее большинство судов, особенно из Германии, Италии и других беднейших стран, набивались «под завязку» и были обычными «скотовозами». Утверждают, что существовали проекты судов ещё большей вместимости (до 5000 человек), но их просто не успели реализовать.



Вторым важнейшим фактором, имевшим далеко идущие последствия, стало то, что история «Титаника» предельно наглядно продемонстрировала пропасть между социальными слоями людей: первый и третий класс — это два разных мира. «Титаник» воспринимался как трагедия не судоходная, а социальная. Спасение людей «по билетам» показало истинную цену т. н. «демократии» и т. н. «свободы». Кроме этого, впервые счёт жертв не в военном, а сугубо в техническом мероприятии пошёл на тысячи. Человеческая жизнь резко подешевела, и это воспринималось как психологический шок. Писатель Том Шейзл писал: «Это был не просто корабль, это была капсула времени, унёсшая с собой в могилу весь блеск и тщеславие „золотого века"». Закончился романтический 19 век, и через 28 месяцев после гибели «Титаника» началась эпоха мировых войн и революций.

Во время как первой, так и второй мировых войн пассажирские лайнеры, как правило, использовались в качестве войсковых транспортов на тех же линиях. В 1915 г. не менее знаменитый лайнер «Лузитания» был торпедирован немецкой подлодкой и затонул всего за 20 мин.

После окончания 1 мировой войны гонка в Атлантике вновь разгорелась с новой силой. Сначала итальянский пароход «Рекс» показал 28 узлов. Затем в октябре 1932 г. во Франции была построена «Нормандия»: 312 м, 79200 т., 160000 л. с., 30 узлов. Великобритания ответила на вызов, создав в августе 1938 г. «Куин Мэри» (311,9 м, 81200 т., 31,69 узла), а в сентябре 1938 г. «Куин Элизабет» (314,4 м, 83000 т.). Это было самое большое в истории мирового судостроения пассажирское судно. По-видимому, последним рекордсменом среди регулярных лайнеров стал корабль «Юнайтед Стайтс», показавший в 1952 г. скорость 35,59 узлов.

Некоторым эпизодом в трансатлантических перевозках стало использование пассажирских дирижаблей, однако, как отметил в своей работе Глеб Черняков: «дирижабли перестали активно использоваться после катастрофы „Гинденбурга" в 1937 г.». К 1960 г. авиакомпании перевозили через океан уже 80% всех пассажиров. К концу 60-х гг. столь знаменитая ранее «Кунард лайнз» разорилась, а обе её «королевы» стали плавучими гостиницами. По словам Саши Пирогова: «корабли-гиганты стали детьми того времени и с распространением самолётов перестали быть нужны, но мы все ещё помним гигантов Первой и Второй мировой войны».

Многие участники Турнира верно отмечали, что помимо перевозки пассажиров, наша цивилизация создала и использует до настоящего времени ещё большие суда для транспортировки жидких грузов (нефтяные супертанкеры) и для военного применения (авианосцы). Хотя, по ряду признаков оба эти типа судов, по-видимому, также уже достигли пределов и своих размеров, и своего применения.

**Типичные ошибки:**
— Все люди, как богатые, так и бедные мечтали прокатиться на нём.
— Капитан ушёл на север, чтобы не встречаться с другими судами.
— Капитан опасался попадания корабля на Бермудские острова.
— Отклонение от курса — совершался маневр по обходу какого-нибудь архипелага, чтобы не разбить корабль о рифы.
— После этого за скоростью уже так «не гонялись».

**Нетривиальные версии:**
— Такие суда стали нужны, чтобы перевозить больше полезных ископаемых.
— Плавать много раз туда-сюда было неудобно.
— За одно путешествие можно было собрать очень много денег.
— Люди хотели переселяться в Америку, где было все: от золота до удобной политической системы.
— Из-за большой солёности воды большие суда более водовместимы.
— Для славы и доблести!
— Капитан хотел проверить, насколько прочен «Титаник».
— Капитан хотел проплыть в Нью-Йорк через Северный полюс.
— Капитан отклонился из-за проблем с компасом.
— Капитан знал, что южнее есть горячее течение.
— Южнее были айсберги.
— Капитан показывал им местность. Его попросили показать им север. Ему пришлось это сделать.
— Капитан поручил управление кораблём боцману, который не знал этих мест.
— Капитан отклонял курс, чтобы не повторить ошибку Колумба.
— Капитан делал этот крюк, чтобы увеличить число дней плавания.
— Смещение корабля из-за влияния сил Кориолиса.
— Корабль имел большую инерцию, и если его курс вовремя не повернуть, он бы приплыл не в тот пункт назначения.
— Капитан был подкуплен конкурирующей компанией.
— Эта стратегия позволяла судовладельцам разбогатеть.
— Авиатранспорт не справлялся с потоками пассажиров.
— До сих пор точно неизвестно какое же судно затонуло: «Титаник» или «Олимпик».
— Большие суда стали не нужны, т. к. они могли причаливать только



к небольшому числу пристаней.
— Лучше создавать маленькие суда и пускать их чаще.
— Лучше строить морские суда из дерева, а железо сразу тонет.
— Я знаю суперкрейсер длиной 2 км.
— Авианосец «Потёмкин».

**Критерии оценок:**
Размеры и емкость «Титаника» — 1;
Смысл победы в гонке «Голубая лента Атлантики» — 2;
Кратчайший географический курс — 1;
Гольфстрим и другие течения — 2;
Глобальная миграция — 2;
Социальные последствия катастрофы — 1;
Большие суда — 1;
Итого баллов — 10.

**Вопрос № 11.** *Вам «предложили» заселить некоторую иную планету. Какие принципиально необходимые условия Вам для этого потребуются? Какие основные этапы этой работы Вы предусмотрите?*
**Подсказка.** Во всякой шутке есть доля шутки, остальное, увы — правда.
**Ответ.** Если Вам такое «предложат», сделайте вид, что не расслышали. Ей-богу, не стоит.
**Комментарий.** Рекордное число участников представило свои соображения по вопросу № 11. Ему принадлежит, я думаю, большинство из всех написанных слов в работах по астрономии.

Вам никогда не приходили по почте извещения о подарках от какой-нибудь фирмы? А поучаствовать в беспроигрышных лотереях Вас не приглашали? Как, и даже в МММ или ГКО Вы не вступили? Так вот, далеко не на всякие предложения имеет смысл откликаться, и уж тем более не на все следует соглашаться. Как говорят англичане: «Бесплатный сыр бывает только в мышеловке». Ну, а говоря серьёзно, любые возможные сценарии по реализации т. н. «предложения» по заселению иной планеты сопряжены с таким количеством проблем, прямых издержек и даже опасностей, что … А впрочем, всё по порядку.

**Сценарий 1. «Космический корабль».** Подавляющее большинство участников направило ход своих мыслей примерно по следующему пути. Мы, жители Земли, развиваем и дальше бурными темпами свою всевозможную технику. Методами межпланетных (межзвёздных) перелётов мы отправляем на другую планету некоторый передовой отряд инженеров и строителей, который из местных материалов начинает создавать базу-поселение. Все системы базы, особенно ее жизнеобеспечение, функционируют при этом полностью автономно от местных условий. По мере расширения посёлка туда отправляются дополнительные контингенты людей, которые там что-нибудь полезное делают. Живут они при этом также в замкнутом объёме и по замкнутым технологиям, но счастливо.

Нетрудно видеть, что основой такого типа рассуждений являются действительно впечатляющие успехи вахтовых работ на Севере, антарктических станций, пилотируемой космонавтики и экспериментов по моделированию простейших биоценозов в замкнутых объемах («Биосфера-1 и 2»). При всей пользе, необходимости и целесообразности перечисленных работ, нельзя не отметить, что все вышеперечисленные технологии прочно, тесно и однозначно привязаны к «Большой Земле», т. е. их стартовой базе. Все виды обеспечения предполагают регулярные внешние поставки, все виды ремонтных работ и аварийных ситуаций не мыслимы без соучастия внешних ресурсов и специалистов, пространственная и временная автономность всех перечисленных технологий незначительна и принципиально ограничена. Строго говоря, даже не столь важно, находится такая база на поверхности какой-либо планеты, или просто летает в космическом пространстве. Ближайшими перспективами этого направления является дальнейшее совершенствование и расширение орбитальных станций (от «Мира» к «Альфе»), обсуждаемые лунные станции и полёт человека на Марс (?).

**Сценарий 2. «Колонизация и индустриальное освоение».** Следующая, более смелая группа предложений сводилась к поиску и выбору планеты с условиями, приближенными к земным, заброске туда команды по начальному этапу сценария № 1, и далее расширенное воспроизведение там населения и всех возможных производств с полным использованием местных условий и ресурсов, фактическое «вхождение» в состав жителей-инопланетян. Данная стратегия основана на всем многотысячелетнем опыте человечества по расселению по «лику земли», освоению новых «целинных» земель, Нового Света и т. п. Думаю, наилучшим образом этот сценарий № 2 описан в терминах 19 века в романе Жюль Верна «Таинственный остров» (кстати, аналог сценария № 1 — это «Капитан Немо»). Следует вспомнить, что этот путь всегда был сопряжён с опасностями, трудностями, лишениями и даже жертвами, но в итоге экспансия человечества (или его отдельных частей) все время расширялась. Некоторые «тур-ломоносовцы» развили свои прогрессивные взгляды по этой линии до того, что на другой планете «создали» не только лёгкую и тяжёлую промышленности, но



даже приступили к государственному и партийному строительству (да-да!, см. нетривиальные версии).

Абсолютно точно (убеждён, как говорил Черномырдин»), что как только подобная «подходящая» планета человечеству подвернётся, судьба её будет решена однозначно (как говорил Жириновский) и бесповоротно, и именно так, как человечество всегда и поступало в аналогичных ситуациях. Планета эта будет перекопана, застроена, загажена и т. д. (см. вокруг себя). Все хорошее, что на этой планете имело несчастье находится до того, повторит судьбу инкских и ацтекских цивилизаций, коровы Стеллера, сумчатого волка, подснежников и многого другого, что помешало «прогрессивному человечеству» на этой планете.

Но, во-первых, ничего подходящего ни в нашей солнечной системе, ни в обозримых окрестностях не намечается. И во-вторых, а стоит ли повторять собственные «зады»? Получим ли мы от реализации сценария № 2 какое-нибудь новое знание? Научимся ли чему-нибудь, если тут не научились?

**Сценарий 3. «Биосфера».** Наиболее «реалистичные» люди исходили из того, что имеется в наличии, и пошли по пути «заселения» планет в условиях, которые нам на сегодняшний день предоставлены или которые можно ожидать в обозримом будущем. Этот путь предусматривает существенную трансформацию первичной атмосферы «незаселённой» планеты (некоторые оптимисты предполагали даже перестройку и её твёрдой поверхности), интродукцию (внесение) и последующую адаптацию некоторых видов растений и животных, формирование простейших биоценозов и последующее «встраивание» во вновь созданную биосферу планеты самого человека. Нетрудно заметить, что сценарий № 3 предполагает творческий синтез первых двух, т. к. начальные этапы преобразования планеты неизбежно происходят по № 1, а в случае успеха т. н. «реформ» (хм-хм:) впоследствии, в светлом будущем, реализуется и № 2. (О понятиях «биосфера», «заселение» и др. — см. глоссарий на стр. 74).

Рассмотрев схематично возможные варианты, сформулируем теперь:

**Необходимые условия для заселения.** Очевидно, что сценарии № 1 и № 2 представляют собой две крайности: первый не требует по сути никаких условий, а второй — неимоверно сложные. Поэтому в дальнейшем остановимся на № 3.

*Температура центрального светила.* «Солнце — источник жизни», или уж по крайней мере, — источник энергии для функционирования подавляющего большинства биогеоценозов. Вряд ли для нас будут сейчас представлять интерес одиночные планеты, блуждающие в потёмках по глубинам космоса. Реально может быть заселена планета, входящая в систему около звезды главной последовательности спектрального класса от F (температура поверхности 7400 K) до K (4900 K). Во-первых, в окрестностях этих звёзд возможно формирование планетных тел (см. также вопрос № 5, стр. 35), а во-вторых, они дают излучение, подходящее для процесса фотосинтеза (см. вопрос № 4, стр. 31). Фотосинтез при прочих необходимых условиях может идти и при малой освещённости, например на Плутоне, но только с меньшей интенсивностью, но невозможен и в непосредственной близости от холодной звезды позднего класса.

*Диапазон планетных орбит, эксцентриситет, вращение, наклон экватора, спутники планеты.* Перечисленные параметры небесной механики прямо влияют на тепловой баланс планеты и её температуру. Известные нам биологические формы жизни способны существовать в достаточно узком диапазоне температур. Жаростойкость большинства высших растений не превышает +55 °C, лишайников +100 °C, спор бактерий — до +140 °C. Понижение температуры существенно ниже 0 °C приводит к повреждению тканей и мембран клеток из-за образования кристаллов льда, обезвоживанию организмов, снижению скорости биохимических реакций, прекращению метаболизма. Возможно кратковременное замораживание в жидком азоте (−190 °C). Предполагается, что в условиях глубокого замораживания, в т. ч. космоса, длительное время могут сохраняться некоторые бактерии.

Для обеспечения нормального теплового баланса на поверхности, планета должна находиться не слишком близко, но и не слишком далеко от центральной звезды. В зависимости от реалистичных вариантов светимости звезды и альбедо планеты (ее отражательной способности), можно ожидать, что её орбита может находиться между 0,5 и 1,5 а. е. Эксцентриситет орбиты также не должен принимать слишком больших значений, иначе при изменении расстояния до звезды температура на планете может изменяться в несколько раз. Дисбаланс температур может произойти и при слишком большом периоде вращения планеты (день–ночь) или при большом наклоне экватора (зима–лето). Весьма желательным для стимулирования биологической эволюции является наличие у планеты достаточно близкого и относительно массивного спутника.

*Диапазон масс планеты, уровень гравитации.* Оптимальной для развития жизни на основе нуклеиновых и аминокислот является пла-



нета примерно с массой Земли $5 \cdot 10^{27}$ г. Маленькие планеты не смогут удерживать атмосферу и потеряют все запасы воды, а большие, напротив, удержат и сохранят в своей атмосфере летучие газы со времён своего формирования. Изменение массы планеты чувствительным образом влияет и на ход всей эволюции планетного тела, его внутреннее строение. При повышении гравитации изменяются температуры и давления всех возможных сред обитания, изменяется и баланс энергетических затрат организмов.

*Химический состав.* Базовыми химическими элементами для организации биологической жизни являются органогенные элементы (H, C, O, N), из которых в основном (до 60%) состоят белки и аминокислоты, и которые в космосе имеются в достаточных количествах (см. вопрос № 6, стр. 41). По опыту нашей биосферы значительную (до 0,001%) долю массы живых организмов составляют также макроэлементы (P, K, Ca, S, Mg, Na, Cl, Fe и др.). В количествах до 0,000001% в организмах присутствуют жизненно важные микроэлементы (Mn, B, Co, Cu, Mo, Zn, V, I, Br, Al). Роль в жизнедеятельности ультрамикроэлементов (U, Ra, Ag, Hg, Be, Cs, Se и др. редкие элементы), содержание которых менее $10^{-8}$, пока полностью не выяснена.

В космосе присутствуют сложные органические молекулы, до аминокислот и углеводов. Однако, если планета будет иметь существенные отличия химического состава от земного, то организация на ней биологической жизни будет или невозможна, или столкнётся с большими трудностями и приобретёт заведомо иные формы.

*Дифференциация оболочек планеты.* Разделение планетного тела на твёрдую и газообразную (как минимум) оболочки необходимо, по-видимому, для создания многоклеточных организмов. Можно предполагать, что в протопланетном облаке на определенных расстояниях от центральной протозвезды могли быть условия, соответствующие условиям в атмосферах планет-гигантов. Вопрос о возможности существования простейших форм жизни в протопланетных газопылевых облаках, на планетозималях, кометных ядрах и т.п. неоднозначен.

*Атмосфера планеты, прозрачность общая, спектральная.* Атмосфера заселяемой планеты должна совмещать в себе несколько принципиальных функций. Во-первых, она должна защищать биологические организмы от жёсткого электромагнитного (ультрафиолет и выше) и корпускулярного облучения звёзды. В случае Земли «нижним» барьером от УФ служит озоновый слой (в эпоху до кислорода это могло быть поглощение в аэрозолях облачного слоя), а солнечный ветер экранируется магнитосферой (см. вопрос № 9, стр. 53).

Во-вторых, атмосфера должна обладать достаточной прозрачностью в видимом и инфракрасном диапазонах. Однако, развитие чрезмерных парниковых эффектов нежелательно из-за возможных тепловых дисбалансов.

*Окислительные среды, кислород.* На современной Земле основная часть органического вещества создается за счет процессов фотосинтеза, однако, жизнедеятельность возможна и без доступа света. В 1887 г. С. Н. Виноградский открыл процесс хемосинтеза на примере нитрифицирующих бактерий, которые существуют за счёт энергии окисления аммиака. Помимо них, существуют автотрофные серобактерии (окисляют сероводород), железобактерии (закисное железо), метанобактерии и др. Многие неорганические вещества, которые служат основой для синтеза живого вещества хемосинтетиков ($H_2$, $CH_4$, $NH_3$, $CO$, $H_2S$ и др.), имеют широчайшее распространение в космосе. Существуют бактерии, осуществляющие фоторедукцию $CO_2$ (восстановление на свету) без участия кислорода. В среде без $O_2$ живут также анаэробные виды бактерий, использующие органические вещества.

Таким образом, на заселяемой планете в «тёмную» или «бескислородную» эпоху должны иметься какие-либо иные исходные химические соединения, окислительные среды, источники химической энергии.

*Океаны, континенты, вулканизм, тектоника.* Для реализации жизни на основе нуклеиновых и аминокислот на планете необходимы достаточные количества жидкой и газообразной $H_2O$. Возможны реализации в других жидких средах. Для перспектив эволюции при этом крайне желательны наличие суши в виде континентов или больших островов, движения плит, активный вулканизм с выбросом многочисленных дополнительных химических ингредиентов и т. д.

*Космические катастрофы.* Падение крупных метеороидов (или даже астероидов) на планету может представлять определённую опасность для высокоорганизованных форм биологической жизни. Простейшие организмы такие катастрофы скорее всего переживут; более того, это может случить даже определенным стимулятором эволюции.

Однако, предположим, что всё, что надо, есть. Перейдем теперь к:

**Основные этапы** «озеленения» подобранной планеты мы можем (пока ещё не пообщались с инопланетянами) рассматривать только на примере собственной Земли. Напомним, что можно выделить следующие принципиальные стадии:

1. формирование протопланетного и планетного тела (см. вопрос № 5, стр. 35);



2. заселение его (пп. 1 и 2, возможно, следует поменять местами);
3. «соучастие» живых систем в дифференциации планетных оболочек;
4. создание эукариотических клеток;
5. активный фотосинтез и насыщение атмосферы кислородом;
6. охлаждение планеты и формирование гидросферы;
7. биологическая эволюция от простейших к многоклеточным организмам, от водных к сухопутным формам, далее к высшим формам с последующими коррективами условий окружающей среды.

Согласно последним данным метеоритики, на Земле имеется достаточно обширный класс метеоритов, именуемый по буквам трёх своих представителей «SNC». Находят их, как правило, во льдах Антарктиды, а прилетают они с ... других планет! Есть лунные камни, есть марсианские ... Говорят, что в некоторых из них даже микробов нашли! (правда, окаменевших). По оценкам, только с Марса на Землю выпадает ежегодно ... 500 кг камней (!). Более того, выбросы твёрдого вещества в космос возможны и с поверхности Земли. А в более ранние эпохи, когда космической «мелочи» между планетами было во много раз больше, и столкновения с планетами происходили чаще, все планеты земной группы наверняка активно обменивались подобными «посылками».

С другой стороны, Л. Пастер в 1862 г. провёл свой классический опыт, когда стерилизованный раствор остался «незаселенным» бактериями даже при доступе воздуха через изогнутую трубку. На планете Земля биологические формы занимают очень тонкую (около 40 км) «пленку жизни», ограниченную снизу магмой, а сверху ионосферой. Не исключено, что весьма значительные объёмы современной солнечной системы за время её эволюции также были подвергнуты температурной (недра планет) и радиационной (межпланетное пространство) стерилизации. Очевидно, что весьма многие биоценозы, которые могли бы существовать на планетных телах ранее, прекратили своё существование.

**Где жить-то будем?** Планеты земной группы, скорее всего, через этап заселения все прошли, однако, с существенно различными успехами и итогами. Космические эксперименты по выявлению актуально действующих форм жизни на Марсе принесли пока результат скорее отрицательный, чем положительный. Существуют, однако, другие точки зрения по вопросу корректности самой постановки данного эксперимента и полноты охвата поиском всех возможных типов жизнедеятельности.

Заселение планет-гигантов, по-видимому, возможно только с многочисленными ограничениями. Скорее всего, это будут весьма специфические (относительно земных) хемосинтезирующие микроорганизмы, живущие в отдельных, не менее специфических биопланетоценозах, и едва ли стоит питать оптимизм относительно многоклеточных и иных высокоорганизованных биосистем.

Другие планетные системы, в большом количестве открываемые в настоящее время около иных звёзд, пока приносят нам неутешительные вести. Используемые методы поиска предполагают обнаружение в первую очередь максимально массивных и максимально близких к звезде планет, которые получили наименование «горячих Юпитеров». Как говорится, что ищешь, то и найдёшь. Это, разумеется, всё прекрасно, но по обсуждаемой проблеме приносит ещё меньше оптимизма, чем наши собственные Юпитеры. Планеты, подобные Земле, будем надеяться, также существуют в большом количестве, и, будем надеяться, в ближайшее время также будут обнаружены в виду чудовищного прогресса астрономической техники. Ждём-с.

Напомним, что в любом случае заселение планеты земного типа по сценарию № 3 «Биосфера» с последующей трансформацией атмосферы и иных оболочек планеты займёт время порядка $10^9$ лет. А быстро, как известно, только кошки родятся.

**Кто первый?** К. Э. Циолковский: «Планета есть колыбель разума, но нельзя вечно жить в колыбели». Пётр Великий: «Плавать по морю необходимо».

Эти и другие аналогичные мысли бесспорны.

Дискутировать, пожалуй, имеет смысл чисто технологические аспекты по реализации этих общечеловеческих задач. Целесообразно ли, например, тащить в дальний (очень дальний!) космос 70–100 кг биомассы и несколько тонн систем жизнеобеспечения на 1 человека? Не проще ли (дешевле) использовать иные (небиологические) способы исследований и получения знаний? В крайнем случае, оставаясь в рамках генной инженерии и биологической эволюции, не проще ли создать более компактный и эффективный вид разумных существ под эти задачи, нежели рассылать повсюду Homo sapiens? Жизнь многих поколений в принципиально иных внешних условиях космического перелёта или другого планетного тела — это заведомо другой биоценоз, чем у прямоходящих обезьян.

**А какие варианты?**

*1.* Помимо рассмотренных выше процедур, связанных с формами живых систем на основе нуклеиновых и аминокислот, которые именуются иногда также углеродной жизнью, ряд авторов рассматривает теоретическую возможность организации живых систем на базе полимерных соединений Si. Аналогично углероду, кремний также имеет четыре валентные связи и способен формировать цепочки и иные многомерные молекулярные структуры. К сожалению, есть два препятствия. Во-первых, интегральная распространенность Si в космосе меньше, на один атом кремния приходится все-таки 11,1 атомов C. Во-вторых, полимерные соединения Si намного менее стабильны и требуют принципиально иных внешних физических условий. Не исключено, однако, что именно в этих, иных условиях, мы сможем встретить нечто, весьма любопытное.

*2.* Если следовать определению живых систем, то таковые возможны не только на биологической основе. Существует мнение, что эволюция от каменного топора до самопрограммируемых систем и производств и от первобытного возгласа и наскального рисунка до Интернета представляет собой пример самоструктурируемой информационной системы, начавшей свою эволюцию на базе нашего с Вами биологического вида, а затем включившей в себя и иные планетарные ресурсы. Перспективы развития и дальнейшей жизнедеятельности такой системы можно обсуждать.

В 1912 г. пассажирам 3-го класса «Титаника» не досталось места в шлюпках (см. вопрос № 10, стр. 58). Не исключено, что для представителей вида Homo sapiens не зарезервированы места в каютах других планет.

*3.* Ну-ну, давайте останемся оптимистами. В конце концов, существует (YES!) другая планета, которая превосходит нашу и по предоставляемому пространству, и по обилию и разнообразию природных ресурсов, и по вариантам возможных путей нашей дальнейшей эволюции. И самое главное — лететь даже никуда не надо!

Это — Планета Океан.

## Глоссарий

**Биогеоценоз (экосистема)** — это взаимообусловленный комплекс живых и неживых компонентов отдельных участков среды обитания, связанных между собой обменом веществ и энергии. Биогеоценоз — динамическая, взаимосвязанная и саморегулируемая система, которая является результатом глубокой адаптации составных элементов, диалектическое единство организмов и окружающей среды. Термин «Биоценоз» предложен (1877) немецким гидробиологом К. Мёбиусом.

**Биосфера (витасфера)** — это специфически организованное единство живых и минеральных элементов, которое проявляется в биогенной миграции атомов и осуществляется за счёт энергии солнечного излучения. Биосфера представляет собой иерархически построенное единство уровней биологической организации. Живое вещество определило современный состав на планете Земля атмосферы, осадочных пород, почвы, гидросферы. В биосферу входит вся совокупность биогеоценозов Земли. Термин «Биосфера» предложил (1875) австрийский учёный Э. Зюс. Учение о биосфере создал В. И. Вернадский (1863–1945).

**Живые системы** — это сложные, обособленные и саморегулируемые системы, осуществляющие повышение степени собственной организации и структурированности (уменьшение энтропии) при взаимодействии с окружающей средой в условиях потока энергии и круговорота веществ.

**Заселение планеты** — процесс диспозиции (методами панспермии или самозарождения) на планете живых систем, их функционирования и интеграции в витасферу планеты.

**Панспермия** — процесс диспозиции живых систем на планетные тела путём их привнесения из внешней среды. Гипотеза космозоев (зачатков жизни) выдвинута (1865) немецким врачом Г. Рихтером. Гипотеза панспермии разработана (1907) шведским физхимиком С. Аррениусом.

**Самозарождение** — процесс возникновения живых систем из неорганических и органических соединений при благоприятных внешних условиях методом поэтапного усложнения структуры. Гипотеза возникновения жизни на Земле разрабатывалась А. И. Опариным (1894–1980).

### Как измеряют углы на небе

Напомним также основные понятия и термины, которые применяются в астрономии при измерениях углов и расстояний на небесной сфере. Как известно, дуги можно измерять в радианах (r), и полная окружность содержит их ровно $2\pi$, т. е. $6,2831852\ldots$ r. Радианная мера углов используется, как правило, при расчётах тригонометрических функций, широко применяемых в сферической геометрии.

Однако исторически в астрономии самых древних времён и до сих пор наиболее употребима градусная мера углов. Окружность при этом делится на 360°. Эта цифра произошла из древнеегипетского солнечного календаря, который содержал 360 календарных дней в году



(см. стр. 27). Соответственно, Солнце каждый день смещалось по небу ровно на 1°., т. е. «делало один шаг» длиной в два своих диаметра. $1\,\mathrm{r} = 57{,}2957795131\ldots°$. Для нужд наблюдательной астрономии потребовалось применение мер дуги, существенно меньших, чем 1 градус. Последующее деление угловых мер на меньшие доли было основано на вавилонской традиции счёта, где использовалась шестидесятеричная система чисел. Соответственно, сначала каждый градус делился на 60 «первых» частей, или минут (minor — значит «меньшая часть»). Затем каждая минута по мере необходимости могла быть разделена ещё на 60 «вторых» частей, или секунд (seconda minor — значит «вторая меньшая часть»).

При необходимости указания более высокой точности, чем $1''$, приводятся доли секунд после обозначения секунд и десятичной точки (например $5°5'5''.55$). Очевидно, что для того, чтобы перевести величину угла, записанного угловых мерах, в единую величину, например, градусы, необходимо каждое последующее число разделить на 60:

$22°23'24''.25 = ((24{,}25/60) + 23)/60 + 22 = 22{,}3900694°$

Перевести градусы в радианы просто:
$22{,}3900694°/180 \cdot \pi = 0{,}39078042\ldots$ r.

Поскольку подавляющее большинство астрономических объектов имеет весьма малый размер, угловые секунды употребляются часто: $1\,\mathrm{r} = 206264''.80625\ldots \approx 206265''$.

Опять-таки исторически сложилось так, что на небесной сфере одна координата: склонение ($\delta$), или возвышение над экватором, — измеряется в градусной мере, а другая: прямое восхождение светила ($\alpha$), или его часовой угол, — в единицах времени. Это связано с тем, что угол на небесной сфере в направлении запад–восток напрямую соотносится с тем временем, за которое небесная сфера поворачивается со скоростью вращения Земли. Аналогично тому, как полные сутки делятся на 24 часа, полный круг по экватору небесной сферы также разделен на $24^{\mathrm{h}}$. Далее вновь применяется деление «по-вавилонски»: сначала час на 60 минут, затем каждая минута — на 60 секунд. Обозначаются углы по $\alpha$ также верхними индексами, соответствующими первым буквам единиц измерения: $22^{\mathrm{h}}22^{\mathrm{m}}22.22^{\mathrm{s}}$. Перевод углов в единое число производится аналогично угловым мерам и единицам времени:

$22^{\mathrm{h}}23^{\mathrm{m}}24.25^{\mathrm{s}} = ((24{,}25/60) + 23)/60 + 22 = 22{,}3900694\ldots^{\mathrm{h}} =$
$= 22{,}3900694\ldots/12 \cdot \pi\,\mathrm{r} = 5{,}861706\ldots$ r

Поскольку полный круг делится на 360° и только лишь на 24 часа, то каждая «временная» единица измерения угла в 15 раз больше, чем одноимённая «угловая». $1^{\mathrm{s}} = 15''$, $1^{\mathrm{m}} = 15'$, $1^{\mathrm{h}} = 15°$.

# Конкурс по физике

## Задания

После номера задачи в скобках указано, каким классам эта задача рекомендуется. Работы учеников 6 класса и младше оцениваются по **двум**, 7–8 классов — по **трём**, 9–11 классов — по **четырём** лучше всего решённым задачам. Решать больше задач и задачи класса старше своего — можно. Решённая задача класса младше своего оценивается существенно ниже.

**1.** (6–8) Во время грозы расстояние от себя до места, где ударила молния, можно примерно определить таким способом.

> Сразу, как сверкнёт молния, начать считать секунды: «раз, два, три, четыре, … », до тех пор, пока не прогремит гром. Последнее названное число разделить на 3 — получится примерное расстояние в километрах от места наблюдения до места удара молнии.

На чём основан этот способ и почему нужно делить именно на 3? Почему этот способ не очень точный? (Перечислите основные причины.)

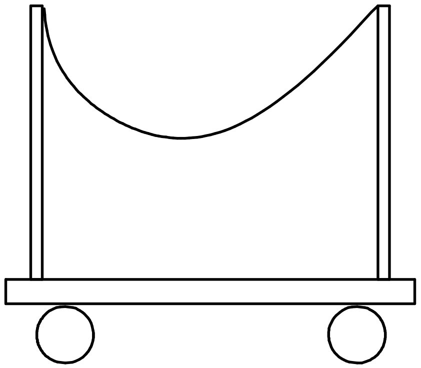
**2.** (6–8) В Москве на некотором участке Садового кольца (длина участка 1 км) средняя скорость движения автотранспорта в правом ряду — 5 км/ч, в двух средних — 6 км/ч, в левом — 7 км/ч. В каждом ряду помещается одинаковое количество машин. Найти среднее время, за которое машины проезжают этот участок Садового кольца.

**3.** (7–8) Пассажир заметил, что стакан чая в вагоне-ресторане поезда во время движения остывает быстрее, чем на остановках. Предложите физическое объяснение этого явления.

**4.** (6–11) Ясным весенним днём в Москве пошёл мелкий дождичек. Постройте примерную (качественную) зависимость концентрации в воздухе тополиного пуха от времени с момента начала дождичка. Объясните предложенное вами решение.

**5.** (9–11) Тележка едет по горизонтальной поверхности земли с постоянным ускорением. На тележке установлены две стойки одинаковой высоты (отрезок, соединяющий основания стоек, параллелен направлению движения). На этих стойках висит кусок цепочки (см. рис.). По рисунку определить направление движения и приблизительно ускорение $a$, с которым движется тележка. Описать способ определения ускорения по рисунку и привести его обоснование. Считать $g = 10$ м/с$^2$.





**6.** (8–11) Между клеммами $A$ и $B$ параллельно подключили две одинаковые цепочки из трёх последовательно соединённых резисторов сопротивлениями $R$, $2R$ и $R$. Параллельно каждому из резисторов сопротивлением $2R$ подключили две такие же цепочки —$R$—$2R$—$R$—, а сами резисторы сопротивлением $2R$, параллельно которым подключали цепочки, отметили (чтобы не запутаться). Параллельно каждому из неотмеченных резисторов сопротивлением $2R$ опять подсоединили по две цепочки —$R$—$2R$—$R$—, а сами резисторы сопротивлением $2R$, параллельно которым подключали цепочки, отметили. Такую операцию повторили бесконечное количество раз. Найти сопротивление $R_{AB}$ между клеммами $A$ и $B$.

**7.** (9–11) Между гладкой табуреткой и стулом такой же высоты (горизонтально) лежит доска длины $L$ массы $M$ (масса равномерно распределена по длине). Коэффициент трения между доской и стулом $\mu$, между доской и табуреткой — 0. На табуретке сидит мышь массы $m$. Увидев кошку, мышь перебегает по доске с табуретки на стул, рассчитывая свои действия так, чтобы на стуле оказаться как можно быстрее и при этом не свалить доску, опирающуюся на самый край стула. Найдите работу $A$, совершённую мышью во время перебегания по доске. Мощность мыши не ограничена, её лапы по доске не проскальзывают.

**8.** (10–11) Ясным солнечным днём Шерлок Холмс сидел у окна, разглядывая заголовок газеты в свою любимую большую стеклянную лупу. Оказалось, увеличенное изображение в середине лупы воспроизводится практически без искажений, а по краям вдоль границ чёрных букв видны цветные полосы: жёлтые со стороны края лупы и синие — со стороны её центра.

Объясните наблюдаемое явление и заполните (все или некоторые) пропуски в таблице (напишите, почему выбран именно такой цвет):

| Объект наблюдения (на белой бумаге). | Цвет полосы вдоль ближнего **к центру** лупы края изображения. | Цвет полосы вдоль ближнего **к краю** лупы края изображения. |
|---|---|---|
| Чёрные печатные буквы. | Синий. | Жёлтый. |
| Линия от красного фломастера. | | |
| Линия от зелёного фломастера. | | |
| Линия от тёмно-синей шариковой ручки. | | Жёлтый (между жёлтой полосой и изображением — тонкая красная полоска). |

(При наличии правильного исчерпывающего объяснения задача считается решённой независимо от наличия правильно заполненной таблицы, в остальных случаях таблица учитывается.)

## Ответы и решения к заданиям конкурса по физике

**1.** (6–8) Во время грозы расстояние от себя до места, где ударила молния, можно примерно определить таким способом.

> Сразу, как сверкнёт молния, начать считать секунды «раз, два, три, четыре, ... » до тех пор, пока не прогремит гром. Последнее названное число разделить на 3 — получится примерное расстояние в километрах от места наблюдения до места удара молнии.

На чём основан этот способ и почему нужно делить именно на 3? Почему этот способ не очень точный? (Перечислите основные причины.)

**Решение.** После удара молнии свет вспышки доходит до нас практически мгновенно (скорость света $c$=299 792,458 км/с), а скорость звука в воздухе: при температуре $0°$ С — $u \approx 331$ м/с $= \frac{1}{3{,}021\ldots}$ км/с $\approx \frac{1}{3}$ км/с; при температуре $20°$ С — $u \approx 343$ м/с $= \frac{1}{2{,}915\ldots}$ км/с $\approx \frac{1}{3}$ км/с.

В интервале температур воздуха $0°$ С – $20°$ С (во время грозы температура воздуха обычно лежит в этих пределах) можно считать, что за 1 секунду звук проходит $\frac{1}{3}$ км, за 3 секунды — 1 км. Поэтому, чтобы узнать количество километров, количество секунд нужно делить на 3.

Причины ошибок:
1) неточное измерение промежутка времени («раз, два, три, ... »);
2) использованное приближённое значение скорости звука;
3) скорость звука в воздухе зависит от температуры, влажности, присутствия капель воды и др. причин, которые могут меняться (особенно во время грозы);
4) в месте прохождения канала молнии возникают ударные волны, которые распространяются по воздуху быстрее звуковых и на некотором расстоянии (пока не затухнут и не превратятся в звуковые) именно они определяют время, через которое прогремит гром;
5) звук возникает не только в месте попадания молнии в землю, но и по всей длине канала прохождения электрического разряда, которая может составлять несколько километров — сначала мы можем услышать звук, пришедший от какой-нибудь промежуточной точки, а не от места попадания в землю;
6) звук от места попадания молнии в землю мы можем вообще не услышать (например, если молния попала в лес или за возвышением), а услышим только гром, дошедший до нас от какой-то другой точки молнии, возможно, ещё и не по прямой, а в результате нескольких отражений.

Если провести более точную оценку, окажется, что причины 1 и 2 не являются главными, т. е. увеличение точности отсчёта времени и использование в расчётах более точного (чем $\frac{1}{3}$ км/с) значения скорости звука в воздухе не увеличивают точность окончательного результата. А вот для того, чтобы узнать, приближается к нам гроза или, наоборот, удаляется — описанный способ вполне годится.

**2.** (6–8) В Москве на некотором участке Садового кольца (длина участка 1 км) средняя скорость движения автотранспорта в правом ряду — 5 км/ч, в двух средних — 6 км/ч, в левом — 7 км/ч. В каждом ряду помещается одинаковое количество машин. Найти среднее время, за которое машины проезжают этот участок Садового кольца.

**Решение.** Среднее арифметическое времён проезда этого участка в каждом из рядов $t_{\text{ср}} = \frac{1}{4}(\frac{1}{5} + 2\frac{1}{6} + \frac{1}{7})$ ч — неправильный ответ. Дело в том, что чем больше скорость движения в ряду, тем бóльшее количество машин по нему за определённое время. Заметим (это легко проверить), что по одному ряду проезжает машин во столько раз больше, чем по другому, во сколько раз скорость движения по нему больше, чем по другому. Поэтому при вычислении среднего арифметического слагаемые в числителе и знаменателе нужно умножить на коэффициенты, так, чтобы соответствующее этим слагаемым количество машин учитывалось правильно:

$$t_{\text{ср}} = \frac{1}{1+\frac{6}{5}\cdot 2+\frac{7}{5}}\left(\frac{1}{5}+\frac{6}{5}\cdot 2\frac{1}{6}+\frac{7}{5}\cdot\frac{1}{7}\right)\ \text{ч} =$$

$$= \frac{1}{\frac{24}{5}}\left(\frac{1}{5}+\frac{2}{5}+\frac{1}{5}\right)\ \text{ч} = \frac{5}{24}\cdot\frac{4}{5}\ \text{ч} = \frac{1}{6}\ \text{ч} = 10\ \text{мин.}$$

**3.** (7–8) Пассажир заметил, что стакан чая в вагоне-ресторане поезда во время движения остывает быстрее, чем на остановках. Предложите физическое объяснение этого явления.

**Решение.** В результате вибрации поезда во время движения поверхность чая в стакане становится неровной, увеличивается её площадь, что приводит к увеличению интенсивности испарения, на которое затрачивается тепловая энергия жидкости (при прочих равных условия (температура, влажность воздуха) количество жидкости, испаряющейся в единицу времени, пропорционально площади поверхности).

Также не следует забывать, что во время тряски стенки стакана всё время смачиваются и чай с них тоже испаряется, площадь поверхности мокрых стенок сравнима с площадью поверхности чая.

Тряска также влияет на конвекционные потоки внутри остывающего чая и на потоки воздуха над его поверхностью (движущиеся «волны» на поверхности «гоняют» воздух). Этот эффект может привести как к увеличению интенсивности охлаждения (за счёт увеличения интенсивности испарения (с поверхности) и охлаждения через стенки из-за более сильного перемешивания жидкости), так и наоборот — в результате вибрации могут разрушится конвекционные потоки.

**4.** (6–11) Ясным весенним днём в Москве пошёл мелкий дождичек. Постройте примерную (качественную) зависимость концентрации в воздухе тополиного пуха от времени с момента начала дождичка. Объясните предложенное вами решение.

**Решение.** Основные причины, по которым пушинка может перестать летать в воздухе:
1) прямое попадание в пушинку капли дождя или брызг, образовавшихся после удара капли о землю;
2) увеличение массы и плотности пушинки из-за возрастающей со временем (после начала дождя) влажности воздуха, из-за чего пушинка может «приземлиться»;
3) движение пушинок вниз в потоке воздуха, увлекаемом каплями



дождя, после чего пушинка может прилипнуть к мокрой земле, асфальту или поверхности лужи, или может быть сбита брызгами у поверхности земли;
4) пушинки должны иметь электрический заряд (как всякие мелкие частицы, летающие в воздухе — например пыль, прилипающая по этой причине к экрану телевизора или компьютера). На первый взгляд кажется, что, раз все тополиные пушинки примерно одинаковы и находятся в одинаковых условиях, они должны иметь примерно одинаковый электрический заряд и поэтому отталкиваться друг от друга, что помогает им «висеть» в воздухе.

На самом деле скорее всего всё устроено «хитрее». Например, тоже вроде бы одинаковые капли дождя[11] заряжены по-разному — встречаются как отрицательно (их средний заряд $-1{,}3\cdot 10^{-12}$ Кл), так и положительно (средний заряд $+1{,}1\cdot 10^{-12}$ Кл) заряженные капли, причём положительно заряженных капель в среднем в 1,5 раза больше, чем отрицательно заряженных. Средний электростатический потенциал таких капель — 40 В, максимальный — около 300 В (напряжение в бытовой электросети, напомним, всего 220 В). Заряд капель «мелкого дождичка» меньше — в среднем $10^{-15}$ Кл – $10^{-14}$ Кл, максимум — $5\cdot 10^{-13}$ Кл.

Распределение зарядов пушинок скорее всего также достаточно сложное. Данных о распределении зарядов в тополином пухе и даже о примерной величине зарядов пушинок нам найти не удалось (видимо, ни физики, ни биофизики, ни биологи всерьёз не интересовались этим вопросом).

Можно предположить, что пушинки похожи на снежинки (средний заряд $10^{-12}$ Кл – $10^{-11}$ Кл, максимальный $5\cdot 10^{-11}$ Кл) . Если такие предположения верны, то основным эффектом наличия дождика будет просто уменьшение электрического сопротивления атмосферы, что, возможно, приведёт к стеканию зарядов и уменьшению устойчивости пуха (концентрации пушинок-снежинок и дождинок примерно одинаковые, а заряд пушинки–снежинки примерно на 3 порядка (в 1 000 раз) больше, чем дождинки, поэтому электростатическое взаимодействие пушинок с дождинками можно не учитывать).

Во время дождя можно заметить интересный парадокс: асфальт уже полностью мокрый (т. е. капли дождя уже перекрыли всю площадь воздуха), а пух всё ещё летает (хотя теоретически все пушинки уже должны быть «сбиты» каплями). Пух летает даже через промежуток времени, в 2–3 раза больший того, когда после начала дождя

[11] Здесь приводятся данные для сильного (грозового) ливня.

асфальт полностью намок (поправка на то, что диаметр «кляксы» от капли на асфальте больше диаметра капли в полёте). Дело тут в том, что движение капли дождя в воздухе (к моменту, когда она окажется около земли на высоте, на которой летает тополиный пух) является установившимся, воздушные потоки обтекают каплю, убирая с её пути пушинки. А вот движение брызг у земли установиться не успевает и они «сбивают» пушинки намного эффективнее.

**5.** (9–11) Тележка едет по горизонтальной поверхности земли с постоянным ускорением. На тележке установлены две стойки одинаковой высоты (отрезок, соединяющий основания стоек, параллелен направлению движения). На этих стойках висит кусок цепочки (см. рис. на стр. 78). По рисунку определить направление движения и, приблизительно, ускорение $a$, с которым движется тележка. Описать способ определения ускорения по рисунку и привести его обоснование. Считать $g = 10$ м/с$^2$.

**Решение.** Тележка едет слева направо (потомучто цепочка «провисает в обратную сторону»). Заметим, что на самом деле правильнее говорить о том, что слева направо направлено ускорение (а скорость может быть направлена в противоположную сторону — в этом случае тележка движется равнозамедленно).

Определить числовое значение ускорения $a$ можно с помощью такого алгоритма:
1) положить на рисунок линейку (или ровный край листа бумаги) так, чтобы она проходила через концы цепочки (точки прикрепления цепочки к стойкам);
2) поворачивать линейку вокруг левого конца цепочки по направлению часовой стрелки до тех пор, пока незакрытая линейкой часть изображения цепочки и сама линейка не будут ограничивать фигуру, имеющую ось симметрии (перпендикулярную линейке);
3) построить эту ось симметрии (серединный перпендикуляр к отрезку, соединяющему точки пересечения цепочки с линейкой);
4) отметить на этой оси произвольный отрезок, построить на нём как на гипотенузе прямоугольный треугольник, один катет которого вертикален, а другой — горизонтален;
5) найти $a$ из пропорции

$$\frac{\text{длина вертикального катета}}{\text{длина горизонтального катета}} = \frac{g}{a}.$$



**Обоснование.** Известно, что движение системы в поле силы тяжести $\vec{g}$ с ускорением $\vec{a}$ эквивалентно[12] для самой системы нахождению её (равномерному прямолинейному движению с любой скоростью[13], в частности, покою) в поле силы тяжести $\vec{g} - \vec{a}$. Направление $\vec{g}$ известно (вертикальное) — значит (в выбранном масштабе)

$|\vec{g}|$ = длина вертикальной проекции отрезка = длина вертикального катета.

Мысленно закрепим цепочку в точке, в которой на рисунке она пересекается с линейкой. Очевидно, форма цепочки от этого не изменится (система находилась в равновесии до этого и будет находиться после). Теперь у нас есть подвешенный за концы кусок цепочки, имеющий симметричную форму. Именно так должен висеть кусок цепочки в поле тяжести, параллельном оси симметрии.

Тем самым ось симметрии — это направление векторной разности $\vec{g} - \vec{a}$. Выберем на этом направлении отрезок и будем считать, что мы выбрали масштаб таким образом, что его длина равна $|\vec{g} - \vec{a}|$.

Направление $\vec{a}$ горизонтально по условию — «Тележка едет по *горизонтальной* поверхности земли с постоянным ускорением.», поэтому

$$|\vec{a}| = \text{длина горизонтального катета.}$$

Поэтому отношение длин векторов $|\vec{g}|/|\vec{a}|$ равно отношению длин катетов, то есть верна пропорция

$$\frac{\text{длина вертикального катета}}{\text{длина горизонтального катета}} = \frac{g}{a},$$

что и требовалось обосновать.

**Справка** (эти сведения не являются необходимыми для решения задачи). Кривая, форму которой имеет висящая в поле силы тяжести однородная цепочка, является графиком функции «гиперболический косинус» (Здесь важно, что цепочка гнётся в любом месте без какого-либо сопротивления, для верёвки это будет не так и поэтому форма подвешенного за концы куска верёвки будет другой). Другое название графика функции «гиперболический косинус» — цепная линия (т. е. линия висящей цепи):

$$\mathrm{ch}\,(x) = \frac{1}{2}(e^x + e^{-x}); \quad e = 2{,}718281828459045\ldots$$

[12] В предположении, что скорость системы нерелятивистская, то есть много меньше скорости света $c$

[13] много меньшей скорости света $c$

Предполагается, что координатная ось $x$ направлена горизонтально, ось $y$ — вертикально. Если концы цепочки закреплены в точках с координатами $(X; \operatorname{ch}(X))$ и $(-X; \operatorname{ch}(X))$, она имеет длину

$$L = e^X + e^{-X}$$

Конечно, между точками $(X; \operatorname{ch}(X))$ и $(-X; \operatorname{ch}(X))$ можно подвесить цепочку какой-нибудь другой длины. Тогда форма цепочки не будет совпадать с графиком функции $\operatorname{ch}(x)$. Часто говорят, что форму гиперболической косинусоиды имеют все цепочки, висящие в однородном поле тяжести.

Оказывается, что все гиперболические косинусоиды (геометрически) подобны друг другу: если у нас есть фотографии двух висящих цепочек, мы всегда можем увеличить одну из фотографий так, чтобы при наложении её на другую фотографию изображения цепочек совпали (разумеется, могут быть «хвосты», которые не накрываются изображением цепочки с другой фотографии, но накладывающиеся участки совпадают точно).

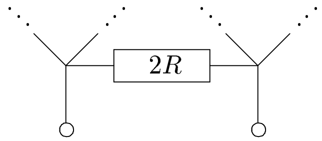
Зная факты, описанные после слова «справка» и до этой строчки, можно (хотя и не очень просто) «школьными» методами получить уравнение для формы цепочки любой данной длины, висящей между двумя любыми данными точками. Предлагаем Вам над этим подумать.

**Замечание.** Наличие оси симметрии в п. 2 определяется на глаз. После этого правильность положения линейки лучше проверить и при необходимости уточнить (например, проверить, что расстояние от точки пересечения цепочки с построенной осью симметрии до концов прямолинейного участка границы фигуры одинаковы). Если это не так — чуть подвинуть линейку. Двух уточнений обычно бывает достаточно.

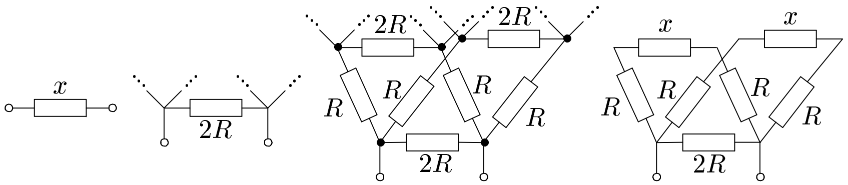
**6.** (8–11) Между клеммами $A$ и $B$ параллельно подключили две одинаковые цепочки из трёх последовательно соединённых резисторов сопротивлениями $R$, $2R$ и $R$. Параллельно каждому из резисторов сопротивлением $2R$ подключили две такие же цепочки —$R$—$2R$—$R$—, а сами резисторы сопротивлением $2R$, параллельно которым подключали цепочки, отметили (чтобы не запутаться). Параллельно каждому из неотмеченных резисторов сопротивлением $2R$ опять подсоединили по две цепочки —$R$—$2R$—$R$—, а сами резисторы сопротивлением $2R$, параллельно которым подключали цепочки, отметили. Такую операцию повторили бесконечное количество раз. Найти сопротивление $R_{AB}$ между клеммами $A$ и $B$.



**Решение.** Пусть $x \geqslant 0$ — сопротивление такой схемы:




Последовательно преобразуем схему следующим образом:




$$\frac{1}{x} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{R+x+R} + \frac{1}{R+x+R}$$

$$\frac{1}{x} = \frac{1}{2R} + \frac{2}{2R+x} = \frac{2R+x+2\cdot 2R}{2R(2R+x)} = \frac{6R+x}{4R^2+2Rx}$$

$$x = \frac{4R^2+2Rx}{6R+x}$$

$$6Rx + x^2 = 4R^2 + 2Rx$$

$$x^2 + 4Rx - 4R^2 = 0$$

$$x = \frac{-4R \pm \sqrt{(4R)^2 - 4(-4R^2)}}{2} =$$

$$= \frac{-4R \pm \sqrt{32R^2}}{2} = \frac{-4R \pm 4R\sqrt{2}}{2} = 2R(\pm\sqrt{2} - 1)$$

$x \geqslant 0$, следовательно $x = 2R(\sqrt{2} - 1)$

Сопротивление x получилось в результате параллельного соединения $R_{AB}$ и $2R$.

$$\frac{1}{x} = \frac{1}{R_{AB}} + \frac{1}{2R}$$

$$\frac{1}{2R(\sqrt{2}-1)} = \frac{1}{R_{AB}} + \frac{1}{2R}$$

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{2R(\sqrt{2}-1)} - \frac{1}{2R} = \frac{1}{2R}\left(\frac{1}{\sqrt{2}-1} - 1\right) = \frac{1}{2R}\cdot\frac{2-\sqrt{2}}{\sqrt{2}-1}$$

$$R_{AB} = \frac{2R(\sqrt{2}-1)}{2-\sqrt{2}} = 2R\frac{(\sqrt{2}-1)(2+\sqrt{2})}{(2-\sqrt{2})(2+\sqrt{2})} = 2R\frac{\sqrt{2}}{2} = \sqrt{2}R$$

**Ответ.** $R_{AB} = \sqrt{2}R$.

**7.** (9–11) Между гладкой табуреткой и стулом такой же высоты (горизонтально) лежит доска длины $L$ массы $M$ (масса равномерно распределена по длине). Коэффициент трения между доской и стулом $\mu$, между доской и табуреткой — 0. На табуретке сидит мышь массы $m$. Увидев кошку, мышь перебегает по доске с табуретки на стул, рассчитывая свои действия так, чтобы на стуле оказаться как можно быстрее и при этом не свалить доску, опирающуюся на самый край стула. Найдите работу $A$, совершённую мышью во время перебегания по доске. Мощность мыши не ограничена, её лапы по доске не проскальзывают.

**Решение.** Мышь в каждой точке доски может двигаться с ускорением не больше некоторого (зависящего от точки), а её скорость при этом, очевидно, может быть любой. Ускорение определяется из условия, что горизонтальная сила, с которой мышь действует на доску ($F = ma$), не должна быть больше максимальной силы трения покоя доски о стул. Эта сила трения $F_{\text{тр}} = \mu N$, где $N$ — сила реакции стула, действующая на конец доски, который на этом стуле лежит.

Пусть мышь находится на доске на расстоянии $x$ от табуретки. Чтобы доска была неподвижной (как требуется в условии задачи) необходимо, чтобы сумма моментов сил, действующих на доску, относительно конца доски, лежащего на табуретке, была равна 0.

$$Mg\frac{L}{2} + mg(L-x) - NL = 0$$

(силу трения мыши о доску не учитываем, т. к. конец доски лежит на прямой, вдоль которой действует эта сила, поэтому момент этой силы относительно этого конца равен 0)



$$NL = Mg\frac{L}{2} + mg(L-x)$$

$$N(x) = \frac{Mg\frac{L}{2} + mg(L-x)}{L} = \left(-\frac{mg}{L}\right)x + \left(\frac{Mg}{2} + mg\right)$$

Видим, что зависимость силы реакции $N$ (и, следовательно, максимальной силы трения покоя $F_{\text{тр}} = \mu N$) от положения мыши на доске — линейная.

Следовательно, мышь в каждый момент времени должна двигаться с максимально возможным ускорением. Поскольку это ускорение везде положительно (мышь нигде не тормозила), а доска горизонтальна, совершённая мышью работа равна кинетической энергии (когда мышь находилась в конце доски, в начале скорость мыши по условию была равна 0).

Построим график зависимости ускорения от координаты. Поскольку эта зависимость линейная, площадь под графиком $S$ легко найти школьными методами. Из известной формулы $2ax = v^2 - v_0^2$ (или $ax = \frac{v^2}{2} - \frac{v_0^2}{2}$) следует, что эта площадь равна изменению половины квадрата скорости за время движения, то есть (так как у нас $v_0 = 0$) это просто $\frac{v^2}{2}$.

Работа мыши, которую нужно найти, $A = mv^2/2 = mS$.

$$F_{max}(0) = \mu\frac{M}{2}g; \quad F_{max}(L) = \mu(\frac{M}{2} + m)g.$$

$$a_{max}(0) = \frac{1}{m}F_{max}(0) = \frac{1}{m}\mu\frac{M}{2}g; \quad a_{max}(0) = \frac{1}{m}F_{max}(L) = \frac{1}{m}\mu(\frac{M}{2}+m)g.$$

$$S = L\frac{a_{max}(0) + a_{max}(L)}{2} = \frac{L}{2m}\mu g(\frac{M}{2} + \frac{M}{2} + m)) = L\mu g\frac{M+m}{2m}.$$

Ответ: $A = mS = m\,L\mu g\frac{M+m}{2m} = \frac{1}{2}\mu(M+m)gL$.

**Примечание.** На первый взгляд может показаться, что при решении этой задачи проще воспользоваться формулой

$$\textit{работа} = \textit{сила}\cdot\textit{перемещение}$$

Однако для обоснования минимальности времени нам всё равно придётся искать ускорение, а когда мы его уже нашли — довести решение до конца оказывается проще приведённым выше способом.

**8.** (10–11) Ясным солнечным днём Шерлок Холмс сидел у окна, разглядывая заголовок газеты в свою любимую большую стеклянную лупу. Оказалось, увеличенное изображение в середине лупы воспроизводится практически без искажений, а по краям вдоль границ чёрных букв видны цветные полосы — жёлтые со стороны края лупы и синие — со стороны её центра.
Объясните наблюдаемое явление и заполните (все или некоторые) пропуски в таблице (напишите, почему выбран именно такой цвет).

См. таблицу в условии на стр. 79.

(При наличии правильного исчерпывающего объяснения задача считается решённой независимо от наличия правильно заполненной таблицы, в остальных случаях таблица учитывается.)

**Решение.** В солнечном свете (и, разумеется, его отражении от белой бумаги) содержится весь спектр цветов (радуга). Стекло обладает дисперсией, то есть преломляет лучи разных длин волн (цветов) под разными углами.

Чистую белую бумагу сквозь лупу мы также видим белой, т. е. от каждой точки поверхности лупы к нам в глаз направляются все спектральные компоненты. Но отражены они от **разных** участков поверхности бумаги (расположенных друг за другом в порядке цветов спектра (этот порядок, соответствующий, последовательности цветов полос радуги, легко запомнить с помощью известной фразы про фазана и охотника).

Когда, из-за наличия на участках поверхности бумаги рисунка, от этих участков отражаются не все спектральные компоненты, в некоторых местах спектр оказывается неполным, что и воспринимается нами как цветные полосы.

Обычное стекло[14] сильнее преломляют спектральные компоненты с меньшей длиной волны (в «синей» области спектра).

Чтобы объяснить, что именно происходит при рассматривании в лупу полос разного цвета, для простоты будем считать, что белый свет состоит всего из трёх компонент: синей (направление лучей которой меняется лупой сильнее всего), жёлтой и красной (направление лучей

[14]бывают стёкла и кристаллы, которые ведут себя наоборот, но лупы из них обычно не делают.



меняется слабее всего). Белая бумага отражает все компоненты, цветные полосы на ней отражают только «свой» цвет, а чёрные не отражают вообще ничего.

**Каждый Охотник Желает Знать Где Сидит Фазан.**

иолетовый $\lambda = 380 - 470$ нм
иний
олубой $\lambda = 480 - 500$ нм
елёный $\lambda = 510 - 560$ нм
ёлтый
$\lambda = 570 - 590$ нм
ранжевый
расный $\lambda = 600 - 760$ нм

Детская считалка для запоминания последовательности цветов спектра (радуга)

Рассмотрим какую-нибудь точку ($A$) на белой бумаге и точку $A'$ на изображении бумаги в лупе, в которую из точки $A$ попадают лучи жёлтого цвета, а также точку $O$ на бумаге, изображение которой $O'$ находится в центре изображения участка бумаги, даваемого лупой. Тогда лучи жёлтого цвета в точку $A'$ попадают из некоторой точки $B$, а лучи синего цвета — из точки $C$. Точки $A$, $O$, $B$, $C$ находятся на бумаге на одной прямой в порядке $O$—$C$(синий)—$A$(жёлтый)—$B$(красный). (Синие лучи преломляются лупой на самый большой угол, красные — на самый маленький).

Проведём теперь по бумаге чёрную полосу около точки $A$ ближе к точке $O$ (точка $C$ оказалась на этой полосе, а точка $A$ — на ближайшем к кра́ю лупы краю́ этой полосы). Теперь точка изображения $A'$ будет казаться жёлтой (лучи красного и жёлтого цвета из точек $B$ и $A$ в точку $A'$ попадаю, а лучи синего цвета из точки $C$ — нет, так как теперь она покрашена в чёрный цвет и вообще никаких лучей не отражает; смесь жёлтого и красного цвета видна как жёлто-оранжевый). Этим и объясняется жёлтая окраска этого края полосы.

Аналогично, если провести чёрную полосу с другой стороны точки $A$ (по точке $B$) — мы увидим точку $A'$ в синем цвете (так как от чёрной точки $B$ в точку $A'$ теперь не попадают красные лучи).

Так же объясняется и окраска краёв изображений цветных полос.

Описанное выше явление искажения цвета при формировании изображения в линзах (и других оптических системах) носит название хроматическая аберрация.

Правильно заполненная таблица (данные условия задачи напечатаны обычным шрифтом, пустые клетки заполнены *курсивом*; надеемся, что у Шерлока Холмса была такая же лупа, как и у жюри, даже если и не так — различия будут не очень значительными).

| Объект наблюдения (на белой бумаге). | Цвет полосы вдоль ближнего **к центру** лупы края изображения. | Цвет полосы вдоль ближнего **к краю** лупы края изображения. |
|---|---|---|
| Чёрные печатные буквы. | Синий. | Жёлтый. |
| Линия от красного фломастера. | *Синий (фиолетовый).* | *Жёлтый.* |
| Линия от зелёного фломастера. | *Полоса не наблюдается.* | *Жёлтый.* |
| Линия от тёмно-синей шариковой ручки. | *Синий (голубой).* | Жёлтый (между жёлтой полосой и изображением видна тонкая красная полоска). |



# Конкурс по химии

## Задания

После номера задачи в скобках указано, каким классам эта задача рекомендуется. Вам предлагается решить четыре из предложенных задач по собственному выбору (желательно решать задачи, предназначенные для Вашего или более старшего класса).

**1.** (8) При пропускании смеси хлористого водорода и бромистого водорода через воду был получен раствор, содержащий равные массовые доли соляной и бромоводородной кислот. Каково было объёмное соотношение газов в исходной смеси?

**2.** (8–9) Образец известняка (карбоната кальция) прокаливали с целью получения негашеной извести до тех пор, пока его масса не перестала изменяться. Оказалось, что масса образца уменьшилась на 22%. Определите содержание пустой породы в известняке.

**3.** (8–10) После пропускания диоксида углерода через раствор, содержащий 3,7 г гидроксида кальция, было получено 4 г осадка. Определите массу поглотившегося $CO_2$.

**4.** (8–10) Один из самых знаменитых опытов в истории химии состоял в следующем. Шведский помощник аптекаря Карл Шееле внёс кусок горящего фосфора в колбу, наполненную воздухом, и закрыл её пробкой. По окончании горения и охлаждении колбы он поместил её горлышком вниз в сосуд с водой и открыл пробку. Вода поднялась в колбу, заполнив её на 1/5 объёма. Так Шееле узнал, что воздух, считавшийся ранее простым веществом, состоит из двух основных компонентов — кислорода и азота. Что изменилось бы в наблюдениях Шееле, если бы вместо фосфора он использовал:

а) серу;
б) магний;
в) раскалённый уголь?

Ответ поясните уравнениями соответствующих реакций.

**5.** (9–11) Приведите уравнения реакций, позволяющие осуществить данные цепочки превращений; укажите условия их протекания. Расшифруйте вещества А, Б, Г, Д (предложите возможные варианты).

$$N_2 \to А \to NH_3 \to Б \to N_2O \to N_2$$

$$Fe \to FeCl_2 \to Г \to Fe(OH)_3 \to Д \to Fe(NO_3)_3 \to Fe_2O_3$$

**6.** (9–11) В вашем распоряжении имеется хлор, сера, нитрат серебра и вода. Получите как можно больше (но не более 20 !) новых веществ, используя эти вещества и продукты их превращений, а также любое лабораторное оборудование.

**7.** (10–11) В технологии производства меди существуют термины «катодная медь» и «анодная медь». Каково происхождение этих терминов? Запишите необходимые для пояснения ответа уравнения реакций. Какая из разновидностей меди, катодная или анодная, дороже и почему?

**8.** (10–11) Предельный углеводород имеет единственное монохлорпроизводное и два изомерных дихлорпроизводных. Приведите возможные структурные формулы этого углеводорода.

**9.** (10–11) При хлорировании изобутана хлором на свету получили изобутилхлорид и третичный хлористый бутил в отношении $2:1$. Какие продукты и в каком соотношении получатся при хлорировании 2,3-диметилбутана при тех же условиях? Напишите по одной реакции, характеризующей химические свойства каждого из полученных изомеров.

**10.** (9–11) Какие из указанных ниже веществ (в виде водных растворов) или их смеси пригодны для растворения металлической меди:

$$HCl,\ H_2SO_4,\ HNO_3,\ FeCl_3,\ H_2O_2,\ ZnCl_2\ ?$$

Напишите уравнения соответствующих реакций и уравняйте их методом электронного или электронно-ионного баланса. В тех случаях, когда реакция не идёт, объясните, почему.

## Краткие решения задач конкурса по химии

*Задачи и решения для конкурса по химии подготовлены С. Е. Семёновым, директором Химического лицея №1033 г. Москвы, и З. П. Свитанько.*

1. Согласно закону Авогадро, объёмное соотношение газов равно их молярному соотношению. То есть на каждую молекулу (HCl или HBr) в газе приходится один и тот же объём (поэтому объёмное отношение газов в смеси равно отношению количеств молекул этих газов). Молярные массы $M(\mathrm{HCl}) = 36{,}5$ г/моль, $M(\mathrm{HBr}) = 81$ г/моль. По условию в водном растворе (а, следовательно, и пропущенной через воду смеси газов) содержится равные по массе



количества HCl и HBr, поэтому отношение количеств молекул этих веществ равно отношению масс их молекул, что, разумеется, равно отношению их молярных масс $81/36{,}5 = 2{,}22$ Молекулы HCl легче, поэтому их больше (в 2,22 раза).

2. $CaCO_3 = CaO + CO_2$ — уравнение реакции;
$CaCO_3$ — карбонат кальция (известняк);
$CaO$ — оксид кальция (негашеная известь).

Молярная масса карбоната кальция $M_r(\mathrm{CaCO_3}) = 100$ г/моль, оксида кальция $M_r(\mathrm{CaO}) = 56$ г/моль. При прокаливании масса образца должна уменьшиться на 44% ($\frac{100\ \text{г/моль} - 56\ \text{г/моль}}{100\ \text{г/моль}} \cdot 100\% = 44\%$). Реально она уменьшилась на 22%. Значит содержание пустой породы (в данном случае, примесей, которые не разлагаются при нагревании) составляет $22/44 = 0{,}5$ (50%).

3. При пропускании диоксида углерода в раствор гидроксида кальция происходят следующие реакции.

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O \quad (1)$$

выпадение осадка и при избытке $CO_2$ (когда весь гидроксид кальция израсходовался) осадок растворяется

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O = Ca(HCO_3)_2 \quad (2)$$

(так как гидрокарбонат кальция растворим)

При решении нужно рассматривать два случая.

1) Гидроксид кальция находится в избытке — ведём расчёт по карбонату кальция. 4 г $CaCO_3$ составляют $4/100 = 0{,}04$ моль. Количество $CO_2$ также 0,04 моль, что составляет $0{,}04 \cdot 44 = 1{,}76$ г.

2) В избытке углекислый газ. Тогда гидроксид кальция полностью израсходовался. Его количество $3{,}7/74 = 0{,}05$ моль. На его осаждение требуется 0,05 моль $CO_2$. При этом должно выпасть 0,05 моль осадка $CaCO_3$, что составляет $0{,}05 \cdot 100 = 5$ г.

Поскольку фактически было получено 4 г осадка, то 1 г осадка растворился по реакции (2).
На это потребовалось $(1/100) \cdot 1 = 0{,}01$ моль $CO_2$.
Общее количество углекислого газа $0{,}05 + 0{,}01 = 0{,}06$ моль, что равно $0{,}06 \cdot 44 = 2{,}64$ г.

4. 1) В случае углерода следует рассматривать два фактора. Во-первых, $CO_2$, который получается при сжигании углерода — газ, в отличие от оксидов фосфора. То есть он занимает место, которое занимал кислород и которое в случае фосфора сразу заполнилось водой. Второй фактор — это значительная растворимость $CO_2$ в воде, вследствие чего вода всё-таки поднимется в колбу, но меньше, чем на 1/5.

   2) Магний реагирует не только с кислородом, но и с азотом, поэтому теоретически вода может заполнить колбу целиком. Однако на практике этого не произойдёт, так как для этого требуется, чтобы в результате сгорания магния в колбе был создан вакуум, что маловероятно. Во всяком случае, колба будет заполнена более чем на 1/5.

   3) В случае серы ситуация аналогична углероду, однако $SO_2$ растворим меньше, чем $CO_2$, поэтому воды в колбе будет ещё меньше.

5.

$$N_2 \to A \to NH_3 \to Б \to N_2O \to N_2$$
$$Fe \to FeCl_2 \to Г \to Fe(OH)_3 \to Д \to Fe(NO_3)_3 \to Fe_2O_3$$

Один из возможных вариантов выглядит так.

$N_2 + 6Li = 2Li_3N$
$Li_3N + H_2O = LiOH + NH_3$
$NH_3 + HNO_3 = NH_4NO_3$
$NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O$
$2N_2O = 2N_2 + O_2$ (при высоких температурах)

$Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2$
$FeCl_2 + 2NaOH = Fe(OH)_2 + 2NaCl$
$4Fe(OH)_2 + O_2 + 2H_2O = 4Fe(OH)_3$
$Fe(OH)_3 + 3HCl = FeCl_3 + 3H_2O$
$FeCl_3 + 3AgNO_3 = 3AgCl + Fe(NO_3)_3$
$4Fe(NO_3)_3 = 2Fe_2O_3 + 12NO_2 + 3O_2$ (термическое разложение)

6. Здесь возможно множество реакций. Ниже приведены только некоторые из них для примера.
$2AgNO_3 = 2Ag + 2NO_2 + O_2$ (терм. разложение)
$2H_2O = O_2 + 2H_2$ (электролиз)

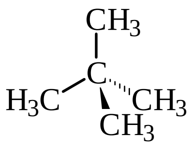


$S + O_2 = SO_2$
$SO_2 + NO_2 = SO_3 + NO$
$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$
$H_2 + Cl_2 = 2HCl$ (на свету)
$AgNO_3 + HCl = AgCl + HNO_3$
$3NO_2 + 2H_2O = 2HNO_3 + NO$
$SO_2 + Cl_2 = SO_2Cl_2$ и т. д.

7. В процессе производства меди используется процедура её электрохимического рафинирования:
на аноде $Cu - 2e^- = Cu^{2+}$
на катоде $Cu^{2+} + 2e^- = Cu$

   Неочищенный металл, используемый в качестве растворимого анода, называют анодной медью; чистую электролитическую медь — катодной медью. С точки зрения дополнительных затрат на электроэнергию при получении катодная медь дороже анодной, в которой (и в так называемом анодном шламе) максимально сконцентрированы примеси, присутствовавшие в исходной черновой (металлургической) меди. Однако эти примеси могут оказаться весьма ценными, если они содержат благородные металлы, которые часто сопутствуют меди в её месторождениях, например, серебро или золото. В этом случае ценность анодной меди способна превысить стоимость катодной в расчёте на единицу массы.

8. Примеры таких веществ:
этан $CH_3CH_3$;
неопентан (2,2-диметилпропан)

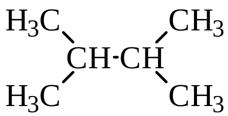



Все атомы водорода группы $CH_3$ можно считать эквивалентными (на самом деле они постоянно меняются местами — $CH_3$-группа «крутится»). Это утверждение может оказаться не совсем верным в случае, если окружение $CH_3$-группы сильно асимметрично, но в нашем случае как раз всё в порядке: у этана, очевидно, обе $CH_3$-группы лежат на оси симметрии молекулы и являются эквивалентными друг другу. Поэтому все атомы водорода также эквивалентны и хлором можно заместить любой из них — в результате получится одна и та же молекула.

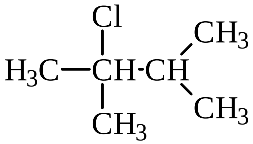
Молекула 2,2-диметилпропана имеет тетраэдрическую форму (в центре воображаемого тетраэдра находится атом углерода, в вершинах — метильные группы $-CH_3$; см. структурную схему). Все метильные группы в этой молекуле также эквивалентны и поэтому монохлорпроизводное у этой молекулы также единственно.

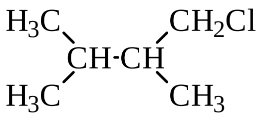
У этана может быть два изомера дихлорпроизводных — 2 атома хлора могут замещать атомы водорода одной или разных метильных групп. Также обстоит дело и с 2,2-диметилпропаном — так как по отношению к одной выбранной вершине правильного тетраэдра 3 остальные эквивалентны, поэтому 2 атома хлора можно разместить по двум разным метильным группам единственным способом.

9. При хлорировании 2,3-диметилбутана



может быть получено два продукта — в результате замещения соответственно третичного и первичного атомов водорода:





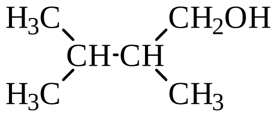
Такая же ситуация наблюдается в случае изобутана. При этом изобутан содержит один третичный и девять первичных атомов



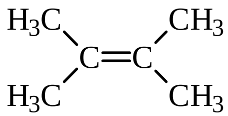
Н. Если бы скорость замещения по этим двум положениям была одинаковой, то соотношение продуктов реакции было бы 9 : 1. Так как реальное соотношение 2 : 1, скорость замещения третичного атома водорода в 4,5 раз выше скорости замещения первичного атома.

В случае 2,3-диметилбутана имеется 2 третичных атома и 12 первичных атомов водорода, соотношение 6 : 1. Так как третичные атомы замещаются в 4,5 раз быстрее, то соотношение продуктов будет $(6 \cdot 1) : (1 \cdot 4{,}5) = 4 : 3$.

Химические свойства полученных изомеров различаются. При взаимодействии с раствором щёлочи 1-хлор-2,3-диметилбутан превращается в соответствующий спирт,



а в случае третичного хлорида основным продуктом реакции будет продукт отщепления, алкен



(расположение двойной связи — в соответствии с правилом Зайцева).

10. 1) Растворы HCl, $H_2SO_4$ (разбавленная) и $ZnCl_2$ не растворяют медь (так как медь стоит в ряду напряжений правее водорода, а также правее цинка).
2) концентрированная $H_2SO_4$ реагирует с медью
$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + 2H_2O + SO_2$
3) $Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$
(или реакция с образованием NO)
4) $Cu + 2FeCl_3 = CuCl_2 + 2FeCl_2$
5) $Cu + 2HCl + H_2O_2 = CuCl_2 + 2H_2O$

# Конкурс по биологии

Вопросы и ответы подготовили биологи школы № 520 г. Москвы Соколова Г. А., Калякин М. В., Куприянова Е. А., Кобузева И. А. и Петраш Е. Г.

Все задания адресованы школьникам всех классов. Оценка по каждой задаче зависит от количества и полноты верно указанных «составных частей» решения (верных вариантов ответа, гипотез и т. п.) и Вашего класса (возраста). Итог подводится по сумме оценок по всем заданиям.

## Вопросы и задания

1. Известно, что у паука «наружное» пищеварение. Поймав муху, он, прежде всего, обрабатывает её своей слюной, содержащей пищеварительный сок. Можно ли представить себе что-то подобное в мире растений?
2. Людям (вид Homo sapiens) свойственно держать голову вертикально прямо. Отчего это зависит:
   а) от расположения позвонков;
   б) от мышц;
   в) другие варианты (*напишите, что именно*)?
3. Найдите соответствия между I и II группами:

| **Группа I** | **Группа II** |
|---|---|
| 1. 1. кожные одноклеточные железы; | 2. 1. аксолотль; |
| 1. 2. плакоидная чешуя; | 2. 2. ехидна; |
| 1. 3. костная чешуя; | 2. 3. ящерица; |
| 1. 4. кожа, несущая основную роль в дыхании; | 2. 4. пингвин; |
| 1. 5. сухая кожа, отсутствие желёз; | 2. 5. акула; |
| 1. 6. хорда; | 2. 6. лягушка; |
| 1. 7. неподвижный череп; | 2. 7. киви; |
| 1. 8. позвонок; | 2. 8. гадюка; |
| 1. 9. один круг кровообращения; | 2. 9. лиса; |
| 1.10. грудная клетка; | 2.10. куропатка; |
| 1.11. зубы; | 2.11. муравьед; |
| 1.12. парные конечности; | 2.12. червяга; |
| 1.13. костный позвоночник; | 2.13. окунь; |
| 1.14. слуховые косточки; | 2.14. крыса; |
| 1.15. перья; | 2.15. скат. |
| 1.16. чешуйчатый эпидермис; | |
| 1.17. трёхкамерное сердце. | |



Ответ можно оформить в виде таблицы, отметив крестиком правильные, по Вашему мнению, варианты соответствий.

4. Известно, что клетки крови человека — эритроциты — не содержат ядер, не способны к делению и сильно отличаются от обычных клеток. Так на основе чего учёные выделяют этот структурный элемент как клетку?
5. Земноводные — животные, жизнь которых неразрывно связана как с сушей, так и с водой. Однако известны виды жаб, живущих в песчаных зонах, сильно удалённых от водоёмов. Какие приспособления могли бы использовать эти животные для выживания в подобных условиях?
6. Предложите несколько гипотез о механизмах старения.
7. Назовите особенности биологии птиц, которые делают некоторые их виды кандидатами на включение в «Красную книгу».
8. Лесные птицы часто образуют смешанные стаи — группы, в которых представители разных видов подолгу перемещаются вместе. Назовите возможные причины возникновения таких объединений и «сконструируйте» такую стайку из известных вам подмосковных птиц.
9. Любые растения, растущие вместе (допустим, травы на лугу), обязательно влияют друг на друга. Предложите как можно больше способов взаимодействия растений в лесу.

## Ответы на вопросы конкурса по биологии

**Вопрос 1.** *Известно, что у паука «наружное» пищеварение. Поймав муху, он, прежде всего, обрабатывает её своей слюной, содержащей пищеварительный сок. Можно ли представить себе что-то подобное в мире растений?*

В мире растений существуют хищные растения, питающиеся насекомыми. Обычно эти растения поселяются в болотах, по заболоченным берегам, есть среди них и эпифиты. Поедая насекомых, растения восстанавливают недостаток органических веществ в почве, а именно содержащих азот.

«Хищников» в растительном мире не так мало — несколько семейств специализируется на ловле насекомых. Большая часть таких растений обитает в тропиках, но есть несколько родов, обитающих у нас, это — росянки, пузырчатки, жирянки.

Охотой занимаются, как правило, видоизмененные или специально приспособленные листья. У росянки и жирянки насекомые приклеиваются и затем перевариваются складывающимися листьями, у тропических непентесов часть листа превращена в специальный ловчий кувшинчик, где и скапливаются жертвы. По вместительности такие кувшинчики могут быть сравнимы с желудком человека. И листья росянки, и кувшинчики непентеса выделяют ферменты, переваривающие добычу, причём переваривание может происходить очень быстро, за какие-нибудь 5–8 часов. Не хуже, чем у паука![15]

**Вопрос 2.** *Людям (вид Homo sapiens) свойственно держать голову вертикально прямо. Отчего это зависит:*

*а) от расположения позвонков;*

*б) от мышц;*

*в) другие варианты (напишите, что именно)?*

Конечно же, люди держат голову прямо потому, что шейные позвонки устроены и соединены специальным образом. И кошки, и лошади держат голову, но строение их позвоночника и особенно шейного отдела другие — другое и положение головы. Несомненно, что и мышцы помогают в этом — мы засыпаем, мышцы расслабляются, голова безвольно «падает» на грудь. Но не стоит забывать и о том, что умение «держать голову» приходит к нам не сразу, этот безусловный

[15] Пищеварение у растений формально называется внутренним, т. к. осуществляется во временно образованном закрытом пространстве.



рефлекс формируется у новорождённого ребёнка — нервная система причастна к положению головы.

Если рассмотреть черепа предков человека: человекообразных обезьян, австралопитеков, да и представителей рода человек — человека прямоходящего, умелого, то можно заметить, как отличаются их черепа от формы черепа современного человека. Лицевой отдел у человека разумного уменьшился — укоротились челюсти, лицо стало плоским; зато увеличился мозговой отдел — это не случайно — тяжёлая задняя часть головы сама заставляет отбрасывать голову назад, служит противовесом при ходьбе на двух ногах. Таким образом, строение черепа тоже определяет положение головы. А гордо поднятая голова — не только признак хорошего настроения, но и уверенного передвижения на двух ногах!

**Вопрос 3.** *Найдите соответствия между I и II группами. Ответ можно оформить в виде таблицы, отметив крестиком правильные, по Вашему мнению, варианты соответствий.*

| | 2.1. аксолотль | 2.2. ехидна | 2.3. ящерица | 2.4. пингвин | 2.5. акула | 2.6. лягушка | 2.7. киви | 2.8. гадюка | 2.9. лиса | 2.10. куропатка | 2.11. муравьед | 2.12. червяга | 2.13. окунь | 2.14. крыса | 2.15. скат |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.1.кожные одноклеточные железы | ⋆ | ⋆ | | | ⋆ | ⋆ | | | ⋆ | | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ |
| 1.2.плакоидная чешуя | | | | | | | | | | | | | ⋆ | | |
| 1.3.костная чешуя | | | | | ⋆ | | | | | | | | | | ⋆ |
| 1.4.кожа — осн. роль в дыхании | ⋆ | | | | | ⋆ | | | | | | ⋆ | | | |
| 1.5.сухая кожа, отсутствие желёз | | | ⋆ | ⋆ | | | ⋆ | ⋆ | | ⋆ | | | | | |
| 1.6.хорда | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ |
| 1.7.неподвижный череп | ⋆ | | | | ⋆ | | | | | | | | ⋆ | | ⋆ |
| 1.8.позвонок | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ |
| 1.9.один круг кровообращения | | | | | ⋆ | | | | | | | | ⋆ | | ⋆ |
| 1.10.грудная клетка | | ⋆ | ⋆ | ⋆ | | | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | | | ⋆ | |
| 1.11.зубы | ⋆ | | ⋆ | | ⋆ | ⋆ | | ⋆ | ⋆ | | | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ |
| 1.12.парные конечности | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | | ⋆ | ⋆ | ⋆ | | ⋆ | ⋆ | ⋆ |
| 1.13.костный позвоночник | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | |
| 1.14.слуховые косточки | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | ⋆ | | ⋆ | |
| 1.15.перья | | | | ⋆ | | | ⋆ | | | ⋆ | | | | | |
| 1.16.чешуйчатый эпидермис | | | ⋆ | ⋆ | | | ⋆ | ⋆ | | ⋆ | | | ⋆ | | |
| 1.17.трёхкамерное сердце | ⋆ | | ⋆ | | | ⋆ | | ⋆ | | | | ⋆ | | | |

*Справка.* Аксоло́тль — личинка хвостатого земноводного — тигровой амбистомы, способная к самостоятельному размножению на личиночной стадии (явление такого размножения — без превращения во взрослую особь — носит название неотения). Способность аксолотля к самостоятельному превращению из личинки во взрослую особь утрачена, однако такое превращение может быть вызвано искусственным путём (воздействием гормонов щитовидной железы).

**Вопрос 4.** *Известно, что клетки крови человека — эритроциты — не содержат ядер, не способны к делению и сильно отличаются от обычных клеток. Так на основе чего учёные выделяют этот структурный элемент как клетку?*

Эритроциты — высоко специализированные безъядерные клетки, теряющие ядро и большинство органелл в ходе созревания. Связано это с транспортом газов (дыханием) и других важных для клетки веществ: аминокислот, антител, некоторых токсичных и лекарственных веществ.

Почему же эритроциты — клеточные структуры? Рассмотрим строение эритроцита: как любая клетка, эритроцит окружен мембраной, сходной по строению с мембранами других клеток и выполняющей те же функции. В эритроцитах сохраняются органоиды синтеза белка — рибосомы и эндоплазматическая сеть. В течение своей жизни (около 120 дней!) эритроцит меняет форму и размер, то есть не только функционирует в крови, но и продолжает развиваться и даже затем расформировываться.

Откуда же берутся эритроциты? Ведь без ядра делением они размножаться не могут. Родоначальницами эритроцитов, как и других клеток, являются стволовые клетки, живущие в красном костном мозге. Эти клетки делятся, а их потомки постепенно дифференцируются — клетки уменьшаются почти в два раза, снижается количество РНК, накапливается белок гемоглобин и происходит уплотнение и выход ядра.

В некоторых случаях в крови обнаруживаются эритроциты с ядром. В крови новорождённых детей это закономерно, у взрослых — свидетельствует о тяжёлом заболевании.

У некоторых животных — у лягушки или у птиц эритроциты в норме имеют ядра. У млекопитающих же — утратились в ходе эволюции. Так что можно смело сказать, что эритроцит — действительно клетка.



**Вопрос 5.** *Земноводные — животные, жизнь которых неразрывно связана как с сушей, так и с водой. Однако известны виды жаб, живущих в песчаных зонах, сильно удалённых от водоёмов. Какие приспособления могли бы использовать эти животные для выживания в подобных условиях?*

Особенности размножения амфибий типичны для водных организмов, но среди представителей этого класса есть ряд форм, развитие которых не связано с водоёмами.

Некоторые жабы откладывают яйца (икру) на влажной земле или среди камней, а не в воду. Из крупных, богатых желтком яиц вылупляются вполне сформированные лягушата. У эмбрионов некоторых таких видов даже не развиваются жабры. Органом дыхания служит богатый кровеносными сосудами хвост.

Австралийская жаба прячет свои яйца в норы, специально вырытые самцом. В период размножения у самцов этого вида на морде развивается специальное лопатообразное утолщение, помогающее копанию. Африканские амфибии не только роют норы, но и устраивают в них пенные гнёзда, сбивая лапами слизистые оболочки яиц. Норы уберегают зародышей от чрезмерного перегрева, а пена способствует улучшению газообмена. Развитие этого вида целиком проходит вне водоёма.

У некоторых видов яйца развиваются на теле родителей. Есть виды амфибий, вынашивающие яйца и личинки на собственных спинах — так поступают американские пипы[16], а у лягушек с Сейшельских островов яйца развиваются на земле, а на спину родителей залезают вылупившиеся личинки.

У пустынных видов африканских жаб яйца развиваются в организме матери до стадии личинки.

**Вопрос 6.** *Предложите несколько гипотез о механизмах старения.*

Науке известно не менее 500 гипотез, объясняющих и первопричину, и механизмы старения. Большинство этих гипотез не выдержало проверки времени и представляют лишь исторический интерес. Это гипотезы, связывающие старение с расходованием ядрами некого особого вещества, появлением страха смерти, утратой невосполнимых веществ, получаемых организмом в момент оплодотворения и др.

Гипотезы, представляющие научную ценность в наши дни, соответствуют одному из двух главных направлений.

[16] Водный вид, здесь упомянут только как пример.

Некоторые авторы рассматривают старение как процесс возрастного накопления «ошибок» — мутаций, неизбежно случающихся в ходе жизнедеятельности под действием внутренних или внешних причин. Первостепенная роль отводится в таком случае генетическому аппарату. Многие исследователи связывают старение организма с изменением строения и, значит, физиологических и биологических свойств макромолекул: ДНК и РНК, белков ядра, ферментов. Особенно выделяют повреждения липидов клеточных мембран. Сбои в работе клеточных оболочек нарушают эффективность регуляторных механизмов, это и приводит к нарушению процессов жизнедеятельности. Сюда же относят гипотезы, усматривающие основу старения в износе структур.

Вторая же группа гипотез утверждает, что процесс старения находится под генетическим контролем. Контроль этот связан с наличием специальных генов или даже осуществлением специальных генетических программ, как в эмбриональном развитии.

Некоторые такие гипотезы предполагают работу биологических часов (роль часов приписывают вилочковой железе, прекращающей функционировать в зрелом возрасте). К этой же группе можно отнести и гипотезу о связи старения с изменением особенностей функционирования нервной системы.

**Вопрос 7.** *Назовите особенности биологии птиц, которые делают некоторые их виды кандидатами на включение в «Красную книгу».*

Существует масса причин, по которым птицы становятся редкими. У одних видов птиц низкая численность вообще (в мировом масштабе), у других — небольшой по площади ареал. Некоторые виды распространены на небольших островах или в горах (аналог островов). Эта причина сокращения численности вида не то же самое, что предыдущая. Есть виды птиц, численность которых сокращается, так как птица не способна к полёту, а в местах её обитания появляются новые хищники. Такие ситуации обычны на островах.

Редкими и исчезающими могут стать охотничьи или, точнее, съедобные виды; виды с очень специализированным питанием и/или биотопической приуроченностью. Сокращается численность птиц, обитающих в ландшафтах, активно изменяемых человеком (степи, реки, заливные луга и т. д.). Длинный пролётный путь при миграциях, проходящий через густо населённые районы, может повлиять на численность птицы.

Под ударом находятся красивые и/или хорошо поющие птицы — желанные объекты домашнего содержания. Кандидатами на включение



в «Красную книгу» становятся виды, считающиеся по каким-то причинам вредными (типичный пример — хищники).

Если птицы начинают размножаться не на втором или третьем году жизни, а позже, и выращивают за один цикл размножения по 1–2 птенца — у них низкая скорость воспроизводства — и это может стать причиной исчезновения вида.

При проверке этого вопроса оценивалось и знание примеров видов редких птиц.

**Вопрос 8.** *Лесные птицы часто образуют смешанные стаи — группы, в которых представители разных видов подолгу перемещаются вместе. Назовите возможные причины возникновения таких объединений и «сконструируйте» такую стайку из известных вам подмосковных птиц.*

Стайки образуют чаще всего мелкие воробьиные насекомоядные птицы. Причин образования стаек несколько:

**а.** Совместный контроль за приближением возможной опасности (хищника) — чем больше стая, тем выше вероятность заметить опасность заранее, тем ниже вероятность нападения на конкретную особь и тем больше времени можно посвятить не оглядкам, а собственно кормлению.

**б.** В стайке легче искать кормные места — один обнаружил «склад», остальные тут же подлетели

**в.** Охотники за насекомыми могут выпугивать часть добычи при своих перемещениях, соседи при этом ловят двигающихся более заметных насекомых. В стае может присутствовать птица, способная разрушать укрытия, в которых прячутся насекомые, тем самым делая насекомых доступными и другим участникам стайки.

**г.** У каждого вида своя пищевая специализация — один ловко ловит насекомых в лёт, другой обшаривает ветки, третий заглядывает под листья. Это не причина, заставляющая птиц объединяться, но необходимое условие, при котором оно возможно.

**Вопрос 9.** *Любые растения, растущие вместе (допустим, травы на лугу), обязательно влияют друг на друга. Предложите как можно больше способов взаимодействия растений в лесу.*

Взаимодействия растений в лесу могут быть очень разнообразны, они могут быть прямыми, если растения непосредственно влияют друг на друга, а могут быть и косвенными, если один организм меняет среду обитания для другого. Вот примеры некоторых взаимодействий.

*Прямые взаимодействия.* К взаимодействиям такого рода могут быть отнесены широко известные паразитизм и симбиоз. Некоторые растения-паразиты могут полностью отказаться от фотосинтеза, питаясь исключительно за счёт растения-хозяина. В средней полосе России наиболее широко известны такие паразиты, как петров крест, подъельник, повилика. Бывают растения, которые могут и сами осуществлять фотосинтез, и добывать дополнительное питание из растения, к которому они «присасываются». К таким растениям-полупаразитам относятся многие норичниковые, например погремок[17]. С другой стороны, встречаются растения, получающие взаимную пользу от взаимодействия — симбионты. Широко известен симбиоз тропического водного папоротника азоллы с сине-зелёной водорослью анабеной, которая умеет фиксировать атмосферный азот. Этот папоротник используется человеком для повышения плодородия почв[18]. Возможно также взаимодействие, приносящее пользу одному растению и безразличное для его партнёра — так растения-эпифиты получают пользу от своего хозяина, но, как правило, не приносят ему ни пользы, ни вреда. Кроме того, есть данные, позволяющие считать, что растения могут использовать в конкурентной борьбе химические вещества, выделяемые их корнями и листьями. Такие вещества могут подавлять развитие соседей-конкурентов.

*Косвенные взаимодействия.* Самый распространённый тип взаимодействия — затенение одного растения другим. Более низкое растение, располагаясь под пологом другого, более высокого, получает меньше света, что может серьезно влиять на его жизнедеятельность. Растения многих древесных пород не могут развиваться до зрелого состояния под пологом высоких деревьев, поэтому, например, дубрава может возобновляться только пятнами, в световых окнах, образующихся на месте выпавших старых деревьев. Кроме того, листовой опад растений сильно влияет на состав почвы в растительном сообществе — а состав почвы определяет условия существования растений на данной территории. Растения, составляющие сообщество, особенно такое, как лес, создают в месте произрастания особый микроклимат, также влияющий на другие виды растений.

Таким образом, способы взаимодействия растений очень разнообразны, поэтому при оценке ответа приветствовалась любая здравая идея, высказанная школьниками.

[17] Повилика и погремок не характерны для лесных сообществ, здесь упомянуты только как примеры различных типов паразитирования.

[18] Например, при выращивании риса.



# Конкурс по истории

Автор заданий и решений — Сергей Георгиевич Смирнов, ведущий научный сотрудник ИИО РАО.

## Вопросы и задания

Все задания адресованы школьникам всех классов: каждый может выбрать те задачи, которые ему по вкусу и по силам. Для текстов с ошибками нужно составить список указанных в тексте событий (фактов), которые на самом деле происходили или **не тогда**, или **не там**, или **не так**, и объяснить, как, где и с кем они происходили — или почему их вообще не могло быть.

Задание считается выполненным хорошо, если верно решены хотя бы две задачи, или верно указаны хотя бы 10 ошибок в одном из текстов.

1. Перечислите знаменитых современников Леонардо Фибоначчи во всём мире. С кем из них он встречался и беседовал?

2. В какие времена, в каких странах, к каким людям окружающие могли обратиться со словами: «Гражданин Царь», или «Гражданин Бог» ?

3. Какие титулы носили министры иностранных дел у разных народов, в разные времена?

4. Плутарх объединил в пары знаменитых деятелей Эллады и Рима. Расширьте некоторые из этих пар, добавив к ним сходных деятелей иных времён и народов: Ирана, Китая, Англии, России и т. д. Объясните, в чём вы видите сходство этих героев.

5. Где и когда правители носили прозвища:

   Лев Справедливости, Меч Веры, Кровопийца, Бородач, Навозник, Бессонный, Косматый, Грозные Очи, Тугой Лук, Большое Гнездо, Всемирный Паук, Апельсин, Пикирующий Орёл, Обсидиановый Змей?

6. Нарисуйте граф включений и пересечений следующих понятий:

   Бедуины, Хашимиты, Фатимиды, Курейшиты, Омейяды, Шииты, Аббасиды, Хариджиты, Ваххабиты, Алиды, Сунниты, Ансары, Мухаджиры, Гяуры.

7. Кто из известных учёных был лично знаком с Наполеоном Бонапартом? Как повлияло это знакомство на их биографии?

8. Чем замечательны следующие книги? Кто и когда их написал или впервые издал? На каких языках?

| | | |
|---|---|---|
| 1. Ши Цзи | 7. Лицевой Свод | 13. Study of History |
| 2. Elementes | 8. Al Muqaddama | 14. La Divina Comedia |
| 3. Ars Magna | 9. The Leviathan | 15. Die Heilige Schrift |
| 4. Энума Элиш | 10. De Civitas Dei | 16. Principia Mathematica |
| 5. Il Principe | 11. De Rerum Natura | 17. Disquisitiones Arithmeticae |
| 6. Цянь Хань Шу | 12. Summa Theologiae | 18. Мегале Математике Синтаксис |

9. Кого из римских пап вы считаете самым интересным деятелем (в той или иной сфере)? За какие дела?

10. Попробуйте дать строгое определение понятия «кризис» (экономический, политический, идеологический). Приведите примеры бурных событий из истории разных стран, которые **были** или **не были** кризисами (согласно вашему определению).

11. Составьте сценарий диалога между вами и одним из известных историков (уже умерших). О чём бы вы его спросили? Какие вопросы он мог бы вам задать — и что бы вы ответили?

12. «Сегодня люди впервые зажгли огонь, который пришёл не от Солнца». Кто, когда и где произнёс эту фразу? Какой эксперимент имелся в виду? Откуда пришёл этот «огонь» ?

13. Найдите исторические ошибки в тексте.

### Иван Калита
### (текст с ошибками)

Гонец из Орды прискакал в Москву перед самой Пасхой. Прослышав о тайном сговоре между Тверью и Литвой, хан Джанибек решил: быть совместному походу татар и русских на Литву! Кто откажется от участия в этом деле — тот изменник вольному царю, повинный смерти и разорению! Первая цель похода — Смоленск; за ним — Минск и Вильна. Пора укротить дерзкого князя Ольгерда, у которого закружилась голова от побед над крестоносцами . . .



Князь Иван Дмитриевич давно ждал такого приказа. Наконец-то интересы Москвы и Сарая совпали! Ведь Литва одинаково грозит обоим государствам. Недавно скуповатый князь был вынужден истратить почти всю казну на обновление каменного Кремля: иначе конница Ольгерда захватила бы Москву до подхода ордынской рати! Нет ещё в Москве своей хорошей конницы . . .

Смоленский князь Николай — враг Москвы с тех пор, как брат Калиты Александр отнял у смолян Коломну. И тверской князь Михаил не решится примкнуть к походу Джанибека: ведь его сестра замужем за Ольгердом! Значит, после захвата Смоленска можно напасть на Тверь . . .  Вряд ли хан разрешит Калите присвоить столь важные города — но нетрудно будет получить право сбора дани с разорённых смолян и тверичей. Эдак можно лет за пять окупить все расходы на войну с Литвой и на постройку Кремля! Да ещё разорение Твери приведёт к переселению тверских купцов на московские земли . . .

План хорош; но нужно, чтобы его поддержала русская церковь. Жаль, что умер митрополит Пётр — потомственный москвич, верный сподвижник Калиты. Теперь на его месте сидит хитрый грек Киприан. Он не одобряет тягу Калиты к власти над всею Русью. Но разгром Литвы татарами и москвичами даст московскому владыке шанс крестить последних язычников Европы — упрямых ливов и пруссов. Такую войну можно назвать крестовым походом: разве православные витязи хуже рыцарей-католиков?

Дальновидный митрополит одобрил замысел князя. После этого под знамя Москвы встали князья Рязани и Чернигова, Полоцка и Витебска. Смоленск был взят легко и почти не разорён: Калита берёг своих будущих данников. Минский князь бежал в Литву — вслед за отступающим Ольгердом, который помирился с Орденом ради борьбы с Ордой. В тяжкой битве на Ворскле татарские лучники расстреляли неповоротливых рыцарей: немцев, поляков и мадьяр. Ольгерд отступил ещё дальше и принял крещение от католиков; поляки удержали Минск, а мадьяры — Галич. Но Смоленск перешёл под власть Орды, под московское управление.

Князь Михаил Тверской бежал во Псков; его дочь Марию, попавшую в плен, Калита тут же выдал замуж за своего сына Симеона. Так новорождённая Московская держава заявила претензии на западные земли Киевской Руси. В честь двойной победы над Смоленском и Тверью в Кремле появились два новых храма: Архангельский (ибо Смоленск был взят в Михайлов день) и Спаса на Бору (туда москвичи перенесли иконостас из Спасского собора Твери).

Только смерть доброго царя Джанибека остановила цепь успехов Калиты: в Орде началась усобица. Но и тут хитрый московит не прогадал: подружившись в походе с царевичем Касимом, он предоставил его дружине убежище в Московской земле. Так в Москве появились служилые татары — основа конницы, одолевавшей в последующие века новгородцев и литовцев, немцев и шведов с неизменным монгольским кличем «ура!». Москва сделалась как бы второй столицей Орды. Сто лет спустя она вышла на первое место — когда князь Василий Иванович перенял царский титул у побеждённого хана Ахмета.

14. Найдите исторические ошибки в тексте.

**Юбилей Фарадея**
**(текст с ошибками)**

Первый международный физический конгресс открылся в Лондоне 22 сентября 1869 года — в день 70-летия лорда Майкла Фарадея. Лысый, но бодрый юбиляр, сохранив общеизвестную живость ума, принимал поздравления от коллег и ровесников из всей Европы: от Мадрида и Стокгольма до Казани и Петербурга. Только престарелый Лобачевский не смог приехать в Лондон. От его имени приветствие зачитал Дмитрий Менделеев — лидер русских химиков, недавно составивший первую таблицу элементов и угадавший существование новых щелочных металлов. В таблицу Менделеева еще мало кто верит, но Фарадей убеждён в проницательности юного коллеги: ведь он расшифровал структуру бензола, нечаянно полученного Фарадеем в его молодые годы!

Из Италии прибыл Эванджелиста Торричелли — герой, превративший неевклидову геометрию из еретического мифа в бесспорную истину. Германию представляет Роберт Фридхоф — открыватель многих новых элементов путём спектрального анализа. Жаль, что неутомимый Гарольд Юнг, первым измеривший длину световых волн, не дожил до этого триумфа! Ведь именно лекции Юнга увлекли юного сапожника Фарадея на тернистый путь научного поиска, увенчанный изобилием открытий и почестей. Фарадей первый понял, что волны света должны быть поперечными: иначе их скорость в стекле будет больше, чем в вакууме! Позднее блестящий испанец Араго подтвердил эту догадку расчётом, непосильным для бывшего сапожника Фарадея ...

Зато теперь ученики Фарадея превзошли дерзких уроженцев Кастилии и Лангедока. Упорный шотландец Максвелл только что доказал



хитрым расчётом реальность силовых линий магнитного поля, давно угаданных Фарадеем. Оказалось, что эти линии суть траектории фотонов — минимальных частиц света, передающих взаимодействие между заряженными телами! Кто бы мог вообразить столь простую модель света и электричества в героические 1820-е годы — когда Фарадей и его вечный соперник Дэви изобретали телеграф и электродвигатель, постигали законы электролиза! А нынче далёкий друг Морзе прислал поздравление из США по межконтинентальному телеграфу. Великое чудо — научный прогресс!

Но тем больше ответственность учёных за применение их открытий ко благу людей. Недавние войны в Европе и в Северной Америке — грозные предостережения на сей счёт. Хитроумные американцы построили первые подводные лодки, первые броненосные пароходы: ход войны они не ускорили, но число убитых людей намного возросло. Недавно американец Максим изобрёл пулемёт — страшное оружие, которое наверняка положит конец массовым атакам пехоты в открытом поле. Европейские военачальники сразу ухватились за грозную новинку — и вот уже австрийская армия расстреляна прусскими пулемётчиками в битве при Павии, а Пруссия сделалась империей. Теперь Бисмарк хочет вернуть Эльзас и Ломбардию; значит, неизбежна новая война между немцами и французами ...

Как учёные люди двух цивилизованных стран терпят такое безумие своих политиков? Вот он, Фарадей — отказался же разрабатывать отравляющие газы для того, чтобы английские солдаты побыстрее захватили Севастополь! Лорды Адмиралтейства признали правоту учёнейшего из англичан; так нужно действовать и впредь. Оттого лорд Фарадей выбрал для своей речи на конгрессе необычную тему: «Прогресс наук и мир во всём мире». Нужно пробудить совесть и гордость коллег — особенно младших, ещё не ощутивших свою ответственность за судьбу европейской цивилизации! И не только европейской: ведь нам подражают просвещённые монархи Персии, Японии, Китая ...

Участники конгресса выслушали речь Фарадея с величайшим вниманием. Сразу же был создан Комитет Сторонников Мира — всемирная организация учёных, писателей и иных властителей дум просвещённых народов. Но предотвратить Франко-Прусскую войну новым миротворцам не удалось. Тогда разочарованный Фарадей произнёс знаменитую фразу: «Очевидно, наука Политика ещё сложнее, чем наука Физика! Мы должны изучить её столь же основательно, чтобы влиять на судьбу человечества, уравновешивая эгоизм военных, политиков и прочих невежд!».

## Ответы и решения к заданиям конкурса по истории

*1. Перечислите знаменитых современников Леонардо Фибоначчи во всём мире. С кем из них он встречался и беседовал?*

В Италии и Германии правил император Фридрих 2 Штауфен: при его дворе (в Палермо и Неаполе) происходили диспуты о науке с участием Фибоначчи.
В католической церкви действовали папа Иннокентий 3 и основатели новых монашеских орденов: св. Франциск и св. Доминик.
Во Франции правил Филипп 2 Август,
в Англии — Ричард Львиное Сердце, потом Джон Безземельный.
В Англии епископ Стефан Ленгтон составил Великую Хартию Вольностей.
Во Владимире князь Всеволод Большое Гнездо собрал первый парламент (Земский собор) по вопросу о престолонаследии.
В Грузии правила царица Тамара и творил поэт Шота Руставели.
Монгольские воеводы хана Чингиза — Джэбэ и Субэдэ разбили половцев и русских князей на реке Калке.
Рыцари-крестоносцы начали завоевание Прибалтики.

*2. В какие времена, в каких странах, к каким людям окружающие могли обратиться со словами: «Гражданин Царь», или «Гражданин Бог»?*

Титул «Гражданин Царь» был обычен в Спарте: её цари были военачальниками, а гражданской власти не имели. Обоими титулами афиняне называли Александра Македонского после того, как он стал гегемоном Эллады (в 336 году до н. э.). Позднее оба титула применялись к некоторым римским императорам (до Диоклетиана). С принятием христианства Константином божественный титул императора исчез — но царско-гражданский титул сохранился до падения Византии в 1453 г. Титул «Гражданин Бог» носил каждый римский полководец, удостоенный триумфа: в этот день олицетворял он собой Юпитера.

*3. Какие титулы носили министры иностранных дел у разных народов, в разные времена?*

Примеры:
В России со времён Ивана 3 — думный дьяк или боярин Посольского приказа; после Петра 1 — президент Иностранной коллегии, в 1921–1947 годах — нарком иностранных дел.
В Османской империи с 16 века — «драгоман Порты» (= переводчик султана).



В США и современной Германии — государственный секретарь;
в Великобритании — иностранный секретарь.

*4. Плутарх объединил в пары знаменитых деятелей Эллады и Рима. Расширьте некоторые из этих пар, добавив к ним сходных деятелей иных времён и народов: Ирана, Китая, Англии, России и т. д. Объясните, в чём вы видите сходство этих героев.*

Примеры:

Александр Македонский — Юлий Цезарь — Чингиз-хан — Тимур (завоеватели).

Демосфен — Цицерон — Абеляр — Ришелье — Мирабо — Троцкий (ораторы).

Ришелье, хотя этот факт и не очень известен, начал свою деятельность именно как оратор — спикер 1 сословия в Генеральных Штатах (1614 год).

*5. Где и когда правители носили прозвища.*

| Прозвище | Правитель |
|---|---|
| Лев Справедливости | Генрих 1 Английский |
| Меч Веры | Сайф-ад-дин — прозвище многих исламских правителей |
| Кровопийца (проливающий кровь) | багдадский халиф Абдулла ас-Сафах |
| Бородач | византийские императоры Констант 2 и Константин 4 |
| Навозник | Константин 7 |
| Бессонный | Юстиниан 1 |
| Косматый | конунг Норвегии Харальд Луфу |
| Грозные Очи | князья Владимир Мономах и Дмитрий Тверской |
| Тугой Лук | William Strongbow (Англия, 12 век) |
| Большое Гнездо | владимирский князь Всеволод Большое Гнездо |
| Всемирный Паук | Людовик 11 Французский |
| Апельсин | Апиль-Син (вавилонский царь, дед Хаммурапи) |
| Пикирующий Орёл | Кваутемок (последний царь ацтеков, 16 век) |
| Обсидиановый Змей | Ицкоатль (царь ацтеков, 15 век) |

*6. Нарисуйте граф включений и пересечений следующих понятий:*
*Бедуины, Хашимиты, Фатимиды, Курейшиты, Омейяды, Шииты, Аббасиды, Хариджиты, Ваххабиты, Алиды, Сунниты, Ансары, Мухаджиры, Гяуры.*

*Гяуры* (=неверные) не пересекаются с прочими (мусульманами).
*Мухаджиры* — первые мусульмане, бежавшие с пророком из Мекки в Медину.
*Ансары* — жители Медины, принявшие ислам от Мухаммеда.
*Бедуины* — пустынные кочевники (любого вероисповедания).
*Курейшиты* — ведущее племя в Мекке; к нему принадлежал Мухаммед.
*Хашимиты* и *Омейяды* — два ведущих рода курейшитов (к первому принадлежал Мухаммед, из второго вышла династия халифов).
*Алиды* и *Фатимиды* — два названия одной династии халифов, правившей в Северной Африке.
Халифы *Аббасиды* правили в Багдаде,
халифы *Омейяды* — в Дамаске.
*Шииты* (=раскольники) и *сунниты* (=толкователи) — две ветви ислама, разделившиеся в 7 веке.
*Ваххабиты* — ветвь ислама, обособившаяся в 18 веке.
*Хариджиты* — секта мусульман-республиканцев, отделившаяся от Халифата в середине 7 века, до воцарения халифов *Омейядов*.

Подобную схему отношений между понятиями иногда удобно изобразить с помощью графа, состоящего из вершин (точек, соответствующих понятиям) и рёбер (линий, соединяющих точки, находящиеся в некотором отношении). Так, пересекающиеся понятия можно соединить отрезками, а включаемые — стрелками (например *мухаджиры* $\rightarrow$ *мусульмане*).

*7. Кто из известных учёных был лично знаком с Наполеоном Бонапартом? Как повлияло это знакомство на их биографии?*

В числе знакомых Наполеона Бонапарта были
математики Монж, Лагранж, Лаплас, Карно, Фурье;
химики Бертолле и Фуркруа;
физики Гей-Люссак, Тенар, Шарль, Дэви;
многие востоковеды и географы — участники Египетской экспедиции.

Став правителем Франции, Наполеон старался сделать многих учёных мужей государственными мужами — но обычно без успеха (так было, например, с Лапласом). Удачным министром просвещения был биолог Кювье, военно-морским министром — Монж.



*8. Чем замечательны следующие книги? Кто и когда их написал или впервые издал? На каких языках?*

| Название | Перевод названия или содержание | Автор | Время |
|---|---|---|---|
| La Divina Comedia | «Божественная Комедия» | Данте Алигьери | 14 век |
| Die Heilige Schrift | немецкий перевод Библии | Мартин Лютер | 16 век |
| Study of History | «Изучение Истории» | А. Тойнби | 1931–1957 |
| Ars Magna | «Великое Искусство» | химик Раймонд Луллий | 14 век |
| De Rerum Natura | «О природе вещей» | Лукреций Кар | 1 век до н. э. |
| Disquisitiones Arithmeticae | «Арифметические исследования» | Карл Гаусс | 1801 |
| The Leviathan | «Чудовище» | Томас Гоббс | 1651 |
| Il Principe | «Государь» | Никколо Макиавелли | 1513 |
| Principia Mathematica | «Основания математики» | Рассел и Уайтхед | 1900 |
| | с этих слов начинается заглавие основной книги Ньютона | | |
| De Civitate Dei | «О Граде Божьем» | Августин Блаженный | 5 век |
| Al Muqaddama | «Введение в Историю» | Абд-ар-Рахман ибн Хальдун | 14 век |
| Elementes | латинский перевод Евклида | | записан в 12 веке, напечатан в 1482 г. |
| Summa Theologiae | главный труд автора | Фома Аквинский | 1274 |
| Мегале Математике Синтаксис | первый учебник астрономии | Клавдий Птолемей | 2 век |
| Ши Цзи | «Исторические Записки» | Сыма Цянь | 1 век до н. э. |
| Цянь Хань Шу | «История Старшей династии Хань» | Бань Гу | 2 век |
| Энума Элиш | «Когда вверху небо было без имени ... » | Вавилонский миф | 18 век до н. э. |
| Лицевой Свод | обзор русской истории | заказан Иваном Грозным | 16 век |

Примечание: в условиях, выданных школьникам на самом турнире, была допущена ошибка — вместо «De Civitate Dei» было напечатано «De Civitas Dei», что буквально переводится с латинского: «О божьих гражданах».

*9. Кого из римских пап вы считаете самым интересным деятелем (в той или иной сфере)? За какие дела?*

Например:
Лев 1 (договорился с Аттилой);
Григорий 1 (начал миссионерство в Европе);
Григорий 7 (превратил церковь в политическую монархию);
Урбан 2 (организовал первый крестовый поход).

*10. Попробуйте дать строгое определение понятия «кризис» (экономический, политический, идеологический). Приведите примеры бурных событий из истории разных стран, которые* **были** *или* **не были** *кризисами (согласно вашему определению).*

Пример определения: кризисом в любой организации называется раскол в поведении её членов — когда разные их группы начинают действовать независимо, преследуя только **свои** цели и не учитывая интересы других членов той же организации.

Примеры (для этого определения кризиса):
а) кризис Римской республики в 5 веке до н. э., проявившийся в забастовках плебеев;
б) кризис Российской империи в феврале 1917 года, когда рабочие в Петрограде забастовали, а солдаты отказались их подавлять;
в) нападение Германии на СССР в июне 1941 года **не стало** кризисом для России — поскольку этот удар не вызвал расколов в руководстве страны или мятежей в Красной Армии.

*11. Составьте сценарий диалога между вами и одним из известных историков (уже умерших). О чём бы вы его спросили? Какие вопросы он мог бы вам задать — и что бы вы ответили?*

«Правильного» ответа, естественно, нет.

*12. «Сегодня люди впервые зажгли огонь, который пришёл не от Солнца». Кто, когда и где произнёс эту фразу? Какой эксперимент имелся в виду? Откуда пришёл этот «огонь» ?*

Это слова Энрико Ферми после запуска первого ядерного реактора в Чикаго в 1942 году.

Уран, «горевший» в этом реакторе, попал в состав Солнца и Земли из самых ранних и массивных «сверхновых» звёзд. Они взрывались в первые миллионы лет существования Вселенной, быстро превращаясь в «чёрные дыры», но перед этим сбрасывали наружу оболочки с повышенным содержанием атомов тяжелее железа (см. стр. 23).



*13. Найдите исторические ошибки в тексте.*

Для удобства тексты с ошибками приводятся ещё раз. Все ошибки выделены *курсивом* и снабжены номерами, соответствующими пунктам пояснения. Список ошибок по номерам см. на стр. 119 и 124.

## Иван Калита (текст с ошибками)

Гонец из Орды прискакал в Москву перед самой Пасхой. Прослышав о *тайном сговоре между Тверью и Литвой*[4], *хан Джанибек решил*[2]: быть совместному походу татар и русских на *Литву*[1]! Кто откажется от участия в этом деле — тот изменник вольному царю, повинный смерти и разорению! *Первая цель похода — Смоленск*[1]; за ним — Минск и Вильна. Пора укротить дерзкого князя *Ольгерда*[3,17], у которого закружилась голова от побед над крестоносцами . . .

Князь Иван *Дмитриевич*[5] давно ждал такого приказа. Наконец-то интересы Москвы и Сарая совпали! Ведь Литва одинаково грозит обоим государствам. Недавно скуповатый князь был вынужден истратить почти всю казну на обновление *каменного Кремля*[6]: иначе конница Ольгерда захватила бы Москву до подхода ордынской рати! *Нет ещё в Москве своей хорошей конницы*[11] . . .

Смоленский князь *Николай*[7] — враг Москвы с тех пор, как *брат Калиты Александр*[8] *отнял у смолян Коломну*[9,10]. И тверской князь Михаил не решится примкнуть к походу Джанибека: ведь *его сестра замужем за Ольгердом*[12]! Значит, после захвата Смоленска можно напасть на Тверь . . . Вряд ли хан разрешит Калите присвоить столь важные города — *но нетрудно будет получить право сбора дани с разорённых смолян и тверичей*[13]. Эдак можно лет за пять окупить все расходы на войну с Литвой и на постройку Кремля! Да ещё разорение Твери приведёт к переселению тверских купцов на московские земли . . .

План хорош; но нужно, чтобы его поддержала русская церковь. Жаль, что умер *митрополит Пётр — потомственный москвич, верный сподвижник Калиты*[14]. Теперь на его месте сидит хитрый *грек Киприан*[15,16]. Он не одобряет тягу Калиты к власти над всею Русью. Но *разгром Литвы татарами и москвичами*[17] даст московскому владыке шанс *крестить последних язычников Европы — упрямых ливов и пруссов*[18]. Такую войну можно назвать крестовым походом: разве православные витязи хуже рыцарей-католиков?

Дальновидный митрополит одобрил замысел князя. *После этого под знамя Москвы встали князья Рязани и Чернигова*[20], *Полоцка и Витебска*[19]. *Смоленск был взят легко и почти не разорён*[21,25]: Калита берёг своих будущих данников. *Минский князь бежал в Литву*[26] — вслед за отступающим Ольгердом, *который помирился с Орденом*[22] ради борьбы с Ордой. В тяжкой *битве на Ворскле*[23] татарские лучники расстреляли неповоротливых рыцарей: *немцев*[24], поляков и *мадьяр*[24]. *Ольгерд отступил ещё дальше и принял крещение от католиков*[22]; *поляки удержали Минск*[26], а мадьяры — Галич. Но Смоленск перешёл под власть Орды, под московское управление.

Князь *Михаил Тверской*[27] бежал во Псков; его *дочь*[28] Марию, попавшую в плен, Калита *тут же выдал замуж*[28] за своего сына Симеона. Так новорождённая Московская держава заявила претензии на западные земли Киевской Руси. В честь двойной победы над Смоленском и Тверью в Кремле появились два новых храма: *Архангельский*[29] (ибо Смоленск был взят в Михайлов день) и *Спаса на Бору*[30] (туда москвичи перенесли иконостас из Спасского собора Твери).

*Только смерть доброго царя Джанибека остановила цепь успехов Калиты: в Орде началась усобица*[31]. Но и тут хитрый московит не прогадал: *подружившись в походе с царевичем Касимом, он предоставил его дружине убежище в Московской земле*[32]. *Так в Москве появились служилые татары*[31] — *основа конницы*[11], одолевавшей в последующие века новгородцев и литовцев, немцев и шведов с неизменным монгольским кличем «ура!». *Москва сделалась как бы второй столицей Орды*[33]. *Сто лет спустя она вышла на первое место — когда князь Василий Иванович перенял царский титул у побеждённого хана Ахмета*[34].

**Список ошибок к тексту «Иван Калита».**

1. Совместный поход ордынцев и москвичей на Смоленск происходил в 1339 году — при хане Узбеке (отце Джанибека). При этом удар вглубь Литвы не входил в намерения Узбека.
2. Хан Джанибек начал править в Золотой Орде в 1342 году — после смерти Узбека и Ивана Калиты.
3. Во время княжения Калиты и ханства Узбека в Орде правил не Ольгерд, а его отец Гедимин.
4. Сговор между Ольгердом Литовским и Михаилом 2 Тверским начался после смерти хана Джанибека — в эпоху «Великой замятни» в Орде (1357–70 годы)



5. Отчество Калиты — Данилович, а не Дмитриевич.
6. Каменный Кремль в Москве появился в 1367 году — после ухудшения отношений с Литвой и много позже смерти Ивана Калиты. При Калите Кремль имел дубовые стены.
7. Князей по имени Николай в 13–15 веках на Руси не было. Это имя считалось простонародным.
8. Старший брат Ивана Калиты — княжич Александр — умер от чумы, не побывав на московском престоле. Перед Иваном в Москве правил его старший брат Юрий.
9. Москвичи отняли Коломну не у смоленского, а у рязанского князя. Это произошло в 1302 году — при отце Калиты, князе Данииле.
10. У смоленского князя Даниил Московский (вернее, его сын Юрий) отвоевал не Коломну, а Можайск.
11. Хорошая боевая конница появилась в Москве около 1300 года — с прибытием из Чернигова дружины боярина Родиона Несторовича. После этого стал возможен захват Коломны и Можайска.
12. Сестра Михаила 2 Тверского Ульяна стала женой Ольгерда в начале 1350-х годов, при хане Джанибеке и князе Симеоне Московском.
13. Хан Узбек **не** разрешил Калите собирать дань с Твери даже после её разгрома в 1327 году. Хан не хотел чрезмерного усиления любого из подвластных ему городов. Так же действовал позднее хан Джанибек.
14. Митрополит Пётр был родом не из Москвы, а из Галича Волынского; он умер на втором году княжения Калиты и не способствовал экспансии Москвы.
15. Во время Смоленского похода главою русской церкви был митрополит Феогност (грек) — сдержанный сторонник Калиты.
16. Киприан Цамвлак стал митрополитом Руси в конце правления Дмитрия Донского (1389 год). Он был родом не грек, а болгарин. (он действительно во многих источниках называется греком — в связи с тем, что был навязан Руси Константинополем).
17. В течение всего 14 века Литва была в военном деле сильнее Москвы и немногим уступала Орде. О разгроме Литвы Калита не мог и мечтать.

18. Прибалтийские племена — ливы и пруссы — были насильно крещены завоевателями-католиками ещё в 13 веке. Литовцы оставались язычниками весь 14 век — до Кревской унии с Польшей (1385).
19. Полоцк и Витебск в эпоху Ивана Калиты были подвластны Литве: из этих городов происходили жёны князей Гедимина и Ольгерда.
20. Рязань в 14 веке была великим княжеством, независимым от Москвы (но также платила дань Орде). Чернигов при Ольгерде попал под контроль Литвы.
21. Смоленск не был взят ордынско-московской ратью в 1339 году; смоляне откупились данью, но были вынуждены порвать свой договор с Литвой. До Минска ордынцы и москвичи тогда не дошли.
22. Ольгерд не заключал мир с Ливонским Орденом, потому что крестоносцы не признавали князя-язычника равноправным партнёром. Ольгерд же до конца жизни не хотел принимать крещение ни от католиков, ни от православных.
23. Битва Литвы с Ордой на Ворскле происходила в 1399 году — намного позже смерти не только Калиты, но даже Ольгерда и Дмитрия Донского. Из упоминаемых в тексте людей до Ворсклы дожили только митрополит Киприан, князья Михаил 2 Тверской и Олег Рязанский; все они были уже стариками.
24. На Ворскле против Орды сражались татары, литовцы, русские и немного поляков. Немцы и венгры не участвовали в этой битве.
25. Смоленск оставался под контролем Орды до смерти Джанибека — а с началом усобиц в Орде перешёл под власть Литвы, чтобы платить меньшую дань. Москвичи не властвовали над Смоленском до начала 16 века.
26. Минск (вместе с Полоцком) в 14 веке был подвластен Литве, а не Польше.
27. В конце правления Калиты в Твери правил не Михаил 2, а его отец — Александр (сын Михаила 1 Святого). После гибели Александра (1339) Тверью стал править его младший брат — Константин.
28. Мария Тверская была не дочерью, а старшей сестрой Михаила 2 Тверского. Она стала женою Симеона Московского, когда тот уже был князем — много позже смерти Ивана Калиты.



29. Архангельский собор в Кремле назван, видимо, в 13 веке — в честь небесного патрона одного из первых князей Москвы: Михаила Хоробрита (годы княжения 1246–1248), брата Александра Невского.
30. Храм Спаса на Бору в Кремле был построен Калитой в 1330 году — вскоре после победы над Тверью (1327 год). Возможно, что туда Калита поместил привезённый из Твери колокол и некоторые тверские иконы.
31. Усобица в Орде началась через 17 лет после смерти Ивана Калиты. Но служилые татары в Москве появились намного раньше — видимо, ещё при князе Юрии, после того, как хан Узбек устроил в Орде переворот и насильно обратил большинство ордынцев в ислам (1312 год). Многие татары-христиане тогда бежали на Русь.
32. Царевич Касим (сын хана Улу-Мухаммеда) пришёл на московскую службу в 1446 году — к князю Василию 2 Тёмному. Он тогда крестился и получил в управление Городец Касимов на Волге.
33. Москва никогда не играла роли одной из столиц Орды — хотя многие московские князья мечтали об этом.
34. Царский титул впервые появился в Москве в конце 15 века. Тогда Иван 3 (победитель хана Ахмета) короновал царём своего внука — Дмитрия Ивановича, который так и не стал государем. Дядя княжича Дмитрия — Василий 3 Иванович — приняв власть, не называл себя царём, пока Дмитрий не умер в заключении. Даже после этого Василий 3 избегал официальной коронации, оставив это дело своему сыну — Ивану 4 Грозному.

*14. Найдите исторические ошибки в тексте.*

### Юбилей Фарадея (текст с ошибками)

*Первый международный физический конгресс открылся в Лондоне 22 сентября 1869 года*[3] *— в день 70-летия*[1] *лорда*[2] Майкла Фарадея. *Лысый*[4], но бодрый юбиляр, *сохранив общеизвестную живость ума*[5], принимал поздравления от коллег и ровесников из всей Европы: от Мадрида и Стокгольма до Казани и Петербурга. Только престарелый *Лобачевский*[6] не смог приехать в Лондон. От его имени приветствие зачитал Дмитрий Менделеев — лидер русских химиков, *недавно* *составивший первую таблицу элементов*[7] и *угадавший существование новых щелочных металлов*[8]. В таблицу Менделеева ещё мало кто верит, но Фарадей убеждён в проницательности юного коллеги: ведь *он расшифровал структуру бензола*[9], нечаянно полученного Фарадеем в его молодые годы!

Из Италии прибыл *Эванджелиста Торричелли*[10] — *герой, превративший неевклидову геометрию из еретического мифа в бесспорную истину*[11]. Германию представляет *Роберт Фридхоф — открыватель многих новых элементов путём спектрального анализа*[12]. Жаль, что неутомимый *Гарольд*[13] Юнг, первым измеривший длину световых волн, не дожил до этого триумфа! Ведь именно лекции *Юнга*[14] увлекли юного *сапожника*[15] Фарадея на тернистый путь научного поиска, увенчанный изобилием открытий и почестей. *Фарадей первый понял, что волны света должны быть поперечными*[17]: иначе их скорость в стекле будет больше, чем в вакууме! Позднее блестящий *испанец Араго*[17] подтвердил эту догадку *расчётом, непосильным для бывшего сапожника Фарадея*[16] …

Зато теперь ученики Фарадея превзошли дерзких уроженцев Кастилии и Лангедока. Упорный шотландец *Максвелл*[18] только что доказал хитрым расчётом реальность силовых линий магнитного поля, давно угаданных Фарадеем. *Оказалось, что*[19] эти линии суть траектории фотонов — минимальных частиц света, передающих взаимодействие между заряженными телами! Кто бы мог вообразить столь простую модель света и электричества в героические 1820-е годы — когда Фарадей и его вечный соперник Дэви изобретали *телеграф*[21] и *электродвигатель, постигали законы электролиза*[20]! А *нынче далёкий друг Морзе прислал поздравление из США по межконтинентальному телеграфу*[22]. Великое чудо — научный прогресс!

Но тем больше ответственность учёных за применение их открытий ко благу людей. Недавние войны в Европе и в Северной Америке — грозные предостережения на сей счет. Хитроумные американцы построили *первые подводные лодки, первые броненосные пароходы*[23]: ход войны они не ускорили, но число убитых людей намного возросло. *Недавно американец Максим изобрёл пулемёт*[24] — страшное оружие, которое наверняка положит конец массовым атакам пехоты в открытом поле. Европейские военачальники сразу ухватились за грозную новинку — и вот уже *австрийская армия расстреляна прусскими пулемётчиками в битве при Павии*[26], а *Пруссия сделалась империей*[25]. Теперь Бисмарк хочет вернуть Эльзас и *Ломбардию*[27]; значит, неизбежна новая война между немцами и французами …



Как учёные люди двух цивилизованных стран терпят такое безумие своих политиков? Вот он, Фарадей — отказался же разрабатывать отравляющие газы для того, чтобы английские солдаты побыстрее захватили Севастополь![28] Лорды Адмиралтейства признали правоту учёнейшего из англичан[28]; так нужно действовать и впредь. Оттого лорд Фарадей выбрал для своей речи на конгрессе необычную тему: «Прогресс наук и мир во всём мире». Нужно пробудить совесть и гордость коллег — особенно младших, ещё не ощутивших свою ответственность за судьбу европейской цивилизации! И не только европейской: ведь нам подражают просвещённые монархи *Персии*[29], Японии, *Китая*[29] …

Участники конгресса выслушали речь Фарадея с величайшим вниманием. *Сразу же был создан Комитет Сторонников Мира*[30] — всемирная организация учёных, писателей и иных властителей дум просвещённых народов. Но предотвратить Франко-Прусскую войну новым миротворцам не удалось. Тогда разочарованный *Фарадей произнёс знаменитую фразу*[31]: «Очевидно, наука Политика ещё сложнее, чем наука Физика! Мы должны изучить её столь же основательно, чтобы влиять на судьбу человечества, уравновешивая эгоизм военных, политиков и прочих невежд!».

**Список ошибок к тексту «Юбилей Фарадея».**

1. Майкл Фарадей родился в 1791 году и умер в 1867 году — раньше даты, указанной в тексте.
2. Фарадей всю жизнь избегал любых почётных званий; он отказался принять дворянство и даже в Королевское Общество был избран заочно.
3. Международные физические конгрессы стали собираться только в начале 20 века — по инициативе промышленника Сольвея.
4. До конца жизни Фарадей сохранил пышную шевелюру.
5. Фарадей никогда не отличался живостью ума: он обо всём рассуждал не спеша и не торопился в опытах, но почти не делал ошибок.
6. Лобачевский (1792–1856) не был знаком с Фарадеем.
7. Менделеев составил первый вариант своей таблицы элементов в 1869 году — после смерти Фарадея. Ему было тогда 35 лет.
8. Щёлочные металлы были впервые выделены из солей Дэви в начале 19 века. Менделеев предсказал в 1871 году существование других элементов: германия, галлия и скандия.

9. Фарадей действительно получил бензол из природного газа в 1823 году — но не заметил его интересных химических свойств и не стал выяснять структуру его молекулы. Её угадал не Менделеев, а Кекуле в 1870-е годы.
10. Торричелли жил в 17 веке: он был учеником Галилея и занимался экспериментальной физикой, а не аксиомами геометрии.
11. Обосновать неевклидову геометрию Лобачевского наглядным примером («псевдосферой») сумел не Торричелли, а другой итальянец: Эудженио Бельтрами, в 1863 году.
12. Спектральный анализ в химию и физику ввёл Роберт Кирхгоф — а не Фридхоф.
13. Имя физика Юнга, измерившего длину световых волн, было Томас, а не Гарольд.
14. Фарадей увлёкся физикой, слушая лекции Дэви, а не Юнга.
15. Фарадей в юности был учеником переплётчика, а не сапожника.
16. Фарадей действительно не доверял в физике рассуждениям, основанным на расчётах. Он верил только хорошо продуманному и аккуратно поставленному эксперименту.
17. Что световые волны — поперечные (а не продольные, как волны звука), первым угадал Юнг. Это окончательно доказал Френель — друг Араго. Оба они — французы.
18. Работа Максвелла над теорией электромагнетизма началась в 1860-е годы, при жизни Фарадея. Но теоретик Максвелл не был учеником экспериментатора Фарадея, и тот не смог бы понять его математические рассуждения.
19. О том, что силовые линии электрического или магнитного поля суть траектории виртуальных фотонов, догадался только Эйнштейн — в начале 20 века, в начальную пору квантовой физики.
20. Фарадей открыл законы электролиза и построил электродвигатель в 1830-е годы. Дэви тогда уже не было в живых.
21. Телеграф изобрели в конце 1830-х годов Генри и Морзе, без участия Фарадея.
22. Телеграфный кабель через Атлантику был проложен в 1880-е годы — после смерти Фарадея и Морзе.



23. Первые броненосцы-пароходы появились в США во время войны между Югом и Севером (1861). Но первые удачные подводные лодки появились гораздо позже — вслед за двигателем внутреннего сгорания.
24. Удачный пулемёт Максима появился в Англии в 1880-е годы. Первый вариант пулемёта изобрёл в 1863 году американец Гатлинг.
25. Королевство Пруссия превратилось в Германскую империю в 1871 году — после победы над Францией.
26. Австрийская армия была разгромлена пруссаками при Садове в 1863 году — без пулемётов, благодаря превосходству в артиллерии.
27. Франко-прусская война 1870 года началась ради отвоевания Эльзаса и Лотарингии, а не Ломбардии.
28. Фарадей действительно отказался в 1854 году разрабатывать отравляющие газы для английской армии во время Крымской войны — и английское правительство похоронило этот опасный проект.
29. В конце 1860-х годов «просвещённым монархом» в Азии европейцы могли считать только японского императора Муцухито — автора реформ Мэйдзи. В Китае тогда шла гражданская война тайпинов, а Персия впала в стагнацию.
30. Первые комитеты сторонников мира из числа учёных возникли в Европе только после Первой мировой войны — в 20 веке. Массовое развитие это «Пагуошское движение» обрело после Второй мировой войны.
31. Фраза насчёт науки Политики и науки Физики принадлежит Эйнштейну, а не Фарадею. Она была произнесена незадолго до Второй мировой войны — а популярность обрела лишь после неё.

Общие итоги конкурса по истории таковы. В нём приняли участие 587 человек (Москва); 14 (все места проведения) удостоены особых премий, 70 (из них 51 — Москва) — похвальных отзывов, еще 116 (Москва) человек написали неплохие работы («Эпсилон»). В негласном командном состязании школ первое место разделили 3 команды: москвичи из школ 57 и 218, питеряне из Академической гимназии при СПБГУ (точнее — из её **старших** *общеобразовательных* классов). На уровне

**младших** классов весьма удачно выступили Классическая гимназия Санкт-Петербурга (№ 610) и московская «Лига школ» (№ 1199).

В «личном многоборье» вне конкуренции был москвич Максим Корольков, чье образование протекало в 1543, 57 и 1514 школах. Следующие 6 мест поделили работы примерно равного качества: Михаила Вогмана и Данилы Кузнецова из школы 57, Власа Рязанова и Юрия Соловьёва из школы 218, москвича Вадима Кондрышева из школы 887 и питерского гимназиста Сергея Сынтульского. Увы — среди 14 лауреатов премий оказался лишь один достаточно «молодой» ученик 9 класса — Виталий Редькин из школы 1624 и 4 ученика 10 классов разных школ. Поэтому угадать лауреатов следующего турнира 2001 года сейчас не представляется возможным.

Самая популярная задача (№ 10 — о кризисах) оказалась самой коварной. Ни один школьник не дал строгого и конструктивного определения кризисов разного рода — хотя многие подобрали удачный зоопарк примеров, а один участник (Михаил Копьев из 72 школы) рассмотрел даже кризисы в развитии науки. Все же эта задача отделила многие работы, отмеченные научной грамотностью или инициативой, от продуктов графомании.

Второе место заняла задача о римских папах. Большинство школьников отметили заслуги нынешнего папы Иоанна Павла 2, вспомнив его необычную биографию и успехи в примирении межконфессиональных конфликтов. Среди других популярных пап оказались организаторы крестовых походов (Григорий 7, Урбан 2, Иннокентий 3), а также лидеры Контрреформации: Лев 10, Климент 7, Иннокентий 8. Первый из них удостоился также похвалы за меценатство, а Григорий 13 — за введение нового календаря. Интересно, что многие вспомнили Пия 7 — бесцветного участника коронации Наполеона, но лишь двое школьников назвали Льва 3 — организатора коронации Карла Великого. Из отрицательных героев не был забыт Александр 6 Борджиа, из сомнительных лиц — папесса Иоанна.

Третье место заняла задача 11: диалоги с известными историками об их творчестве и о нашей эпохе. Впечатляет скорее **широта** спектра упомянутых персон, чем содержательность диалогов. Перечислим в порядке убывания популярности: Карамзин, Геродот, Ключевский, Нестор, С. М. и В. С. Соловьевы, Ломоносов, Тацит, Плутарх. Среди редких имен: Вернадский, Гумилев, Гиббон, Тойнби, Гизо, Тит Ливий, Макиавелли, Гоббс. Двое участников турнира пожелали оспорить учение А. Т. Фоменко.



Невезучей оказалась задача 8 (знаменитые книги). С лёгкостью была опознана только «Божественная комедия» Данте. Многие школьники опознали «Principia Mathematica», как **начало** заглавия книги Ньютона — но лишь один человек вспомнил книгу Уайтхеда и Рассела по основаниям математики. Многие участники опознали богословские книги Фомы Аквинского и Августина Блаженного; но многие приписали Гутенбергу авторство немецкого текста Библии. Немногие проявили знакомство с книгами Тойнби, Лукреция Кара и с переводом Библии Лютера. Зато многие приписали Лютеру авторство «Суммы Теологии», а обе китайские книги были дружно приписаны Конфуцию. Так же единодушно книга Евклида «Элементы» была приписана Менделееву. Книгу Гоббса «Левиафан» некоторые восприняли, как английский вариант биографии художника Левитана.

Наилучшие решения этой задачи (6 верно угаданных книг) дали Михаил Вогман (57 школа, Москва) и Алексей Морачевский (гимназия 610, Санкт-Петербург).

Мало удачной оказалась задача 5 — с экзотическими именами и прозвищами правителей. Очень многие опознали Всеволода Большое Гнездо — но при этом назвали его царем или московским (либо киевским) князем, не указав даже примерное время его правления. Львом Справедливости многие назвали Ричарда Львиное Сердце — хотя этому вояке некогда было заняться правосудием в Англии, где он провел меньше года из своего недолгого правления. Бородачом многие считают Барбароссу: этот вариант жюри признало верным, ввиду меньшего знакомства школьников с византийскими императорами. Многие опознали индейское происхождение Обсидианового Змея и Пикирующего Орла; но немногие вспомнили, что камень обсидиан распространен в Мексике (у ацтеков) — и никто не смог назвать имя иного вождя ацтеков, кроме Монтесумы.

Очень сложной оказалась задача 6 — об исламских общностях людей. Самые осторожные школьники начинали её решение с группировки названий по классам: имена династий, племен или религиозных течений. Лишь после такого разделения можно успешно нарисовать граф включения разных понятий.

Немногим по плечу пришлась задача о героях Плутарха и их аналогах в иные времена. Даже ученики гуманитарных гимназий затруднялись назвать иных героев Плутарха, кроме Александра и Цезаря; вместо этого школьники «продолжали» труд Плутарха, более или менее удачно группируя в **новые** пары разных героев позднейших времен — вплоть до Ивана Грозного и Иосифа Сталина.

Наилучшее решение этой задачи дал Максим Корольков (школа 1514). Среди его находок — сравнение Александра Невского и Велизария с Агесилаем и Помпеем, Милюкова — с Демосфеном и Цицероном, а Хлодвига, Константина 1 и Петра 1 — с Ромулом и Тесеем.

В задаче № 2 «Гражданин царь и гражданин бог» трудно оказалось поверить в существование удачного решения; ещё трудней было найти **простое** решение задачи. Очень многие участники турнира пытались привязать эти обращения к отрекшимся монархам в эпоху революции (Английской, Французской или Русской) — либо, напротив, спуститься в Древний Египет или Двуречье (где не было в ходу понятие «гражданин»).

Только Виталий Редькин из 1624 школы заметил, что каждый римский триумфатор играл в этот день роль Юпитера — а Юлия Вольфман из 57 школы вспомнила, что цари Спарты были в ней обычными гражданами.

Подавляющее большинство участников ошиблись в диагнозе **эпохи**, когда жил Фибоначчи. Верно угадав, что это была некая «эпоха Возрождения», школьники не заметили такого периода в середине Высокого Средневековья — во времена Фридриха 2 Штауфена. Соответственно, партнеров Фибоначчи безуспешно искали среди Микельанджело, Рафаэля и Леонардо да Винчи. Избежать этого заблуждения сумел Вадим Ростовцев из 218 школы.

Неожиданно непонятной оказалась формулировка задачи 3 о титулах «министров иностранных дел». Вместо того, чтобы перечислить **названия** этой должности в разных государствах (нарком, дьяк, секретарь), многие школьники называли **дополнительные** титулы персон, занимавших этот пост: граф, князь и т. д.

Самые массовые заблуждения проявились в задаче 12: об огне, пришедшем не от Солнца. Многие ученики младших классов упорно приписывали эти слова Прометею; старшеклассники предпочитали Эдисона с электролампочкой. Жюри признало верными три варианта решений, связанные с ядерной энергией: имена Ферми, Оппенгеймера и Курчатова. Всего таких ответов набралось менее десятка; среди лучших — Юлия Репкина из 198 школы.

К сожалению, верно назвать более двух ученых — знакомых Наполеона Бонапарта — не сумел ни один участник турнира. Самым популярным оказался Шампольон — хотя он виделся с Наполеоном всего один раз, в юности, во время «Ста дней» (и конечно, не мог участвовать в египетской экспедиции генерала Бонапарта). Немногие назвали Лапласа, Фурье или Бертолле; Кювье, Карно, Лагранжа и Монжа не вспомнил никто.



В поиске **ошибок** в тексте «Фарадей» наилучшего результата добился Влас Рязанов из школы № 218 и Александр Алексеев из 1603 школы: они верно нашли 15 ошибок. Массовые заблуждения участников турнира выявились по следующим темам: деятельность Лобачевского относили в конец 19 века (когда уже работал Гильберт); путали изобретение телеграфа и радиотелеграфа (Морзе, Генри — и Попов, Маркони); физика Томаса Юнга (19 век) путали с психологом Карлом Юнгом (20 век); никто не поверил, что **физик** Фарадей мог сделать открытие (бензола) в органической химии, или что военные лидеры Англии намеревались применить отравляющие газы в Крымской войне; большинство школьников не в силах поверить, что человек по фамилии Максим — не русский; наконец, даже сильнейшие из юных физиков не слыхали о том, что притяжение либо отталкивание электрически заряженных тел вызвано перелетами виртуальных фотонов между ними. Видимо, эта модель (предложенная Эйнштейном) не нашла еще пути в школьный курс великой науки — наравне с фразой того же Эйнштейна о сравнительной сложности Физики и Политики. Такова ментальность современных натурфилософов!

Наибольшее число ошибок в тексте «Калита» (21) обнаружил Юрий Соловьев из 218 школы. В этом случае массовые заблуждения участников турнира таковы: **никто** не начал решать задачу с установления приблизительного **срока** описываемых событий (1330–1340 годы); немногие знакомы с именами ханов Джанибека и Узбека, и почти никто не помнит сроки их правления; князя Ольгерда многие считают католиком и даже крестоносцем (хотя он был язычник и лютый враг крестоносцев); большинство школьников не в силах вообразить, что **дурные** отношения между подчиненной Русью и повелевающей Ордой **не** исключают похода москвичей на Смоленск по **приказу** хана; немногие сообразили, что Коломна, расположенная к **востоку** от Москвы, не могла принадлежать **западному** Смоленску (у которого москвичи отняли Можайск); многие не поверили, что на митрополичьем столе Руси мог сидеть грек — а другие, напротив, не ожидали русского на этом месте.

# Конкурс по лингвистике

Задачи по лингвистике и их решения подготовлены оргкомитетом Традиционной Олимпиады по лингвистике и математике, организуемой совместно отделением теоретической и прикладной лингвистики МГУ и факультетом теоретической и прикладной лингвистики РГГУ.

## Задачи

**1.** (автор М. Л. Рубинштейн).
Даны слова и словосочетания на испанском языке и их переводы на русский язык в перепутанном порядке:

comprender una pregunta, verme, buscarte, dibujar a una mendiga, oir una pregunta, visitar un cuartel, ver a un chiquillo, buscar a un hombre, oirme, visitarte, limpiar una alfombra, encontrarme, tomar un taxi;

*искать человека, рисовать нищенку, слышать вопрос, посетить казарму, посетить тебя, видеть мальчика, встретить меня, чистить ковёр, слышать меня, взять такси, видеть меня, искать тебя, понять вопрос.*

**А.** Установите правильные переводы.

**Б.** Переведите на испанский язык:

*посетить друга (друг —* un amigo*), искать такси, понять меня, слышать Клару, встретить поезд (поезд —* un tren*), слышать известие (известие —* una noticia*).*

**2.** (автор Е. В. Муравенко)
В сербскохорватском языке ударение бывает четырёх типов — два типа с восходящим движением тона (знаки ` и ´ ) и два типа с нисходящим движением тона (знаки ̏ и ̑ ). Ниже приведены некоторые сербскохорватские и соответствующие им русские слова:

| | |
|---|---|
| бра́да — *борода* | вла́кно — *волокно* |
| бра̑в — *боров* | врѐтено — *веретено* |
| зла̑то — *золото* | беспо̀вратно — *бесповоротно* |
| бла̏то — *болото* | мухо̀ловка — *мухоловка* |
| вра̏на — *ворона* | седо̀бради — *седобородый* |
| мра̏з — *мороз* | во̀да — *вода* |
| гра̑д — *город* | |



Запишите сербскохорватские слова, соответствующие русским:
*голова, колода, беседа, горох, терем, ворон, голорукий, золоторогий, безголовый, сестра.*

Не забудьте проставить ударение!

**3.** (автор М. Е. Алексеев)
Даны слова на адыгейском[19] языке с переводами на русский язык:

шъуыкъэзгъэкIуагъ — *я заставил вас прийти*
сыкъэбгъэкIуагъ — *ты заставил меня прийти*
шъуыкъэдгъэкIуагъ — *мы заставили вас прийти*

**А.** Переведите на русский язык:
сыкъэжъугъэкIуагъ.

**Б.** Переведите на адыгейский язык:
*ты заставил нас прийти, вы заставили нас прийти.*

*Примечание.* Звук, обозначаемый сочетанием **шъ**, наиболее близок к русскому *ш* в слове *шум*, **жъ** близко к *ж* в слове *жук*, **гъ** — *хг* в слове *бухгалтер*, **кI** — *к* в слове *кит*, **къ** — особый согласный звук адыгейского языка.

## Решения задач конкурса по лингвистике

**1.** В испанском материале есть семь словосочетаний и пять слов, среди русских словосочетаний — семь таких, в которых дополнение выражено существительным, и пять таких, в которых оно выражено местоимением. Следовательно, местоименное дополнение в испанском выражается слитно с глаголом и идёт, как можно заметить, после глагола. (Вообще, глагол всегда предшествует дополнению.) В русских словосочетаниях два раза встречается местоименное дополнение *тебя*, три раза — *меня*, а в испанских словах — два раза показатель -te и три раза — -me. Итак, -te — ‘тебя’, -me — ‘меня’.

Среди словосочетаний с дополнениями-существительными в испанском встречаются три, в которых к существительному добавлено слово «a»; остальные не имеют этого «a». В русском им соответствуют словосочетания, в которых дополнение выражено одушевлённым существительным. (Следует заметить, что всякое испанское существительное оформляется словечками «un» или «una», никак не распределёнными;

[19] Адыгейский язык — один из языков абхазо-адыгской группы, на котором говорит более 100 тыс. человек, проживающих в основном в Республике Адыгея (РФ).

впрочем, про них ничего и не спрашивается, и их можно считать частью существительных.)

Этих наблюдений достаточно, чтобы выполнить задания.

| | | | |
|---|---|---|---|
| **А.** | comprender una pregunta | — | *понять вопрос* |
| | verme | — | *видеть меня* |
| | buscarte | — | *искать тебя* |
| | dibujar a una mendiga | — | *рисовать нищенку* |
| | oir una pregunta | — | *слышать вопрос* |
| | visitar un cuartel | — | *посетить казарму* |
| | ver a un chiquillo | — | *видеть мальчика* |
| | buscar a un hombre | — | *искать человека* |
| | oirme | — | *слышать меня* |
| | limpiar una alfombra | — | *чистить ковёр* |
| | encontrarme | — | *встретить меня* |
| | tomar un taxi | — | *брать такси* |
| | visitarte | — | *посетить тебя* |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Б.** | *посетить друга* | — | visitar a un amigo |
| | *искать такси* | — | buscar un taxi |
| | *понять меня* | — | comprenderme |
| | *слышать Клару* | — | oir a Clara |
| | *встретить поезд* | — | encontrar un tren |
| | *слышать известие* | — | oir una noticia |

**2.** Замечаем, что русским полногласным сочетаниям в корне *-ере-*, *-оро-*, *-оло-* соответствуют сербскохорватские неполногласные **-ре-**, **-ра-**, **-ла-**. От таких соответствий надо отличать случаи «ложного полногласия» типа мухоловка, когда сочетание -оло- возникает на стыке морфем. В этом случае в сербскохорватском языке мы видим такое же сочетание.

Русское окончание прилагательного *-ый* соответствует сербскохорватскому **-и**.

Приведённые сербскохорватские слова можно разбить на две группы:
(1) слова, в которых ударение падает на неполногласное сочетание;
(2) все остальные слова (такие, в которых ударение не падает на неполногласное сочетание, или такие, где вообще нет неполногласных сочетаний).

Тип ударения в словах первой группы связан с местом ударения в соответствующих русских словах. Это удобно представить в табличке



(обозначим через ОРО и РА полногласные и неполногласные сочетания соответственно, С — согласные, V — гласные):

| Русский | Сербскохорв. | Примеры |
|---|---|---|
| О́РО | РА̑ | *бо́ров* — бра̑в, *зо́лото* — зла̑то, *го́род* — гра̑д |
| ОРО́ | РА̏ | *боло́то* — бла̏то, *воро́на* — вра̏на, *моро́з* — мра̏з |
| ОРО$C_1(C_2)$V́ | РА́$C_1(C_2)$V | *борода́* — бра́да, *волокно́* — вла́кно |

В сербскохорватских словах второй группы ударение стоит на слог левее по сравнению с соответствующими русскими и имеет характер ` : мухо̀ловка, во̀да, вретѐно. В частности, если в русском слове ударение падает на второй слог полногласного сочетания и перед этим сочетанием есть ещё слоги, в соответствующем сербскохорватском слове ударение типа ` падает на слог перед неполногласным сочетанием: беспо̀вратно, седо̀бради.

Ответы: гла́ва, кла̏да, бѐседа, гра̏х, тре̑м, вра̑н, голо̀руки, злато̀роги, бѐзглави, сѐстра.

**3.** Сравнивая друг с другом адыгейские слова, выделяем общую часть: **—ыкъэ—гъэкIуагъ**, которой соответствует значение «заставил прийти». На месте первого прочерка — показатель объекта (это ясно из сравнения первого и третьего слов: они одинаково начинаются на **шъу-**, а в русских переводах одинаковый объект — *вас*). Тогда, видимо, место второго прочерка занимает показатель субъекта.

Замечаем, что значение 1 лица ед. числа в роли объекта (на первом месте) передаётся показателем **с-**, а в роли субъекта (в середине слова) — показателем **-з-**, т. е. парным звонким согласным. Можно предположить, что эта парность не случайна. Действительно, показатель объекта всегда начинается с глухого согласного, а показатель субъекта представляет собой звонкий согласный. Занесём в таблицу полученные данные:

| | объект | субъект |
|---|---|---|
| 1 л. ед. числа | с- (*меня*) | -з- (*я*) |
| 2 л. ед. числа | | -б- (*ты*) |
| 1 л. мн. числа | | -д- (*мы*) |
| 2 л. мн. числа | шъу- (*вас*) | |

Пытаясь перевести на русский язык слово из задания **А**, мы находим в нём не встречавшийся в условии показатель субъекта — **-жъу**. Очевидно, это показатель 2 лица мн. числа, соответствующий **шъу-** в позиции объекта. Это подтверждает наше предположение о глухих и звонких вариантах показателей. Для выполнения заданий дополним таблицу:

| | объект | | субъект | |
|---|---|---|---|---|
| 1 л. ед. числа | с- | (*меня*) | -з- | (*я*) |
| 2 л. ед. числа | | | -б- | (*ты*) |
| 1 л. мн. числа | *т- | (*нас*) | -д- | (*мы*) |
| 2 л. мн. числа | шъу- | (*вас*) | *-жъу- | (*вы*) |

Теперь нетрудно написать ответы:

**А.** сыкъэжъугъэкIуагъ — *вы заставили меня прийти*

**Б.** *ты заставил нас прийти* — тыкъэбгъэкIуагъ

*вы заставили нас прийти* — тыкъэжъугъэкIуагъ

---

В РГГУ при факультете теоретической и прикладной лингвистики еженедельно по четвергам проводится **факультатив по лингвистике для школьников 8, 9, 10 и 11 классов.**

На занятиях факультатива его участники знакомятся с основными понятиями и некоторыми направлениями современного языкознания. Они узнают о многих интересных явлениях самых разных языков, а также об удивительных фактах родного языка, о которых не приходилось задумываться раньше, получают представление об основных системах письменности, учатся определять языки по письменности, изучают историю русского алфавита, узнают, что такое сравнительно-историческое изучение языков и как можно классифицировать языки, знакомятся с различными способами обозначения чисел и календарных дат в языках мира. Специалисты по различным областям языкознания рассказывают о своей научной работе.

Основной способ получения знаний — решение самодостаточных лингвистических задач. Для этого не требуется предварительной подготовки, но нужно уметь логически мыслить и обладать языковой интуицией. Решая такие задачи, школьники в упрощённой форме знакомятся с методами работы учёных-лингвистов.

Приглашаются все желающие. Телефоны для справок 250–65–60, 250–64–46.



# Условия задач осеннего тура 22 Международного математического турнира городов 2000 г.

## Тренировочный вариант 22 октября 2000 г., 8–9 кл.

(*Итог подводится по трём задачам, по которым достигнуты наилучшие результаты, очки за пункты одной задачи суммируются*)

**Задача 1.** (3 очка)
В клетках таблицы $4 \times 4$ записаны числа так, что сумма соседей у каждого числа равна 1 (соседними считаются клетки, имеющие общую сторону). Найдите сумму всех чисел таблицы.
*Р. Г. Женодаров*

**Задача 2.** (3 очка)
Дано: $ABCD$ — параллелограмм, $M$ — середина стороны $CD$, $H$ — основание перпендикуляра, опущенного из вершины $B$ на прямую $AM$. Докажите, что треугольник $BCH$ — равнобедренный.
*М. Волчкевич*

**Задача 3.** ($2 + 4$ очка)
**а)** (2) На доске выписано 100 различных чисел. Докажите, что среди них можно выбрать 8 чисел так, чтобы их среднее арифметическое не представлялось в виде среднего арифметического никаких 9 из выписанных на доске чисел.
**б)** (4) На доске выписано 100 целых чисел. Известно, что для любых восьми из этих чисел найдутся такие девять из этих чисел, что среднее арифметическое этих восьми чисел равно среднему арифметическому этих девяти чисел. Докажите, что все числа равны.
*А. В. Шаповалов*

**Задача 4.** (5 очков)
Известно, что в наборе из 32 одинаковых по виду монет есть две фальшивые монеты, которые отличаются от остальных по весу (настоящие монеты равны по весу друг другу, и фальшивые монеты также равны по весу друг другу). Как разделить все монеты на две равные по весу кучки, сделав не более 4 взвешиваний на чашечных весах без гирь?
*А. В. Шаповалов*

## Основной вариант 29 октября 2000 г., 8–9 кл.

(*Итог подводится по трём задачам, по которым достигнуты наилучшие результаты*)

**Задача 1.** (3 очка)
Дана таблица $n \times n$, в каждой клетке записано число, причем все числа в таблице различны. В каждой строке отметили наименьшее число, и все отме-

ченные числа оказались в разных столбцах. Затем в каждом столбце отметили наименьшее число, и все отмеченные числа оказались в разных строках. Докажите, что оба раза отметили одни и те же числа.
*В. Клепцын*

**Задача 2.** (3 очка)
Между двумя параллельными прямыми расположили окружность радиуса 1, касающуюся обеих прямых, и равнобедренный треугольник, основание которого лежит на одной из прямых, а вершина — на другой. Известно, что треугольник и окружность имеют ровно одну общую точку, и что эта точка лежит на вписанной окружности треугольника. Найдите радиус вписанной окружности треугольника.
*Р. К. Гордин*

**Задача 3.** (4 очка)
Натуральные числа $a$, $b$, $c$, $d$ таковы, что наименьшее общее кратное этих чисел равно $a+b+c+d$. Докажите, что $abcd$ делится на 3 или на 5 (или на то и другое).
*В. Сендеров*

**Задача 4.** (4 очка)
Рассматривается шахматная доска $8 \times 8$, клетки которой пока не окрашены. Сколькими способами можно раскрасить доску в черный и белый цвета так, чтобы черных клеток было 31 и никакие две черные клетки не имели общей стороны? (Укажите число способов и докажите, что учтены все способы; два способа раскраски считаются различными, если найдется клетка, которая при одном из этих способах раскраски белая, а при другом — чёрная).
*Р. Г. Женодаров*

**Задача 5.** (6 очков)
На правой чаше чашечных весов лежит груз 11111 г. Весовщик последовательно раскладывает по чашам гири, первая из которых имеет массу 1 г, а каждая последующая вдвое тяжелее предыдущей. В какой-то момент весы оказались в равновесии. На какую чашу поставлена гиря 16 г?
*А. В. Калинин*

**Задача 6.** (7 очков)
В весеннем туре турнира городов 2000 года старшеклассникам страны $N$ было предложено 6 задач. Каждую задачу решило ровно 1000 школьников, но никакие два школьника не решили вместе все 6 задач. Каково наименьшее возможное число старшеклассников страны $N$, принявших участие в весеннем туре? (Назовите это число, покажите, что при названном Вами числе участников условие задачи может быть выполнено, и что при меньшем числе участников оно не выполнимо.)
*Р. Г. Женодаров*

**Задача 7.** (8 очков)
У первоклассника имеется сто карточек, на которых написаны натуральные



числа от 1 до 100, а также большой запас знаков «+» и «=». Какое наибольшее число верных равенств он может составить? (Каждая карточка используется не более одного раза, в каждом равенстве может быть только один знак «=», переворачивать карточки и прикладывать их для получения новых чисел нельзя.)
*Р. Г. Женодаров*

## Тренировочный вариант 22 октября 2000 г., 10-11 кл.

(*Итог подводится по трём задачам, по которым достигнуты наилучшие результаты, очки за пункты одной задачи суммируются*)

**Задача 1.** (3 очка)
Треугольник $ABC$ вписан в окружность. Через точку $A$ проведены хорды, пересекающие сторону $BC$ в точках $K$ и $L$ и дугу $BC$ в точках $M$ и $N$. Докажите, что если вокруг четырёхугольника $KLNM$ можно описать окружность, то треугольник $ABC$ — равнобедренный.
*В. Жгун*

**Задача 2.** (3 очка)
Натуральные числа $a$, $b$, $c$, $d$ таковы, что $ad - bc > 1$. Докажите, что хотя бы одно из чисел $a$, $b$, $c$, $d$ не делится на $ad - bc$.
*А. В. Спивак*

**Задача 3.** (4 очка)
В каждой боковой грани пятиугольной призмы есть угол $f$ (среди углов этой грани). Найдите все возможные значения $f$.
*А. В. Шаповалов*

**Задача 4.** (3 + 2 очка)
Известно, что в наборе из
**а)** (3) 32
**б)** (2) 22 одинаковых по виду монет есть две фальшивые монеты, которые отличаются от остальных по весу (настоящие монеты равны по весу друг другу, и фальшивые монеты также равны по весу друг другу). Как разделить все монеты на две равные по весу кучки, сделав не более 4 взвешиваний на чашечных весах без гирь?
*А. В. Шаповалов*

## Основной вариант 29 октября 2000 г., 10–11 кл.

(*Итог подводится по трём задачам, по которым достигнуты наилучшие результаты, очки за пункты одной задачи суммируются*)

**Задача 1.** (3 очка)
Натуральные числа $a$, $b$, $c$, $d$ таковы, что наименьшее общее кратное этих чисел равно $a+b+c+d$. Докажите, что $abcd$ делится на 3 или на 5 (или на то и другое).
*В. Сендеров*

**Задача 2.** (4 очка) Для какого наибольшего $n$ можно выбрать на поверхности куба $n$ точек так, чтобы не все они лежали в одной грани куба и при этом были вершинами правильного (плоского) $n$-угольника.
*А. В. Шаповалов*

**Задача 3.** (4 очка)
Длины сторон треугольника ABC равны $a$, $b$ и $c$ ($AB = c$, $BC = a$, $CA = b$ и $a < b < c$). На лучах $BC$ и $AC$ отмечены соответственно точки $B_1$ и $A_1$ такие, что $BB_1 = AA_1 = c$. На лучах $CA$ и $BA$ отмечены соответственно точки $C_2$ и $B_2$ такие, что $CC_2 = BB_2 = a$. Найти отношение отрезка $A_1B_1$ к отрезку $C_2B_2$.
*Р. Г. Женодаров*

**Задача 4.** ($3 + 4$ очка)
Пусть целые ненулевые числа $a_1$, $a_2$, ... , $a_n$ таковы, что равенство

$$a_1 + \cfrac{1}{a_2 + \cfrac{1}{a_3 + \cfrac{1}{\dots + \cfrac{1}{a_n + \cfrac{1}{x}}}}} = x$$

выполнено при всех значениях $x$, входящих в область определения дроби, стоящей в левой части.
**а)** (3) Докажите, что число $n$ чётно.
**б)** (4) При каком наименьшем $n$ такие числа существуют?
*М. Скопенков*

**Задача 5.** (6 очка)
Клетки доски $m \times n$ покрашены в два цвета. Известно, что на какую бы клетку ни поставить ладью, она будет бить больше клеток не того цвета, на котором стоит (клетка под ладьей тоже считается побитой). Докажите, что на каждой вертикали и каждой горизонтали клеток обоих цветов поровну.
*А. В. Шаповалов*

**Задача 6.** ($5 + 5 + 5$ очков)
**а)** (5) Несколько черных квадратов со стороной 1 см прибиты к белой плоскости одним гвоздем толщины $0,1$ см. Образовалась многоугольная черная фигура. Может ли периметр этой фигуры быть больше, чем 1 км ? (Гвоздь не задевает границ квадратов.)
**б)** (5) Та же задача, но гвоздь имеет толщину 0 (то есть точка).
**в)** (5) Несколько черных квадратов со стороной 1 лежат на белой плоскости, образуя многоугольную черную фигуру (возможно, состоящую из нескольких кусков и имеющую дырки). Может ли отношение периметра этой фигуры к ее площади быть больше 100000 ?
*Венгерский фольклор*



# Их разыскивает Москва

Ирина ВАСИЛЬЕВА, ученица школы г. Оренбурга[20]

*Москва, по большому счёту, всегда считалась нашим мозговым центром. Но стало намечаться «интеллектуальное голодание» столицы. Придуманная же москвичами аксиома — приезжим в вузы вход заказан — всё более теряет свою актуальность.*

С каждым годом столичные профессора отмечают, что знания провинциальных подростков гораздо выше, чем у их московских сверстников. Правда, напора у ребят поменьше, оттого и боятся пробовать свои силы в столице. Теперь юных талантов разыскивают по всей матушке-России, дабы поднять интеллектуальный уровень московских вузов до бывалых высот. Добрались и до Оренбурга: первого октября в городе состоялся 23-й турнир имени Ломоносова. Этот турнир проводился одновременно в Москве, Санкт-Петербурге, Харькове, поэтому Оренбургу честь и слава — зарекомендовали город на достойном уровне наши ребята!

Назвали турнир ломоносовским не случайно: в своё время именно Михаил Васильевич преодолевал километры на санях да упряжках из далёкой сибири в Москву за знаниями. Основная задача конкурса — заинтересовать молодёжь глубинки получением высшего образования в столичных университетах. На турнире нет призовых мест — только дипломы об участии, так что я шла на интеллектуальный бой без дрожи колен!

Восемь сорок пять. Учебный корпус Оренбургского педуниверситета. Тысяча человек в огромной очереди у двери храма знаний. Долгое ожидание в очереди заметно проредило ряды волонтёров — многие заскучали и тихонечко удалились во дворы. Оно и понятно: лишь небольшая часть школьников участвовала в турнире по собственному желанию. В основном детей заманивали оценками либо просто принуждали, стращая последствиями неповиновения. А жаль, что народ не осознал для себя всей пользы ... Организаторы, видно, не ожидали, что придёт столько школьников, и выделили лишь одну аудиторию, поэтому ребята писали в две смены.

[20] Письмо с этой заметкой школьницы пришло в оргкомитет Турнира вскоре после того, как в городе Оренбурге впервые был проведён Турнир им. М. В. Ломоносова, сразу собравший рекордное число участников (втрое меньше, чем в Москве).

Разумеется, не все организаторы Турнира в Москве согласны с мнением участницы в Оренбурге. Оргкомитет надеется, что есть много конкурсов (или олимпиад) и немало вузов, куда не «заказан вход» любому желающему заниматься наукой.

Пока одни работали над заданиями, другие дожидались в университетском актовом зале. Скучающим школярам устроили небольшой импровизированный концерт: неизвестный энтузиаст из компании организаторов вышел на сцену и стал бренчать на гитаре, периодически подыгрывая на губной гармошке. Некоторые зрители потихоньку удалялись. И несмотря на то, что ряды пустели и пустели, всё равно народу было слишком много, а организаторы советовали: «если не можете справиться с заданиями, не ломайте зря голову, идите домой».

Но мало кто следовал этому совету. Задания были, как выразился мой одноклассник, — «специально трудные, чтобы никто не решил», но интересные, направленные не на проверку зазубривания учебника, а на раскрытие потенциальных возможностей каждого ученика. Поэтому не помогли школярам принесённые шпоры. Творческий процесс шёл достаточно бурно. Умники шуршали фольгой из-под шоколада, надеясь сладеньким расшевелить непроснувшийся мозг, громко кричали «Yeз!», когда получалось выполнить задания. Старшеклассники кадрили студенток в надежде на подсказку, но те лишь поглощали пирожные на зависть проголодавшимся детям и оставались непреклонными.

Проявить себя ребята могли в семи предметах, в основном, в естественных науках. Большой переполох вызвала лингвистика, думали: ну, русский, ну, английский языки, а тут тебе адыгейский, испанский, ингушский. Но задания оказались на логическое мышление и сообразительность. Некоторые же были просто запредельными; интересно, знают ли наши учителя хоть что-нибудь о Леонардо Фибоначчи, о том, кто написал книгу «Энума Элиш»[21] и что за животное аксолотль[22]. А задачу про отрезки для 11 класса так никто и не решил . . . Для самих школьников этот турнир стал лишним поводом обратиться к книгам.

Хочется верить, что способна оренбургская земля рождать Менделеевых и Ломоносовых и озарит нашу Родину светом новых имён.

[21] см. стр. 116
[22] см. стр. 103



# Предметный указатель

# Информация о наборе в некоторые московские школы и классы с углублённым изучением предметов на 2001/2002 учебный год.

Информация предоставлена школами в МЦНМО.

| Школа | Телефон | Адрес | Набираемые классы | Сроки (2001 год) |
|---|---|---|---|---|
| 2 | 137–1769<br>137–6931 | ул. Фотиевой, 18 (за универмагом «Москва». м. «Октябрьская“, далее до остановки «Универмаг «Москва»»). | 7 физико-математ.<br>7 биохимический<br>8 физико-математ. | апрель–май |
| 7 | 131–8110 | ул. Крупской, 17 (м. «Университет», 2 ост. на тролл. 28, 34 | 8 математический<br>добор в 10 матем. | апрель–май |
| 18 СУНЦ МГУ | 445–1108 | Кременчугская ул., дом 11, м. «Кутузовская», далее авт. 91, 157 до ост. «Универмаг Минск», или м. «Университет», далее авт. 103 | 10 физико-математ.<br>10 химический<br>11 физико-математ. | 29.04.2001<br>13.05.2001 |
| 54 | 245–9972<br>245–5425 | ул. Доватора 5/9, м. «Спортивная» | 9 математический | апрель–май |
| 57 | 291–8572<br>291–5458 | Малый Знаменский пер., 7/10, стр. 5 (м. «Боровицкая», «Кропоткинская») | 8 математический<br>9 математический<br>9 гуманитарный | собеседования в апреле |
| 91 | 290–3558 | ул. Поварская, 14 (м. «Арбатская») | 9 математический | запись в марте |
| 109 | 434–5106<br>434–5107 | ул Бакулева, 20 (м.«Юго-Западная», далее авт. 144, 227, 281, 642, 720 до ост. «Теплостанский проезд») | 9 физико-математ. | запись на экзамены с 1 марта |

| Школа | Телефон | Адрес | Набираемые классы | Сроки (2001 год) |
|---|---|---|---|---|
| 218 | 976–0320<br>976–4087 | Дмитровское ш., 5а<br>м. «Дмитровская», «Тимирязевская» | 8 математика и информатика<br>8 естественно-научный (физика, химия, биология)<br>8 гуманитарный (русский язык, ин. язык, литература)<br>9 математический<br>9 языковой<br>10 языковой<br>10 биолого-физический | запись на собеседования с 15 марта |
| 520 | 123-63-50 | ул. Винокурова, 19. Трам. 26, 38, авт. 119. | 9 биологический | |
| 1134 | 932–0000<br>932–0801 | ул. Раменки, 15, к. 1. м. «Проспект Вернадского», авт. 715 до ост. »Универсам« | 9 физико-математ.<br>9 филологический<br>9 естеств.-научный | 07.04.2001 |
| 1543 | 433–1644<br>434–2644 | ул. 26-и Бакинских комиссаров, 3, к. 5, м. «Юго-Западная», 5–7 минут пешком до магазина «Польская мода» | 8 математический<br>8 гуманитарный<br>8 биологический | апрель |

Оргкомитет турнира им. Ломоносова работает в Московском центре непрерывного математического образования (МЦНМО).
Адрес: 121002, Москва, Большой Власьевский пер., д. 11., комн. 202.
Тел.: 241–12–37, 241–05–00.
Электронная почта: turlom@mccme.ru
Веб-сервер: http://www.mccme.ru/olympiads/turlom/



# Оглавление