

ББК 74.200.58

Т86

27-й Турнир им. М. В. Ломоносова 26 сентября 2004 года.
Задания. Решения. Комментарии / Сост. А. К. Кулыгин. — М.:
МЦНМО, 2005. — 192 с.: ил.

Приводятся условия и решения заданий Турнира с подробными комментариями (математика, физика, химия, астрономия и науки о Земле, биология, история, лингвистика, литература, математические игры). Авторы постарались написать не просто сборник задач и решений, а интересную научно-популярную брошюру для широкого круга читателей. Существенная часть материала изложена на уровне, доступном для школьников 7-го класса.

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

ББК 74.200.58

Тексты заданий, решений, комментариев составили и подготовили: И. Ф. Акулич (матем. игры), П. М. Аркадьев (лингвистика), С. А. Бурлак (лингвистика), С. Д. Варламов (физика), А. А. Зализняк (лингвистика), А. А. Заславский (матем. игры), Б. Л. Иомдин (лингвистика, литература), Т. В. Караваева (математика), Ю. Г. Кудряшов (математика), А. К. Кулыгин (физика), С. В. Лушечкина (химия), Д. А. Паперно (лингвистика), Е. Г. Петраш (биология), М. А. Раскин (матем. игры), А. М. Романов (астрономия и науки о Земле), З. П. Свитанько (химия), С. Г. Смирнов (история), Г. А. Соколова (биология), Д. Б. Староверов (биология), А. В. Хачатурян (математические игры), Н. А. Шапиро (литература), И. В. Ященко (математика).

Автор иллюстрации на обложке Т. А. Карпова.

*Турнир проведён при поддержке Департамента
образования города Москвы (программа «Одарённые дети»),
корпорации Воeіng и АНО «Школа третьего тысячелетия»*

Допускается и приветствуется распространение и использование на некоммерческой основе опубликованных в настоящем издании материалов для работы со школьниками и в других целях, соответствующих политике оргкомитета Турнира. Желательны, в случаях, когда это уместно, ссылки на авторов.

Эл. версия <http://www.mcsme.ru/olympiads/turlom/> (www-сервер МЦНМО).

27-й Турнир им. М. В. Ломоносова 26 сентября 2004 года.

Задания. Решения. Комментарии.

Ответственный за выпуск, составитель

Кулыгин Алексей Кириллович

Лицензия ИД № 01335 от 24.03.2000 г. Подп. к печати 25.01.2005.

Формат 60×90¹/₁₆. Печать офсетная. Объём 12 печ. л.

Заказ . Тираж 6000 экз.

Издательство Московского центра непрерывного математического образования.
119002, Москва, Бол. Власьевский пер., 11. Тел. 241-05-00, 241-12-37, 241-72-85.

Отпечатано с готовых диапозитивов в ФГУП «Полиграфические ресурсы»

ISBN 5-94057-180-8

© Московский центр непрерывного
математического образования, 2005.

XXVII Турнир имени М. В. Ломоносова

26 сентября 2004 года

Задания. Решения. Комментарии

Москва

Издательство МЦНМО

2005

Предисловие

Ломоносовский турнир — традиционный ежегодный турнир по разным предметам для всех желающих школьников. Традиционно он проводится в последнее воскресенье перед первой субботой октября. XXVII турнир состоялся 26 сентября 2004 года. Следующий, XXVIII Турнир им. Ломоносова планируется провести **в воскресенье 25 сентября 2005 года**.

С самого начала (в 1978 году) турнир был задуман непохожим на соревнование или олимпиаду. Здесь жюри не определяет самых лучших участников. Грамотами «за успешное выступление на конкурсе по . . . (предмету)» награждаются все школьники, написавшие хорошие работы. Такие работы традиционно отмечаются латинской буквой «v». Когда-то это было «внутренним» обозначением жюри. Но оно оказалось очень удачным и стало общеупотребительным. Например, на почтовой открытке (а почти всем участникам посылаются открытки с результатами по каждому заданию каждого конкурса, в котором участник участвовал) удобнее поставить одну букву «v», чем печатать полностью «грамота за успешное выступление» — места на открытке мало, а предметов может быть много, иногда все девять: математические игры (для 8 класса и младше), математика, физика, химия, история, биология, лингвистика, астрономия и науки о Земле, литература.

Весь турнир обычно длится 5 часов. Сколько предметов выбрать, сколько времени потратить на каждый из них и в какой последовательности — каждый участник решает сам (конкурсы проходят в разных аудиториях и всегда можно перейти из одной аудитории в другую).

Ещё одна традиция турнира — буква «е». Она ставится вместо «v» за «промежуточные» результаты по предметам, когда в работе достигнуты определённые успехи, но грамоту за это участник не получил. Если у одного участника окажется две (или больше) букв «е» — его работа на разных конкурсах будет отмечена грамотой «за успешное выступление по многоборью». Но ещё раз отметим, что на турнире главное — не борьба, а то, что участники турнира узнают и чему научатся на самом турнире (решая предложенные задания самостоятельно или прочитав эту книжку), на кружках и в школах, куда их пригласят (всем школьникам, пришедшим на турнир в Москве, выдаётся листок с расписанием олимпиад и кружков на учебный год).

По сложившейся традиции сборник заданий и решений Ломоносовского турнира дарится всем участникам ближайшего московского Математического праздника для 6–7 классов (который на этот раз состоится

13 февраля 2005 года), а также победителям следующего Ломоносовского турнира. Участникам олимпиад (а также их родителям) адресована представленная в оргкомитет информация о московских школах и классах с углублённым изучением предметов (страница 189).

Задания конкурса по **математике** традиционно не очень сложные. Но даже простые ответы могут оказать очень интересными. Так, оказывается часть точек плоскости можно легко покрасить так, чтобы на любой окружности радиуса 1 см оказалось ровно 4 покрашенные точки (задача № 2 для 6–8 классов).

Задачи конкурса **математические игры** — с первого взгляда могут показаться даже немножко посложнее, чем по «настоящей» математике. Что касается последнего задания (№ 5) — то так оно и есть. Остальные же задачи многим школьникам покажутся скорее необычными и непривычными, потому как этот раздел математики почти не изучается в школе и достаточно редко затрагивается на олимпиадах. В качестве «компенсации» у многих участников турнира (там, где конкурс по математическим играм проводился устно) была возможность «поиграть» с организаторами, получше во всём разобраться и тут же с помощью полученных знаний (это — основная цель конкурса) взяться за решение предложенных заданий. Теперь же, после турнира, все желающие получше «математически» разобраться в том, что такое математические игры, могут внимательно прочитать комментарии (которые организаторы написали специально для этого) к каждой задаче конкурса.

Из материалов конкурса по **физике** вы также узнаете много интересного: в какой вагон метро нужно садиться, чтобы за время поездки можно было подольше поговорить по мобильному телефону; что и как перевернуто в перевернутом изображении, построенном линзой; как сделать безопасные **грабли**, чтобы на них можно наступать после этого остаться невредимым (некоторые конструкции граблей, в полном соответствии с формулировкой задачи, оказались достаточно забавными; см. также **рисунок на обложке**¹); почему не тонут водоросли. Оказывается, что с обычной (на первый взгляд²) искрой от точильного круга происходит очень много интересного, а для того, чтобы в этом разобраться, достаточно только «школьных» знаний. А при сгорании водорода, несмотря на название этого газа, может получиться не только вода! Из задачи № 9 вы узнаете много интересного про струи

¹Эти слова выделены жирным шрифтом для того, чтобы, если вы начали читать книжку с обложки, смогли разобраться, **что именно, зачем и почему на обложке нарисовано**. Эта сноска нужна для этой же цели.

²Смотреть только в защитных очках!

воды. А если немного подумаете, то сможете понять, почему струи воды вообще образуются (а не разлетаются сразу на брызги). И где и почему струя всё же начинает распадаться на отдельные капли. Наконец (задача № 10), вы узнаете ещё одну конструкцию вечного двигателя и его «разоблачение».

Из заданий (и ответов) конкурса по **биологии** вы узнаете: почему лягушка не пьёт воду, почему у разных растений такие разные листья, почему кактус похож на ежа, почему растениям проще «переселяться» с юга на север и труднее — наоборот.

Из первого задания конкурса по **лингвистике** вы узнаете оригинальный способ образования числительных в селькупском языке. Сейчас на этом языке говорят около 2000 человек на северо-востоке Западной Сибири. А участников турнира было в 5 раз больше! (И даже участников конкурса по лингвистике только в Москве было 2852 человека.) Из других задач вы узнаете о некоторых «олимпиадных» фактах языка американских индейцев ханис, коми-зырянского, чешского и, конечно, русского языков.

Задания конкурса по **истории** традиционно охватывают самые разные события, эпохи, географические регионы и методы работы историков. Авторы по традиции составили достаточно подробный обзор материалов исторического конкурса, который опубликован параллельно с решениями на страницах исторического конкурса.

Отдельно хотелось бы остановиться на заданиях конкурсов по литературе и астрономии. На интересные вопросы по этим предметам никогда не бывает правильных однозначных ответов (на неинтересные вопросы, например «Кто автор такого-то произведения?», такой ответ вполне может быть). К сожалению, в таких случаях часто появляются «стандартные» «правильные» ответы, которые зачастую «старше» нескольких поколений школьников, и первоначальный смысл которых нынешние школьники представляют себе далеко не полностью (или вообще никак не представляют). Понятно, что эта деятельность не имеет почти никакого отношения ни к литературе, ни к астрономии, ни к другим предметам. Возникает вопрос: «А что же в этом случае предложить школьникам в качестве правильного ответа?»

На этом турнире организаторы конкурса по **литературе** с этой целью проанализировали все правильные ответы школьников и опубликовали наиболее удачные из них, снабдив комментариями и разъяснениями. Многие работы школьников оказались очень интересными, удачными и содержательными. Надеемся, что вам будет интересно в них разобраться (в необходимых случаях — с помощью комментариев)

и разъяснений жюри). Очень интересными оказались стихотворения, придуманные школьниками в соответствии с условиями первого задания, которые также включены в текст.

Организаторы конкурса по **астрономии и наукам о Земле** поступили иначе и составили очень подробные ответы, разъясняющие почти все известные жюри нюансы каждого задания. Предложенные вашему вниманию тексты представляют собой попытку охватить все возможные (выявленные в результате проверки работ) астрономические интересы участников турнира, уточнить детали, с которыми во многих работах была путаница (в том числе и специально для школьников-авторов этих работ), развеять распространённые заблуждения. В результате тексты получились очень объёмными (и в значительной степени носят справочный характер). Разумеется, на самом турнире ничего подобного от школьников не требовалось! И не беда, если не все ответы окажутся вам понятными или на что-то вообще не хватит терпения. Но мы надеемся, что в результате на некоторые интересные вам вопросы вы найдёте ответы. Появятся новые вопросы, и т. д. Ведь именно таким образом наука астрономия существовала и развивалась много столетий.

В этом году турнир собрал рекордное количество участников.

город	количество участников	количество работ	количество награждённых
Москва и окрестности	6299	19743	2796
Оренбург	2111	4175	432
Самара	1698	3466	451
Санкт-Петербург	147	515	85
Волгодонск	103	214	23
Курск	73	93	16
Иваново	26	104	16
Переславль-Залесский	15	15	1
ИТОГО	10472	28325	3820

Все эти 28325 работ³ были проверены в Москве московским жюри турнира. А организаторы турнира в Харькове (ФМЛ № 27) проверили работы и подвели итоги турнира на месте (в вышеприведённую таблицу эта информация не включена).

Очевидно, что любой содержательный статистический отчёт по такому большому количеству данных займёт в этой книжке неразумно

³Если считать, что каждая работа весит примерно 10 грамм, то в сумме получается больше 280 кг работ.

много места и, скорее всего, окажется неинтересным большинству читателей. Поэтому оргкомитет принял решение вместо этого опубликовать здесь только самые интересные, на свой взгляд, данные.

Вся остальная статистика доступна на веб-странице Турнира по адресу <http://www.mccme.ru/olympiads/turlom>. В частности, там опубликованы полные таблицы результатов участников, по которым все желающие могут рассчитать любые интересующие их статистические данные.

Открытая публикация полных результатов — одна из традиций турнира. Именно на этом этапе выясняется и исправляется большое количество недоразумений и ошибок. Разумеется, какие-то погрешности всегда остаются, поэтому приведённые цифры нельзя считать абсолютно точными. К сожалению, в статистику не включены результаты конкурса по химии в московском лицее № 1580 (этот конкурс не состоялся по техническим и организационным причинам), а также результаты математических игр в Московском авиационном институте (эти работы, к сожалению, были утеряны). Пользуясь случаем, оргкомитет приносит извинения всем участникам, так или иначе пострадавшим в результате недостатков в нашей работе.

В этом году в Москве (и окрестностях) было организовано 22 места проведения Ломоносовского турнира. Это московские ВУЗы (МГУ, МАИ и СТАНКИН), московские школы, гимназии, лицеи №№ 5, 91, 152, 444, 520, 853, 905, 1018, 1189, 1299, 1514, 1567, 1580, 1678, 2007, а также образовательные учреждения в городах Раменское, Троицк, Узловая, Электросталь (из которых ранее традиционно много школьников участвовали в турнире в Москве).

В Турнире им. Ломоносова в 2004 году в Москве и Московском регионе приняли участие 448 московских школ (число участников Турнира — 5098 (москвичей); есть 9 школ, в каждой из которых учатся больше 100 участников, всего из этих школ пришло 1343 участника; остальные 3755 человек пришли из остальных 439 школ) и 136 школ, расположенных в других населённых пунктах (число участников Турнира — немосквичей — 997; есть 13 школ, в каждой из которых учатся больше 28 участников, всего из этих школ пришло 543 участника; остальные 454 человека пришли из остальных 123 школ).

Разумеется, сама по себе количество участников из конкретной школы непосредственно ни о чём не свидетельствует (поэтому эти данные мы оставим анонимными). А вот заметное количество хороших выступлений — это достижение коллектива школы (как школьников, так и учителей). И такие достижения хочется отдельно отметить.

номер школы	Количество призёров по классам							
	≤5	6	7	8	9	10	11	ВСЕГО
1189	13	13	28	19	17	16	13	119
1514		9	22	22	29	18	10	110
444	2	7	32	21	24	12	5	103
1537				26	17	20	18	81
Интеллектуал	12	9	11	23	12			67
5		3	1	19	16	16	9	64
654	2	6	6	14	8	15	9	60
2007			26	14	14	2		56
57		4	11	6	13	8	9	51
1554		4	10	5	7	8	14	48
1199			10	11	12	8	4	45
1567		6	5	12	3	8	9	43
179			9	11	10	8	1	39
152		1	6	9	5	9	7	37
853		7	4	6	5	7	7	36
5 (Троицк)		1	14	3	2	10	6	36
2			5	18	5	7		35
520	3	1	12	4	9		5	34
1018		1	12	9	3	3	5	33
1506			11	5	4	12	1	33
548		3	17	8	1	3		32
618		6		1	3	14	8	32
463		1	2	8	5	13	2	31
4 (Королёв)				12	5	5	6	28
6 (Дубна)			3	8	2	10	4	27
91			3	6	6	6	4	25
2 (Раменское)			12	7	5			24
1201		3	8	5	5	1		22
1543		2		7	10	1	2	22
218			4	3	4	3	7	21
1538			3	6	11		1	21
Гимназия (Раменское)			2	4	6	4	5	21
1576		1	5	3	11			20
1981			8	3	7	1	1	20
174				3	6	8	2	19
537				1	18			19
1134			1	4	10	4		19
842				1	1	10	6	18
1194				12		2	4	18

1299		4	4	3	6	1			18
199				9	4	3	1		17
2 (Фрязино)		5	11	1					17
54				4	7	2	3		16
538			6	5	2	3			16
38 (Белгород)		6	1	2	7				16
1557				4	2	7	2		15
3 (Троицк)		1	3	5	1	3	2		15
113			2	1	11				14
905			11	3					14
7 (Электросталь)	1			1	1		11		14
345			2	7	4				13
1303					2	9	2		13
1678			9		4				13
13 (Электросталь)						8	5		13
СУНЦ МГУ						6	7		13
680		3	2		5	2			12
1522			5		1	6			12
1553				6	3	3			12
82 (Черноголовка)		1	2	1	2	3	3		12
Классический пансион МГУ			1		3	2	6		12
1150			7	3		1			11
1534					11				11
1917				5	5		1		11
МОУГ (Тула)			7		1	2	1		11
6 (Троицк)			1	2	3	3	1		10
7 (Фрязино)				6	1	3			10

Количество грамот	119	110	103	81	70	67	64	56	51	48	45	43
Школ, где столько грамот	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Количество грамот	39	37	36	35	34	33	32	31	28	27	25	24	22
Школ, где столько грамот	1	1	2	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1

Количество грамот	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
Школ, где столько грамот	3	1	3	3	2	3	2	3	5	5	4	2	9

Количество грамот	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Школ, где столько грамот	7	14	6	15	21	34	59	184	169

Торжественное закрытие Турнира, вручение грамот и призов школьникам, принимавшим участие в турнире в Москве, состоялось 21 ноября 2004 года в Московском государственном университете.

Оргкомитет благодарит всех, кто в этом году принял участие в организации турнира. По нашим оценкам это более 300 человек — сотрудников и руководителей принимающих организаций, школьных учителей, студентов, аспирантов, научных работников, и многих других — всех принимавших участие в составлении и обсуждении заданий, организации турнира на местах, дежурстве в аудиториях, проверке работ, организации торжественного закрытия.

Кроме организаций, непосредственно организовавших турнир на своей территории в Москве (упомянуты выше), Санкт-Петербурге, Оренбурге (Оренбургский государственный педагогический университет), Самаре (Самарский государственный университет), городах Курск, Иваново, Волгодонск, Переславль-Залесский, Раменское, Узловая, Троицк, Электросталь, оргкомитет благодарит также следующие организации: Московская городская Дума, Департамент образования города Москвы, Российская Академия наук, Международная Соросовская программа образования в области точных наук, Московский институт открытого образования, Оргкомитет международного математического Турнира городов, Московский центр непрерывного математического образования, Независимый московский университет, Российский государственный гуманитарный университет, Московский государственный технический университет, Компьютерный супермаркет НИКС, Корпорация Boeing и АНО «Школа третьего тысячелетия», оказавшие существенную помощь оргкомитету и непосредственно организаторам турнира на местах.

Отдельно хотелось бы поблагодарить московских (и не только) школьников — участников традиционной зимней школы, проходившей с 3 по 9 января 2005 года в подмосковном наукограде Пущино. Ребята проделали большую работу по редактированию текста настоящей книжки, как всегда, замечая многие ошибки, опечатки и несуразности, «незаметные» для взрослых.

И ещё одна персональная благодарность — студентам Физического факультета МГУ и сотрудникам Международной Соросовской программы образования в области точных наук за качественно выполненную большую работу по обработке результатов и подведению итогов Турнира.

Электронная версия этой книжки, а также материалы турниров этого года и предыдущих лет опубликованы в интернете по адресу <http://www.mccme.ru/olympiads/turlom>

Конкурс по математике

Задания

В скобках указано, каким классам рекомендуется задача; решать задачи более старших классов также разрешается.

1. (6–7) Для сборки автомобиля Лёше потребовалось купить несколько винтиков и шпунтиков. Когда он подошёл к кассе, выяснили, что в этот день магазин проводит рекламную акцию, предлагая покупателям или 15% скидку на всю покупку, или 50% скидку на шпунтики. Оказалось, что стоимость покупки со скидкой не зависит от выбранного варианта скидки. Сколько денег Лёша первоначально собирался потратить на покупку шпунтиков, если на покупку винтиков он собирался потратить 7 рублей?

2. (6–8) Объясните, как покрасить часть точек плоскости так, чтобы на любой окружности радиуса 1 см было ровно четыре покрашенные точки.

3. (6–8) Эстафета длиной 2004 км состоит из нескольких этапов одинаковой длины, выражающейся целым числом километров. Участники команды города Энск бежали несколько дней, пробегая каждый этап ровно за один час. Сколько часов они бежали, если известно, что они уложились в неделю?

4. (8–9) На острове все страны треугольной формы (границы прямые). Если две страны граничат, то по целой стороне⁴. Докажите, что страны можно раскрасить в 3 цвета так, что соседние по стороне страны будут покрашены в разные цвета.

5. (9–11) Дан треугольник со сторонами $AB = 2$, $BC = 3$, $AC = 4$. В него вписана окружность, и точка M касания окружности со стороной BC соединена с точкой A . В треугольники AMB и AMC вписаны окружности. Найти расстояние между точками их касания с прямой AM .

6. (9–11) На доске было написано уравнение вида $x^2 + px + q = 0$ с целыми ненулевыми коэффициентами p и q . Временами к доске подходили разные школьники, стирали уравнение, после чего составляли и записывали уравнение такого же вида, корнями которого являются коэффициенты стёртого уравнения. В какой-то момент составленное уравнение совпало с тем, что было написано на доске изначально. Какое уравнение изначально было написано на доске?

⁴Общая вершина двух треугольников не считается их общей границей.

7. (10–11) Существует ли многогранник, все грани которого — равнобедренные прямоугольные треугольники?

Решения к заданиям конкурса по математике

1. Пусть Лёша собирался потратить на покупку шпунтиков x рублей. Тогда при первом варианте скидки он платит за покупку $(1 - 0,15)(7 + x) = 0,85(7 + x)$ рублей, а при втором варианте — $(7 + 0,5x)$ рублей. По условию задачи эти числа равны.

$$0,85(7 + x) = 7 + 0,5x$$

$$0,85 \cdot 7 + 0,85x = 7 + 0,5x$$

$$5,95 + 0,85x = 7 + 0,5x$$

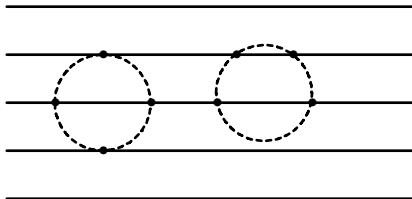
$$0,85x - 0,5x = 7 - 5,95$$

$$0,35x = 1,05$$

$$x = \frac{1,05}{0,35} = 3$$

Ответ: 3 рубля.

2. Один из вариантов — покрасить параллельные прямые (все точки, лежащие на этих прямых), так, чтобы расстояние между соседними прямыми было равно 1 см (радиусу окружности). Возможное расположение прямых и окружности показано на рисунке.



3. Так как произведение искомого времени N (в часах) и скорости бегунов (в километрах в час) равно 2004 (км), то N должно быть делителем числа 2004. Кроме того, по условию, число N не превосходит числа часов в неделе, то есть $7 \cdot 24 = 168$. Таким образом, N является делителем числа 2004, не превосходящим 168.

Найдём все такие числа. Разложим число 2004 на простые множители: $2004 = 2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 167$.

Отсюда получаем, что N может быть равно 1, 2, 3, 4, 6, 12 или 167.

Так как бегуны бежали несколько дней, то $N > 12$. Значит, единственная возможность для числа N — это 167. Итак, бегуны бежали 167 часов со скоростью 12 км/ч.

Ответ: 167 часов.

4. Предположим, что некоторые острова, удовлетворяющие условию задачи, невозможно покрасить в три цвета так, чтобы соседние страны были покрашены в разные цвета. Выберем из них остров, на котором число стран самое маленькое, пусть оно равно n . Рассмотрим на этом острове какую-нибудь прибрежную страну (то есть страну, одной из сторон выходящую на берег). Оставшаяся часть острова (возможно она «распадается» на несколько островов) содержит меньше n стран, поэтому ее можно покрасить в три цвета. Но рассматриваемая страна граничит только с двумя странами, а значит, для неё запрещены только два цвета. Поэтому её тоже можно покрасить. Получили противоречие. Следовательно, карту любого острова, удовлетворяющего условию задачи, можно раскрасить в три цвета так, чтобы выполнялись требования задачи.

Замечание. В условии и решении задачи мы воспользовались некоторым условным («математическим») языком, удобным в этой ситуации. А специально для читателей, только начинающих изучать математику, дадим несколько разъяснений.

1. «Докажите, что страны можно раскрасить в **3 цвета** так, что . . . ». Имеется ввиду, что для раскраски **достаточно** трёх цветов. То есть остров, на котором есть только две страны, также годится (хотя его формально и нельзя раскрасить в 3 цвета, так как страны только две).

2. «Выберем из них остров, на котором число стран самое маленькое.» Имеется ввиду выбор **среди всех теоретически возможных карт с заданным числом стран**, а не среди «реально» существующих островов в нашем воображаемом море. Поэтому, если мы «убираем» одну из стран, то в результате получается одна из уже рассмотренных карт (даже если соответствующего ей «реально» острова и нету).

3. «Но рассматриваемая страна граничит только с двумя странами, а значит, . . . ». Имеется ввиду «не более, чем с двумя» (нетрудно нарисовать карту, на которой все прибрежные страны имеют только одну границу со странами-соседями).

4. Решение этой задачи основано на одном из вариантов принципа математической индукции — принципе крайнего. При решении таких задач удобно рассматривать наименьший (в некотором смысле) контрпример, в данном случае — «нераскрашиваемый» остров с минимальным числом стран.

5. Пусть окружность, вписанная в треугольник ABC , касается стороны AB в точке X и стороны AC в точке Y . Очевидно, что $BM = BX$, $CM = CY$ и $AX = AY$.

Выразим длину отрезка BM через длины сторон треугольника ABC .

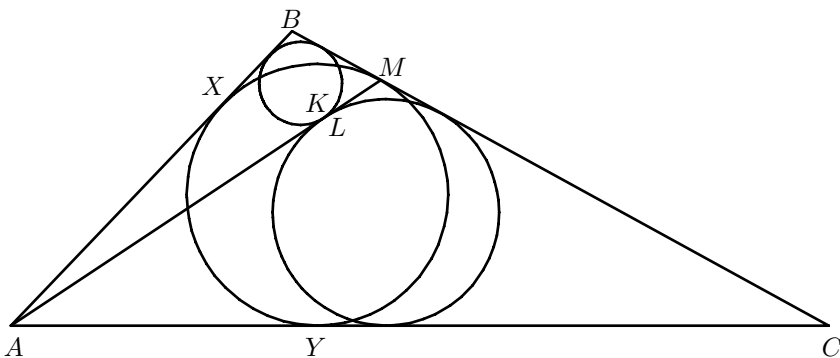
$$\begin{aligned} BM &= \frac{2BM}{2} = \frac{BM + BX}{2} = \frac{BM + MC - MC + BX + AX - AX}{2} = \\ &= \frac{BM + MC - CY + BX + AX - AY}{2} = \\ &= \frac{(BM + MC) + (BX + AX) - (AY + CY)}{2} = \frac{BC + AB - AC}{2} \end{aligned}$$

Пусть K — точка касания вписанной в треугольник AMB окружности с отрезком AM . Аналогично предыдущему рассуждению получим $AK = (AB + AM - BM)/2$.

Аналогично, обозначив через L точку касания отрезка AM и окружности, вписанной в треугольник AMC , получим $AL = (AC + AM - MC)/2$.

Тогда искомое расстояние равно

$$\begin{aligned} KL &= |AK - AL| = (1/2) \cdot |AB + AM - BM - (AC + AM - MC)| = \\ &= (1/2) \cdot |AB + AM - BM - AC - AM + MC| = \\ &= (1/2) \cdot |AB - BM - AC + MC| = \\ &= (1/2) \cdot |AB - 2BM - AC + MC + BM| = \\ &= (1/2) \cdot |AB - 2BM - AC + BC| = \\ &= (1/2) \cdot |AB - 2 \cdot \frac{1}{2}(BC + AB - AC) - AC + BC| = \\ &= (1/2) \cdot |AB - BC - AB + AC - AC + BC| = \\ &= (1/2) \cdot |AB - AB + BC - BC + AC - AC| = 0 \end{aligned}$$



То есть точки K и L (точки касания окружностей) совпадают ($KL = 0$), и это верно для любых длин сторон треугольника ABC , а не только для данных в условии задачи. Ответ: 0.

6. По теореме Виета, коэффициенты нового трёхчлена равны $-(p+q)$ и pq соответственно. Заметим, что ни у одного из написанных трёхчленов коэффициент p не может быть равен нулю. Действительно, в этом случае у всех последующих трёхчленов коэффициент q был бы равен нулю, а значит, среди них не мог встретиться исходный трёхчлен. Так как коэффициент p — целое ненулевое число, то у каждого следующего трёхчлена модуль коэффициента q не меньше, чем у предыдущего. Следовательно, модули всех этих коэффициентов равны, а значит, все коэффициенты p равны ± 1 . В частности, у второго трёхчлена коэффициент p равен ± 1 и равен $-(\pm 1 + q)$. То есть $\pm 1 = -(\pm 1 + q)$, где знаки \pm выбираются независимо друг от друга. Отсюда коэффициент q первого трёхчлена может быть равен или 2, или 0, или -2 . Как было замечено выше, нулю он равняться не может. Таким образом, для первого трёхчлена возможны два варианта: $x^2 + x - 2$ и $x^2 - x + 2$. Несложно проверить, что из трёхчлена $x^2 + x - 2$ получается сам этот трёхчлен, а из трёхчлена $x^2 - x + 2$ сначала получается трёхчлен $x^2 - x - 2$, а потом получается трёхчлен $x^2 + 3x + 2$, модуль коэффициента p которого не равен единице, что невозможно.

Ответ: $x^2 + x - 2$.

7. Существует.

Покажем, как можно построить один из таких многогранников.

1. «Отрежем» от куба «уголок». Отсекающую плоскость выберем так, чтобы она пересекала все три ребра куба, выходящих из отрезаемой вершины, на одинаковом расстоянии от этой вершины. У отрезанной таким образом «пирамидки» (тетраэдра) будет четыре грани: три из них — равнобедренные прямоугольные треугольники (бывшие части граней куба), и ещё один треугольник (очевидно, равносторонний, но нам это неважно).

2. Сделаем ещё один точно такой же тетраэдр.

3. «Склеим» эти два равных тетраэдра гранями, которые не являются прямоугольными треугольниками. У полученного многогранника «снаружи» в качестве граней останутся только равнобедренные прямоугольные треугольники, что и требовалось.

Конкурс по математическим играм

Условия игр

Конкурс по математическим играм адресован школьникам не старше 8 класса. Старшеклассники также, по желанию, могут решать задания математических игр письменно.

Для решения советуем выбирать игры, которые вам интереснее и понятнее, и решать пункты задания по порядку.

1. «Аукцион» На аукционе продают 3 картины. У каждого из двух покупателей по n монет. Сначала продают первую картину. Покупатели по очереди называют цену, каждый раз выше предыдущей, либо кто-то говорит «отказываюсь от торга». В этом случае картина достаётся сопернику (а названное последний раз этим соперником количество монет уходит устроителям аукциона; если один покупатель отказался от торга до того, как была названа первая цена, то второй покупатель получает картину бесплатно). Далее продаётся следующая картина (очередность ходов продолжает соблюдаться, отказ от торга — не ход), потом последняя. Побеждает тот, кто купил больше картин. Кто победит при правильной игре? Рассмотрите случаи:

- а) $n = 3$;
- б) $n = 4$;
- в) n произвольно.

2. «Красим клетки» Есть поле $n \times m$ клеточек. За ход можно закрасить любую клетку. При закрашивании требуется соблюдать условие: из четырёх клеток, лежащих на пересечении любых двух строк и любых двух столбцов, нельзя закрашивать более двух клеток. Тот, кто не может сделать ход, проигрывает. Кто победит при правильной игре? Рассмотрите такие размеры поля:

- а) 4×6 ;
- б) 5×5 ;
- в) 4×7 ;
- г) произвольное поле $n \times m$.

3. «Последние числа» Даны числа $1, 2, \dots, 27$. Игроки по очереди зачёркивают по числу, пока не останется два числа. Если их сумма делится на 5, побеждает первый, нет — второй. Кто победит при правильной игре?

4. «Переключивание камней» По кругу стоят n коробочек, в одной из них белый и чёрный камни, прочие пусты. Игроки переключивают по очереди камни: первый переключивает белый камень по часовой стрелке через одну или через две коробочки, второй — чёрный камень против часовой стрелки также через одну или через две. Победит тот, кто положит свой камень в коробочку с камнем соперника. Кто одержит победу при правильной игре? Рассмотрите случаи:

- а) $n = 13$;
- б) $n = 14$;
- в) $n = 15$;
- г) n произвольно.

5. «Два директора» Колбаса стоит n рублей. Играют директора двух магазинов. Каждый своим ходом повышает цену колбасы на целое число процентов, меньшее 100, и при этом на целое число рублей. Проигрывает директор, не сумевший повысить цену по этим правилам. Который из двух проиграет? Рассмотрите такие варианты:

- а) $n = 1000$;
- б) $n = 880$;
- в) $n = 600$;
- г) $n = 2^k$;
- д) n произвольно.

Решения математических игр

Традиционный конкурс по математическим играм проходил в рамках турнира Ломоносова и в этом году, вызвав большой интерес у участников. Как и предыдущие годы, там, где это удавалось организовать, конкурс для учеников не старше 8-го класса проходил в устной форме — участники играли в игры сами с собой, между собой, а также с многочисленными ведущими, которым и рассказывали свои решения игр, когда их придумывали. Кроме того, в этот раз организаторы предлагали конкурс по матиграм и старшим школьникам, вплоть до 11-го класса, только для них этот конкурс, конечно, был письменным. Поиск стратегии в игре является настоящей математической задачей (порой довольно сложной), и поэтому нашлось над чем подумать и старшеклассникам, и ученикам средних классов.

К сожалению, как и всегда, было очень много работ, в которых никаких стратегий не описывалось, а просто объявлялось, кто (начинающий игру или его соперник) победит; иногда эти сведения иллюстрировались

примерами партий. Однако от участников требовалось не указать, кто победит, а *доказать*, что победит именно он, указав для этого исчерпывающую инструкцию по игре для этого игрока. Иначе говоря, научиться в совершенстве играть за того или иного игрока (никогда не проигрывать) и уметь учить своему методу других.

При решении игр часто применяются общие методы: *метод полного перебора, метод инварианта, метод симметрии, метод выигрышных и невыигрышных позиций*. Мы надеемся, что их суть будет понятна из предлагаемых решений.

Игра №1 «Аукцион»

Эта несложная игра понравилась участникам, многие решили её верно. Пункты а) и б) можно было сделать перебором. Покажем это на примере а). Ответ: победит первый игрок, вот его стратегия. Он говорит: «1 монета». Если второй скажет «2 (или 3) монеты», первый говорит «Отказываюсь». В этом случае у первого 3, а у второго максимум 1 монета. Первый: «1 монета», второй: «Отказываюсь» (у него выбора нет), далее второй: «1 монета» (если она вообще у него есть), первый: «2 монеты». На этом торги окончатся в пользу первого. Если же в самом начале второй скажет «отказываюсь», то первый забирает картину. Если в свой ход теперь второй скажет «1 монета», то первый купит вторую картину и выиграет, а если второй скажет «2 (или 3) монеты», то первый отказывается, а затем, говоря «2 монеты», выигрывает. Мы пересмотрели все возможности и убедились в победе первого игрока.

Оказывается, первый игрок, действуя примерно таким образом, всегда может победить. Детали стратегии зависят от чётности N , случай нечётного N мы будем рассматривать в скобках. Итак, если монет N и N чётно (или нечётно), первый называет сначала $\frac{N}{2}$ (или $\frac{N-1}{2}$). Если второй откажется, он должен будет предложить затем сумму, большую, чем $\frac{N}{2}$ (или $\frac{N+1}{2}$). Первый тогда, отказавшись, называет $\frac{N}{2}$ (или $\frac{N+1}{2}$) и побеждает, так как у второго не более $\frac{N}{2}$ (или $\frac{N-1}{2}$) монет. Если второй вначале перекупит картину, то у него останется менее $\frac{N}{2}$ (или $\frac{N+1}{2}$) монет. Теперь первый называет $\frac{N}{2}$ (или $\frac{N-1}{2}$). Второй неизбежно пасует. Теперь у первого $\frac{N}{2}$ (или $\frac{N+1}{2}$) монет, а у второго, как мы видели, меньше, так что первый получит и третью картину.

За пункты а) и б) присуждалось по 5 баллов, назвавший первый ход первого в общем случае получал ещё 5 баллов, а за полное решение этой задачи (как и всех прочих) начислялось 20 баллов.

Игра №2 «Красим клетки»

Игра оказалась сложноватой для участников. Многие поняли, что в случае б), как и вообще в ситуации поля с нечётными сторонами, победит первый игрок, следуя симметричной стратегии: сначала он красит центральную клетку, а затем всякий раз красит клетку, центрально-симметричную только что покрашенной противником. Ясно, что у второго будет всегда ход, а правила первый нарушит только если их на своём предыдущем ходу нарушил второй. В случае же доски с чётной стороной центральной клетки нет и, казалось бы, симметричной стратегией мог бы воспользоваться второй, но это может не получиться (рассмотрите доску 3×2 , первый ходит сначала в угол, потом в одну из средних клеток). Но у второго есть другая стратегия. Повернём доску так, что у неё будет чётное число строк. На ход первого второй должен отвечать, крася другую клетку того же столбца. Две строки, которые задействовали игроки, теперь «закрываются» — больше в них ходить нельзя. Первый вынужден красить клетку в новой строке, второй снова красит клетку в том же столбце и «из строя выходят» ещё две строки. Так как число строк чётно, то у первого вскоре закончатся ходы.

За разбор центрально симметричного случая в этой задаче давалось 8 баллов, за прочие случаи 12 баллов. За разбор конкретных значений размеров поля начислялось 4 балла (пункты а, б) и 5 баллов (пункт в).

Игра №3 «Последние числа»

Эта игра вызвала интерес участников, хотя было много неверных решений (и даже неверных ответов!). Многие поняли, что вычёркивать надо не как попало, а так, чтобы числа, вычеркнутые только что тобой и соперником, давали в сумме число, кратное пяти (за эту мысль присуждалось до 5 баллов). Многие также поняли, что вместо самих чисел можно рассматривать их остатки от деления на 5. Эти остатки будут такими: 5 нулей, 5 четвёрок, 5 троек и по 6 единиц и двоек. Побеждает же в этой игре первый игрок. Именно, он вычёркивает первым ходом 1. При этом сумма всех оставшихся чисел будет давать при делении на 5 остаток 2 (это условие некоторое время не будет меняться, назовём его словом *инвариант*). Первый будет на некоторые ходы второго (1, 3 или 4) вычёркивать 4, 2 или 1 соответственно, восстанавливая инвариант. Если же второй зачеркнул 0 или 2, первый зачёркивает 2 или 0, и с этого момента до конца игры он будет поддерживать новый инвариант: сумма всех оставшихся чисел делится на 5 (и поэтому первый победит).

Для этого на ход второго 0, 1, 2, 3 или 4 он ответит 0, 4, 3, 2 или 1. Эти ходы возможны, так как нулей чётное число (четыре), а чисел 1–4 и 2–3 поровну, и исчезают они тоже парами.

Игра №4 «Переключивание камней»

В эту игру участники много и с интересом играли, рисуя поле на бумаге и делая фишки из подручных материалов. Обнаружилось вот что. Во-первых, если между камнями 4 пустых коробочки, то это — «ловушка»: тот, кому сейчас ходить, проигрывает. Во-вторых, если между камнями три пустых коробочки, то ходящий имеет только один ход — длинный (так мы назовём ход через две коробочки, а ход через одну будет «коротким»). При следующем ходе камни «минуют друг друга без боя», такую ситуацию мы назовём «проход». Попробуем теперь решить задачу. Оставив пока без внимания случай $n < 5$ и рассмотрим $n = 5$. Первый уже попал в ловушку. Более того, то же будет и при $n = 5k$. В этом случае второй на длинный ход соперника отвечает коротким и наоборот, при этом расстояние между камнями (измеряемое количеством пустых коробочек), сокращается на 5, а поэтому рано или поздно станет равным 4, и тогда первый проиграл. Теперь ясно, что при $n = 5k + 2$ и $n = 5k + 3$ победит первый: он сделает короткий (длинный) ход и поставит второго в положение первого как бы при $n = 5k$. Теперь рассмотрим $n = 5k + 4$ и $n = 5k + 1$. При $n = 5k + 4$ первый не должен делать короткий ход, иначе второй станет начинающим в ситуации $n = 5k + 2$ и победит. По той же причине при $n = 5k + 1$ первый не должен делать длинный ход. Тогда последовательность ходов у игроков predetermined (один делает только длинные, другой — только короткие ходы), и всё это будет продолжаться пока между камнями не останется 5, 3, а затем 0 пустых коробочек. Тогда произойдет проход, и у того, кому сейчас ходить (а это первый при $n = 5k + 1$ и второй при $n = 5k + 4$), возникнет два варианта хода. При $n = 5k + 1$ первый сделает короткий ход и сведёт игру как бы к положению $n = 5k$, где второй, который начинает игру в этой ситуации, проигрывает. При $n = 5k + 4$ второй может делать любой ход, но первый всегда после этого окажется в ситуации $5k + 3$ или $5k + 2$ и победит.

Итак, при $n = 5k + 2$ и $n = 5k + 3$ победит первый, при $n = 5k + 1$ и $n = 5k + 4$ — тоже первый, но после прохода, а в случае $n = 5k$ — второй. Случаи $n < 5$ неинтересны и могут быть разобраны непосредственно. За каждый из пунктов а) – в) присуждалось по 4 балла, до 5 баллов начислялось за соображения рекуррентности, 20 баллов за пол-

ное решение. Интересно, кстати, можно ли было так подобрать длины ходов, чтобы была возможна ничья, и камни так и ходили по кругу от прохода до прохода?

Игра №5 «Два директора»

Эта трудная игра не была решена ни одним участником. Однако её можно исследовать методом проигрышных и выигрышных позиций. Прежде всего ясно, что никакие множители из разложения числа n , кроме двоек и пятёрок, не играют никакой роли и неизменно будут присутствовать в числе во время всей игры (а также появляться в ходе игры и сохраняться до конца). Поэтому можно считать, что $n = 2^k \cdot 5^m$. Пару чисел $(k; m)$ мы назовём характеристикой числа n и будем считать её описанием позиции. Посмотрим, что будет с парой $(k; m)$ при увеличении числа, скажем, на 60%. Число умножится на $\frac{160}{100}$, то есть поделится на $2^2 \cdot 5^2$ и умножится на $2^5 \cdot 5^1$. Итог такой: $(k; m)$ превратится в $(k + 3; m - 1)$. Мы коротко запишем этот ход так: $(+3; -1)$. Выпишем все возможные ходы (после каждого хода указывается пример — повышение на сколько процентов этот ход реализует).

- | | | | |
|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1. $(-2; -2)$ 1% | 8. $(-2; -1)$ 5% | 13. $(-2; 0)$ 75%; | 15. $(-2; +1)$ 25% |
| 2. $(-1; -2)$ 2% | 9. $(-1; -1)$ 10% | 14. $(-1; 0)$ 50%; | |
| 3. $(0; -2)$ 4% | 10. $(0; -1)$ 40% | | |
| 4. $(+1; -2)$ 36% | 11. $(+1; -1)$ 20% | | |
| 5. $(+2; -2)$ 12% | | | |
| | 12. $(+3; -1)$ 60% | | |
| 6. $(+4; -2)$ 92% | | | |
| 7. $(+5; -2)$ 28% | | | |

Теперь заметим, что если оба числа в характеристике кратны трём, то любой ход это свойство нарушает, напротив, если свойство нарушено, то существует ход, который его восстанавливает. Номера таких ходов приведены в таблице (по вертикали остаток от деления на 3 первого показателя, по горизонтали — второго):

	0	1	2
0	—	10	3
1	14	9	2
2	13	8	1

Итак, ответ к нашему заданию таков: если исходное число имело вид $m \cdot 2^n \cdot 5^k$, где m не делится ни на 2, ни на 5, а числа n и k оба

делятся на 3, то проиграет первый игрок (такое число называется *проигрышным*), иначе второй. В самом деле, после любого хода первого с проигрышного числа число перестает иметь указанный вид (становится *выигрышным*), и второй может нужным ходом из таблицы снова сделать его проигрышным. Если же первый начинает с выигрышного числа, то первым ходом он делает его проигрышным и далее действует по тому же принципу. Заметим также, что любой ход уменьшает хотя бы одну компоненту характеристики, поэтому игра рано или поздно закончится в (проигрышном) положении $(0; 0)$. Для приведённых в задании чисел характеристики таковы:

- а) $(3; 3)$ (проигрышная);
- б) $(4; 1)$ (выигрышная);
- в) $(3; 2)$ (проигрышная);
- г) $(k; 0)$ (зависит от делимости k на 3).

В заключение приведём несколько забавных цитат из работ участников конкурса. В основном, они свидетельствовали о не совсем обычном понимании условия игры и термина «стратегия»:

- За какого бы игрока я не играл, я всегда должен начинать первым.
- Существует стратегия, при которой может выиграть как первый, так и второй игрок.
- При неправильной игре выигрывает первый, а при правильной — второй.

Традиционно многие участники конкурса, особенно юные, воспринимают математическую игру как собственно игровое действие, где важен интеллект, внимание, психологический расчёт:

- В любом случае победит тот, кто мыслит быстрее и проворнее.
- Мне кажется, что победит первый игрок, потому что второй игрок скорее всего решит, что для выигрыша нужно повторять ходы за первым игроком, а это неверно.

Один грустный семиклассник, полчаса просидев над тетрадью, признался ведущим: «Я вот тут играю сам с собой и за первого, и за второго, и всё время проигрываю. . . » Организаторы конкурса советуют всем не падать духом, желают больших творческих успехов и называют авторов заданий конкурса. Игру №1 предложил Михаил Раскин, игру №2 — Игорь Акулич, игру №4 — Александр Хачатурян, игру №5 — Алексей Заславский. Игра же №3 не новая — она была в качестве задачи на Московской математической олимпиаде в 1969 году (первая задача для 9-х (по старой нумерации) классов).

Конкурс по физике

Задания

В скобках после номера задачи указаны классы, которым эта задача рекомендуется. Ученикам *7 класса и младше* достаточно решить **одну** «свою» задачу, ученикам *8 класса и старше* — **две** «своих» задачи. Решать остальные задачи тоже можно.

1. (6–8) Пассажир хочет проехать по подземной линии метро так, чтобы за время своей поездки провести в туннелях как можно меньше времени. Куда ему следует садиться: в начало поезда, середину или хвост?

(Сами станции туннелями не считаются, хотя и находятся под землёй. Разные вагоны проводят в туннеле разное время из-за того, что на станциях поезд плавно увеличивает свою скорость и также плавно тормозит.)

3. (6–9) Вдалеке стоит деревенский домик. Из трубы идёт дым и относится ветром вправо. Рассматривая домик через увеличительное стекло (стоя на том же месте), мы увидим перевёрнутое изображение (труба будет торчать вниз). А в какую сторону пойдёт «перевёрнутый» дым (вслед за «настоящим» дымом или обратно)?

3. (6–9) Человек, неудачно наступивший на лежащие на земле грабли, может получить удар ручкой этих граблей. Предложите (и объясните) способ устранения этого недостатка (способ должен быть таким, чтобы у граблей не появилось других, более существенных недостатков).

4. (7–10) До быстро вращающегося точильного круга дотронулись металлическим предметом. От места контакта отлетают «искры», которые некоторое время летят по воздуху в виде светящихся точек, а потом «взрываются» (разлетаются на части), хотя внешние условия, в которых находится искра, не меняются. Предложите физическое объяснение причины «взрыва» искр.

5. (8–11) На одном промышленном предприятии решали проблему — по территории проходит дорога, делающая резкий поворот. Обзор дороги за поворотом загорожен оборудованием. В этом месте часто происходили мелкие аварии — водители слишком поздно замечали за поворотом встречную машину. Решили изготовить и установить на повороте большое зеркало, чтобы водителям было видно, что происходит за углом. Какое зеркало лучше всего подходит для этой цели — плоское, выпуклое или вогнутое?

6. (9–10) В результате горения водорода на воздухе получается вода. На самом деле этот процесс намного сложнее. Например, в результате образуется также перекись водорода (химическая формула H_2O_2). Раствор этого вещества в воде относительно устойчив при комнатной температуре (используется, например, в медицинских целях). Но в пламени из-за высокой температуры почти вся образовавшаяся перекись водорода тут же разлагается. Предложите способ сжигания водорода, позволяющий существенно увеличить количество получаемой перекиси водорода.

7. (9–10) Незнайка гулял по берегу не очень быстрой и не очень глубокой речки и заметил, что растущие на дне травянистые водоросли наклонены в сторону течения и имеют из-за этого почти такую же форму, как и большие деревья во время урагана. С деревьями всё понятно — подумал Незнайка — ствол упругий, поэтому ветер не может прижать дерево к земле. А почему течение не прижимает водоросли ко дну (их травянистые стебли — совсем не упругие)? Помогите Незнайке разобраться.

8. (9–11) Имеется проволочная сетка с квадратными ячейками (например, забор; проволока везде одинаковая). Как с помощью батарейки, амперметра и соединительных проводов определить сопротивление отрезка проволоки, равного по длине стороне квадрата. Забор нельзя ломать, но можно подсоединять провода к произвольному месту. Напряжение батарейки U . Сопротивление батарейки (внутреннее) и проводов не учитывать.

9. (9–11) В вертикальной плотине сделали два отверстия, находящихся на одной вертикальной прямой на расстоянии h_1 и h_2 от поверхности воды перед плотиной соответственно ($h_1 < h_2$). Считать, что струя воды через отверстия вытекает горизонтально со скоростью $\sqrt{2gh}$. Найти, на каком расстоянии от поверхности воды струи пересекаются друг с другом.

10. (9–11) Один из способов получения пресной воды — продавливание солёной воды через специальную мембрану, пропускающую молекулы воды, но задерживающую находящиеся в воде ионы солей (для этого давление солёной воды должно быть больше давления пресной на некоторую величину, обозначим её Δp).

Сконструируем с помощью такой мембраны «вечный двигатель». Известно, что плотность пресной воды ($\rho_{\text{п}}$) меньше плотности солёной ($\rho_{\text{с}}$).

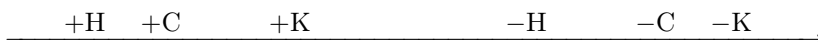
Возьмём трубу длины h , расположим её вертикально, нижний конец закроем мембраной, погрузим эту трубу в солёную воду (например, океан), а внутрь трубы нальём пресную воду (до уровня поверхности океана).

Если $\rho_n gh < \rho_c gh + \Delta p$, то в трубе уровень пресной воды будет поддерживаться выше уровня солёной, и эту разность уровней можно использовать для получения энергии.

Объясните, почему предложенное устройство на самом деле не является вечным двигателем и откуда берётся энергия для работы такого устройства. (Справка: по расчётам для имеющихся на Земле океанов необходимая глубина погружения h составляет примерно 10 км.)

Ответы и решения к заданиям конкурса по физике

1. Обозначим на оси времени моменты появления на какой-нибудь станции начала, середины и конца поезда $+Н$, $+С$ и $+К$, а моменты последующего уезда с этой станции — соответственно $-Н$, $-С$ и $-К$. Получится примерно такая картина:



Интервал между $+Н$ и $+С$ короче интервала между $+С$ и $+К$ потому, что к моменту появления на станции середины поезда он уже успел затормозить, поэтому на выезд из туннеля задней половины поезда будет израсходовано больше времени, чем на выезд передней половины. Аналогично выбраны расстояния между точками $-Н$, $-С$ и $-К$. Время стоянки поезда на станции (от $+К$ до $-Н$) выбрано условно и на ответ не влияет.

Если поезд разгоняется и тормозит «симметрично», то наиболее выгодное место с точки зрения нашей задачи — середина состава (расстояние между буквами $С$ больше, чем между буквами $Н$ или буквами $К$, то есть именно середина поезда проводит больше всего времени на станциях, и поэтому меньше всего — в туннелях.). Незначительные различия в зависимостях скорости от времени при торможении и разгоне могут незначительно сдвинуть наиболее выгодное место расположения.

Разумеется, в нестандартных ситуациях, которые в условии задачи не предполагаются, ответ может сильно отличаться от полученного в решении. Например, если на станцию выехал только первый вагон, после чего поезд сломался, остановился и дальше поехал только через час, то наиболее выгодное место окажется именно в первом вагоне.

Замечание. Эта задача возникла из практики. А именно, известно, что на (некоторых) станциях (московского метро) мобильные телефоны работают, а в туннелях — нет. Указанным в решении способом можно «увеличить» время своего пребывания на каждой станции (в зоне уверенного приёма радиосигнала) на несколько секунд. Этого времени как раз хватает на один разговор по мобильному телефону.

2. Ответ. «Перевернутый» дым пойдёт в сторону, противоположную «настоящему».

Комментарий. Термин «перевернутый» в контексте типа «линза создаёт перевернутое изображение» не очень удачный. Его, конечно, вместо неудачного можно считать условным (но только после разъяснения сути дела, которое во многих школьных учебниках отсутствует).

На самом деле линза, конечно же, ничего не переворачивает, а осуществляет преобразование центральной симметрии (которое на плоскости эквивалентно повороту на 180° вокруг центра симметрии), в чём легко убедиться, мысленно построив ход лучей в пространстве.

Но говорить «центрально-симметризованное изображение» менее удобно, чем «перевернутое изображение». Видимо, поэтому чаще и говорят «перевернутое». К тому же, при построении на плоскости, «переворот» отрезка даёт тот же результат, что и центральная симметрия. Видимо, поэтому термин «перевернутое изображение» часто употребляется в описанной ситуации. Но понимать его нужно именно как поворот на 180° , а не как только изменение ориентации верх–низ.

3. Разумеется, во времена технического прогресса можно изготовить грабли с электронной начинкой, ручка которых, например, будет снабжена видеокамерой. Тогда специальная компьютерная программа могла бы распознавать ситуации, когда ручка движется на человека, и самостоятельно отклонять ручку в сторону.

Но такие «грабли» наверняка окажутся слишком дорогими (что является существенным недостатком, противоречащим условию задачи). К тому же, разработка механической части, системы управления и программного обеспечения для таких «граблей» — необходимая часть решения (если выбран такой путь решения), а дело это очень непростое.

Заметим, что такие «умные» инструменты, самостоятельно отслеживающие выполняемые с помощью них манипуляции, действительно существуют и применяются там, где ошибки недопустимы или невыгодны по сравнению со стоимостью таких инструментов — в научных исследованиях, медицине, космической технике, атомной промышлен-

ности, на сборочном конвейере и т. п.). Но грабли к таким ситуациям не относятся. Поэтому рассмотрим более простые способы.

а) Можно сделать ручку потяжелее — так, чтобы веса человека, наступившего на зубья, было недостаточно, чтобы ручка пришла в движение. Но тогда граблями будет не очень удобно пользоваться. К тому же, если на грабли всё же удастся наступить с достаточной силой (например, с разбегу), то ... Разумнее ручку, наоборот, сделать как можно легче (такие материалы есть, например, из них изготавливают лыжные палки для спортсменов). В любом случае можно надеть на конец ручки наконечник для смягчения возможного удара.

б) Зубья можно загнуть не под прямым углом, а немного бóльшим или немного меньшим 90° . В первом случае основания зубьев будут выполнять роль «упоров» (см. конец пункта а). Во втором случае ручка может подскочить, но во время движения грабли упрутся зубьями в землю до того, как ручка достигнет вертикального положения и сможет ударить человека. (Отметим, согнутые не под прямым углом зубья делают грабли менее удобными — сгребаемый материал может или «набиваться» в зубья, либо «выскальзывать» из-под них.)

в) Можно сделать зубья такими, чтобы на них наступить было как можно труднее и неудобнее. Например, сделать их длинными — примерно 50 см в длину (грести такими непривычными граблями вполне можно). К тому же такие зубья будут и более заметными. Но если за них всё же кто-то зашнётся, то ...

г) Можно к гребёнке приделать дугу (с обратной стороны от зубьев, в плоскости, перпендикулярной ручке). Такие грабли будет просто невозможно положить на землю так, чтобы можно было наступить на зубья. Но зато за саму дугу можно зашнуться, и ...

д) Можно удалить из гребёнки центральные зубья, которые наиболее опасны для наступания. А при наступании на боковые зубья ручка скорее всего улетит вбок и не попадёт по наступившему. Также легко сообразить, что для возникновения обсуждаемого нежелательного эффекта с граблями на боковые зубья нужно давить с бóльшим весом.

е) Очевидно, что ручке граблей «подскочить» в результате наступания на зубья тем легче, чем бóльший крутящий момент создаёт нога человека относительно возможной точки поворота. Поэтому этот момент нужно по возможности уменьшать (для этого радиус закругления зубьев в плоскости, перпендикулярной поверхности земли, должен быть как можно меньше; но при этом край для безопасности всё же не должен быть острым). Крутящий момент вообще можно сделать отрицательным, то есть прижимающим ручку к поверхности земли. Этого

можно добиться с помощью специальных упоров, торчащих от основания зубьев перпендикулярно этим зубьям (то есть в направлении ручки). Чтобы не мешать работе, эти выступы должны быть короче зубьев в 3–4 раза.

ж) Можно вообще сделать «симметричные» грабли — с двумя рядами зубьев, торчащими в противоположные стороны. Тогда, если грабли лежат на земле, какие-нибудь зубья будут выполнять функцию упоров, и к тому же подковыривать землю, что также затруднит подсакивание ручки.

з) Гребёнку можно сделать не прямой, а дугообразной (ручка граблей прикрепляется к центру дуги с внешней стороны, зубья делаются разной длины так, чтобы их концы располагались в плоскости, наиболее удобной для работы). В этом случае при наступании на центральные зубья края дуги будут выполнять функции упоров, а при наступании на один из краёв грабли упрутся в противоположный край гребёнки. Конечно, мусор из-под таких граблей будет «разбегаться», а траву или сено (которые всё равно цепляются за зубья) можно грести без проблем.

и) Если грабли предназначены только для травы или сена, то зубья можно изготовить из упругой резины. Упругость должна быть такой, чтобы они не гнулись от сена, но сгибались под тяжестью человека (заметим также, что в сене нагрузка распределяется по всем зубьям, а ногой можно наступить только на два или три соседних).

к) Комбинируя предыдущие способы, можно сделать грабли, у которых центральные зубья — резиновые, а боковые — металлические.

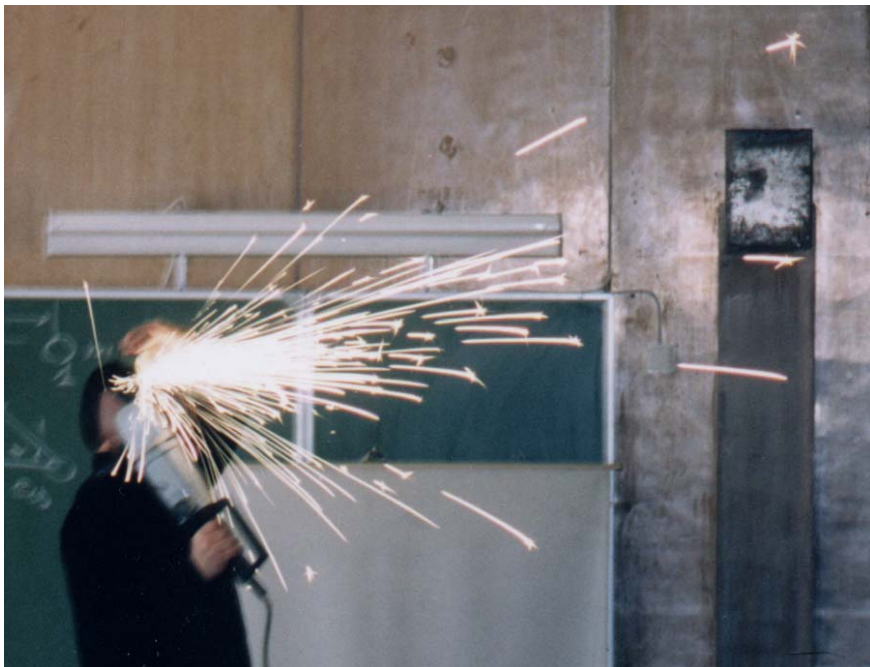
Некоторые участники предлагали сделать на ручке граблей шарнирное соединение с упором, позволяющее перегибаться ручке только в одну сторону. По их замыслу при наступании на зубья ручка должна была перегибаться. К сожалению, такие грабли окажутся непригодными и для работы, так как во время работы ручка будет перегибаться в ту же сторону.

4. Разумеется, правильным нужно считать любое описание, которое подходит по условию задачи и не противоречит общепринятым физическим представлениям.

Как видно на фотографии, не все «следы» заканчиваются «взрывами». Скорее всего это означает, что они произошли уже после окончания фотосъёмки. По этой же причине некоторые следы начинаются не у точильного круга, а просто в воздухе — их начальный участок также просто не был заснят.

Наиболее вероятная история каждой искры — такая.

1) маленький кусочек металла отрывается от металлического предмета. Удар и отрыв — это неупругая деформация, в результате которой выделяется теплота. Но на металлическом предмете оказывается нагретым сравнительно небольшой (по сравнению с размерами предмета) участок; теплопроводность металла хорошая, поэтому тепло от нагретого участка сравнительно быстро распределяется по объёму металла.



2) Другое дело — маленький кусочек. Там теплу распределится некуда. Поэтому его поверхность остаётся горячей. Если её температура превышает температуру воспламенения — кусочек загорается (обычно горение начинается ещё в момент отрыва, но на основной части металла горение из-за теплопотерь тут же прекращается, а кусочек горит дальше).

3) Если размеры кусочка сравнимы с характерными размерами области горения, в процесс горения вовлекается вся поверхность металла. С этого момента кусочек металла оказывается внутри поверхности с температурой горения этого металла. От этого он будет только нагреваться (и он не может охлаждаться атмосферным воздухом, т. к. не имеет непосредственного контакта с атмосферой).

4) Далее металл сначала нагреется до температуры плавления, потом расплавится (на плавление также затрачивается энергия горения), превратившись в жидкость, будет нагреваться дальше.

5) В момент, когда температура расплавленного металла станет такой, что давление насыщенных паров металла при данной температуре сравняется с атмосферным давлением, капля «закипит», то есть разлетится на части, что и выглядит как взрыв. (Точнее говоря, кипеть будет уже не сам металл, а по крайней мере раствор в этом металле (или металлов, если это был сплав) продуктов горения и, возможно, других веществ, например, соединений металла с азотом, образовавшихся при высокой температуре).

Разумеется, описанный эффект будет наблюдаться не со всеми металлами (и сплавами), а только с обладающими подходящим набором параметров (температура плавления, воспламенения, горения, и кипения, удельная теплоёмкость в твёрдом и жидком состоянии, и др.)

Другой возможный «сценарий» развития событий — растрескивание искры из-за нагревания, которое почти наверняка окажется неравномерным. Растрескиваться может как сам металл, так и образовавшаяся на его поверхности хрупкая оксидная корка.

Некоторые участники совершенно справедливо заметили, что описанная в задаче ситуация также может наблюдаться при падении на Землю металлических метеоритов.

5. Ответ. Категоричного ответа на поставленный вопрос дать нельзя. В большинстве подобных случаев, скорее всего, лучше всего использовать выпуклое зеркало.

Комментарий. Плоское зеркало (по сравнению с любым «кривым») обеспечивает меньшие возможности обзора (ограниченные условием «угол падения равен углу отражения»). Кривое зеркало состоит как бы из «плоских», расположенных под разными углами и позволяющих просматривать всевозможные направления. В вогнутое зеркало, по сравнению с выпуклым, труднее и неудобнее «заглядывать»; к тому же оно может сфокусировать в глаза водителю свет Солнца, фар и т. п., что нежелательно. Искажение изображения автомобиля в «кривом» зеркале в данном случае не очень важно — главное получить информацию о том, что автомобиль за углом вообще имеется. Искажение в подобных случаях оказывается даже желательным — если изображение выглядит неестественно, водителю будет труднее случайно принять зеркало за реальную картину местности.

6. Один из наиболее простых и эффективных способов — зажечь

«факел» водорода и «облизывать» им кусок льда. Температура поверхности тающего льда — всегда $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, точнее, мало отличается от этого значения. Лёд во время плавления очень эффективно поглощает тепло. В результате непосредственно в зоне горения можно создать область с низкой температурой, где и образуется перекись водорода.

При таянии льда образуется только вода, то есть полученная перекись больше не будет ничем загрязняться.

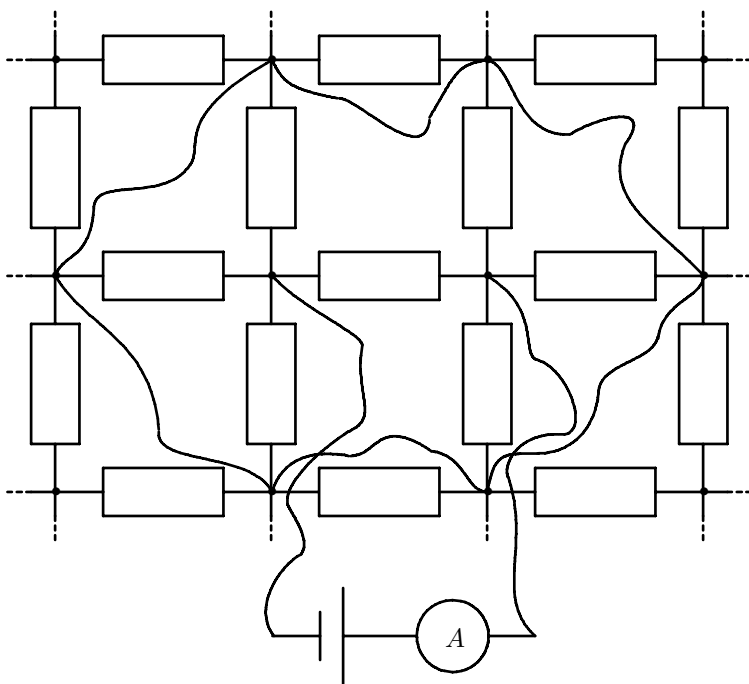
Заметим, что придумать более эффективный способ охлаждения достаточно трудно — размещение в зоне горения каких-либо охлаждённых до температуры меньше $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ предметов приведёт к тому, что на них всё равно намёрзнет лёд.

Другой возможный путь решения — уменьшение концентрации кислорода и/или водорода, участвующих в процессе горения (их можно смешать с каким-нибудь газом, не участвующим в химической реакции горения, например, с азотом N_2). Таким образом можно уменьшить температуру пламени (теплота, выделяющаяся при горении, будет расходоваться не только на нагрев участвующих в горении веществ и продуктов горения, но также и на нагревание азота, в результате температура пламени окажется меньше). Также, возможно, избежать распада пероксида водорода можно путём создания неустойчивого режима горения (отдельные возникающие и тухнущие вспышки).

7. Деревья удерживает в вертикальном положении ствол. Если подумать, отчего же водоросли не лежат на дне, то останется единственный разумный вариант — из-за силы Архимеда (то есть средняя плотность растительных тканей водорослей, которые видел Незнайка, меньше плотности воды). Сила Архимеда, действующая только на верхушку, небольшая, поэтому течение без труда эту верхушку наклоняет. А сила натяжения основания стебля должна компенсировать разницу сил Архимеда и тяжести, действующих на всю расположенную в воде часть растения. Эта разница сил направлена вертикально, поэтому, если течению удастся слишком сильно наклонить стебель, его сила натяжения окажется слишком большой (такой, чтобы вертикальная проекция имела нужное значение) и растение будет оторвано. Потому таких растений на дне и нет, а есть только те, что видел Незнайка (Мы считаем, что течение не очень быстрое и подъёмная (или, наоборот, прижимающая) сила течения несущественна. Можно также отметить, что скорость течения около дна обычно меньше, чем у поверхности — хотя это обстоятельство непосредственно не связано с наблюдаемой формой водорослей).

8. Приведём один из возможных вариантов решения.

Для удобства все стороны квадратов будем называть резисторами. Для искомого сопротивления введём обозначение R . Выберем один из резисторов. Он непосредственно соединён с шестью другими (по 3 соединения с каждым из выводов). Противоположные выводы этих 6 резисторов соединим проводом. Получилась простая изолированная схема из 7 резисторов.



Подключим к выводам первоначально выбранного резистора последовательно соединённые батарейку и амперметр. Очевидно, что возникшие в результате этого токи могут протекать только по указанным семи резисторам и подсоединённому нами проводу (и не могут «вытечь» за пределы участка схемы, ограниченного этим проводом). Аналогично, никакие внешние токи также не могут попасть внутрь этого участка (провод будет их замыкать).

Таким образом, сопротивление изолированной схемы из 7 резисторов экспериментально определяется как U/I , где I — показания амперметра. С другой стороны, оно равно

$$\frac{R \cdot (2 \cdot (R/3))}{R + (2 \cdot (R/3))} = \frac{(2/3)R^2}{(5/3)R} = 2R/5$$

$$2R/5 = U/I$$

$$R = (5/2)U/I$$

9. Рассмотрим две частицы воды: вылетевшую из отверстия, расположенного на расстоянии h_1 от поверхности воды и вылетевшую из отверстия, расположенного на расстоянии h_2 от поверхности воды.

Пусть эти частицы встретились (в точке пересечения струй), времена их нахождения в свободном полёте до момента встречи обозначим через t_1 и t_2 соответственно.

Горизонтальные составляющие скоростей частиц со временем не меняются, а вертикальные — равномерно увеличиваются (ускорение g).

Чтобы частицы встретились, они одновременно должны оказаться и на одинаковом расстоянии от плотины, и на одинаковом расстоянии от поверхности воды. Составим и решим соответствующую систему уравнений.

То есть именно на таком расстоянии от поверхности воды и расположена точка пересечения струй.

$$t_1\sqrt{2gh_1} = t_2\sqrt{2gh_2}; \quad h_1 + \frac{gt_1^2}{2} = h_2 + \frac{gt_2^2}{2}$$

$$t_1\sqrt{h_1} = t_2\sqrt{h_2}; \quad h_1 + \frac{gt_1^2}{2} = h_2 + \frac{gt_2^2}{2}$$

$$t_1^2 h_1 = t_2^2 h_2; \quad h_2 - h_1 = \frac{gt_1^2}{2} - \frac{gt_2^2}{2}$$

$$t_2^2 = t_1^2 \frac{h_1}{h_2}; \quad h_2 - h_1 = \frac{g}{2}(t_1^2 - t_2^2)$$

$$t_2^2 = t_1^2 \frac{h_1}{h_2}; \quad h_2 - h_1 = \frac{g}{2} \left(t_1^2 - t_1^2 \frac{h_1}{h_2} \right)$$

$$h_2 - h_1 = \frac{g}{2} \left(1 - \frac{h_1}{h_2} \right) t_1^2$$

$$h_2 - h_1 = \frac{g}{2} \cdot \frac{h_2 - h_1}{h_2} t_1^2$$

$$t_1^2 = (h_2 - h_1) \frac{2}{g} \cdot \frac{h_2}{h_2 - h_1} = \frac{2h_2}{g}$$

Мы нашли время нахождения в полёте первой частицы. В момент вылета из отверстия она находилась на расстоянии h_1 от поверхности воды, а через время t_1 после этого окажется от поверхности воды на расстоянии

$$H = h_1 + \frac{1}{2}gt_1^2 = h_1 + \frac{1}{2}g \frac{2h_2}{g} = h_1 + h_2$$

Замечание. Формула скорости истечения жидкости из отверстия $v = \sqrt{2gh}$ соответствует идеализированной ситуации. Реально числовой коэффициент зависит от того, как именно устроены потоки жидкости в сосуде рядом с отверстием, что в значительной степени определяется геометрией отверстия, в частности, для одинаковых отверстий эти коэффициенты скорее всего окажутся близкими. Обратите внимание, что в ответ нашей задачи числовые коэффициенты, а также значение ускорения свободного падения g не вошли, то есть величина H от них не зависит.

10. Дело в том, что равномерный водный раствор соли в поле силы тяжести не является устойчивым — соль будет самопроизвольно «сползать» вниз (то есть после установления равновесия концентрация соли будет возрастать с глубиной). Описанное в задаче устройство использует потенциальную энергию соли, растворённой в океане. Для поддержания работы такого устройства необходимо постоянное перемешивание сливаемой пресной воды с окружающей солёной, и на это необходимо постоянно затрачивать энергию.

В земных морях и океанах перемешивание реализуется, в частности, за счёт течений (на что расходуется энергия солнечного излучения), лунных и солнечных приливов (за счёт кинетической энергии Земли, Луны и Солнца), испарения (в тропических широтах концентрация соли у поверхности может быть выше, чем на глубине, т. к. вода там интенсивно испаряется с поверхности, а соль остаётся в приповерхностных слоях), а также других причин.

Приведённое решение ни в коем случае не является полным описанием ситуации: мы не рассматривали зависимость необходимой разности давлений Δp от концентрации соли, сжимаемость солёной и пресной воды, тепловые эффекты на мембране и многое другое.

Конкурс по химии

Задания

Участникам предлагается решить 2–3 задачи. После номера каждой задачи в скобках указано, каким классам она рекомендуется. Решать задачи не своего класса разрешается, но решение задач для более младшего класса, чем ваш, будет оцениваться меньшим количеством баллов. (На обороте задания были напечатаны для справочных целей таблица Менделеева и таблица растворимости.)

1. (7–8) В результате ядерных реакций атомные ядра под воздействием протонов (p) и нейтронов (n) могут превращаться в ядра других химических элементов. Ядерные реакции могут осуществляться путём бомбардировки ядер ускоренными частицами, в результате получается новое ядро и, как правило, новая лёгкая частица. Например, при взаимодействии атома фтора с нейтроном образуется протон и изотоп кислорода с атомной массой 19. Это можно записать следующим образом: ${}^{19}_9\text{F} (n, p) {}^{19}_8\text{O}$. Допишите продукты следующих ядерных реакций (вместо вопросительных знаков; α -частица — это ядро атома гелия):
а) ${}^{27}_{13}\text{Al} (n, p) ?$; б) ${}^{14}_7\text{N} (n, p) ?$; в) ${}^7_3\text{Li} (p, n) ?$; г) ${}^{63}_{29}\text{Cu} (p, n) ?$;
д) ${}^{209}_{83}\text{Bi} (\alpha, 2n) ?$; е) ${}^{241}_{96}\text{Cm} (\alpha, p) ?$.

2. (7–8) Лаборанту необходимо приготовить водный раствор сульфата железа(II) с массовой долей 3,8%. Для этого он взял порцию кристаллогидрата сульфата железа $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ массой 27,8 г. В каком количестве воды следует растворить кристаллогидрат для получения раствора нужной концентрации?

3. Приведите примеры уравнений реакций, соответствующих следующим схемам (не больше трёх реакций на каждую схему):

- а) (8–9) кислотный оксид + вода = кислота
- б) (8–9) кислотный оксид + основной оксид = соль
- в) (8–9) соль + основание = соль + основание
- г) (8–9) соль + кислотный оксид = кислая соль
- д) (8–9) оксид + простое вещество = оксид
- е) (8–9) простое вещество + кислота = соль + простое вещество
- ж) (10–11) соль + кислота = соль + кислотный оксид + вода
- з) (10–11) амфотерный оксид + простое вещество = кислотный оксид + простое вещество
- и) (10–11) простое вещество + кислота = соль + кислотный оксид + вода

- к) (10–11) соль + простое вещество = соль + простое вещество
 л) (10–11) кислотный оксид + простое вещество = кислотный оксид
 м) (10–11) несолообразующий оксид + простое вещество = кислотный оксид
 н) (10–11) простое вещество + гидроксид = соль + соль + вода

4. (8–9) В каком случае можно получить больше кислорода: при разложении 5 г оксида ртути(II), 5 г бертолетовой соли или 5 г перманганата калия?

5. (9–10) При смешении 300 л азота и 600 л водорода в промышленном реакторе выделилось 68,8 кДж тепла. Теплота образования аммиака составляет 46,19 кДж/моль. Найдите максимальную массу 50%-ной азотной кислоты (водный раствор), которую можно получить из произведённого аммиака (для чего разрешается использовать другие вещества, не содержащие азот).

6. (9–11) При небрежном хранении плавиковой (фтористоводородной) кислоты в течение длительного времени в ней неизбежно появляется примесь кремния. Как это можно объяснить? Приведите необходимые уравнения реакций.

7. (10–11) Атом углерода в органических соединениях называют первичным, вторичным, третичным или четвертичным, в зависимости от того, с каким числом соседних углеродных атомов он связан (с одним, двумя, тремя или четырьмя).

В таблице представлены сведения о структуре некоторых алканов.

Алкан	Число первичных атомов	Число вторичных атомов	Число третичных атомов	Число четвертичных атомов
A	4	0	0	1
B	2	3	0	0
C	5	0	1	1
D	?	1	1	0
E	6	0	0	?
F	$2x$	0	x	0

Определите структурные формулы алканов и приведите их названия.

Пояснение: если в таблице стоит знак вопроса (?), это значит, что формулу углеводорода можно вычислить и без этой величины, исходя из значений, приведённых в других ячейках.

8. (10–11) Шведский химик Шееле так описал один свой опыт, выполненный в 1774 г. «Я поместил смесь чёрной магнезии с муриевой кис-

лотой в реторту, к горлышку которой присоединил пузырь, лишенный воздуха, и поставил её на песчаную баню. Пузырь наполнился газом, окрасившим его в жёлтый цвет. . . Газ имел жёлто-зелёный цвет, пронзительный запах.» Напишите уравнение реакции, которую провёл Шееле. Какие ещё способы получения этого газа вы знаете?

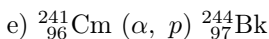
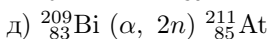
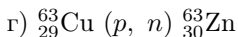
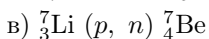
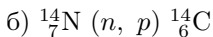
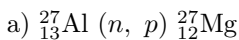
9. (10–11) Два образца белых порошков массой по 9,0 г растворили в воде, каждый в отдельной колбе. При этом выделилось по 22,4 л горючего газа (н. у.). Анализ полученных водных растворов показал, что это растворы одной и той же щёлочи в количестве 1,00 моль в одной колбе и 1,04 моль — в другой. Что представляют собой исходные порошки? Объясните результаты эксперимента.

Решения задач конкурса по химии

Задачи и решения для конкурса по химии подготовили Софья Владимировна Луцкекина и Зинаида Павловна Свитанько.

1. Атомная масса (масса атома) с достаточной точностью пропорциональна общему количеству протонов и нейтронов в ядре атома. Именно это число (суммарное количество протонов и нейтронов) принято записывать сверху слева от обозначения элемента. В каждом случае общее количество протонов и нейтронов до реакции (то есть до запятой, слева) должно быть равно общему количеству этих частиц после реакции (после запятой, справа). Так мы легко находим верхние индексы.

В качестве нижнего индекса принято указывать заряд ядра атома (другое название — атомный номер), то есть общее количество протонов в этом ядре (нейтроны не считаются). Количество протонов также не меняется в результате реакции (естественно, также считаются все протоны, как в атомах, так и в участвующих в реакции частицах). Атомный номер получившегося в результате реакции атома также легко вычислить. По этому номеру в таблице Менделеева также находится буквенное обозначение атома.



2. Сначала найдём количество сульфата железа (II), взятого лаборантом.

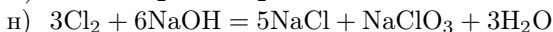
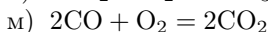
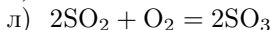
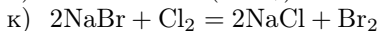
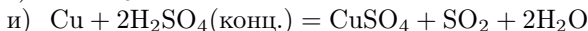
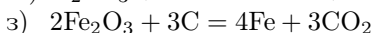
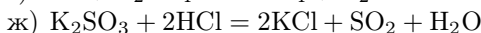
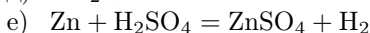
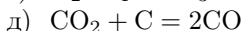
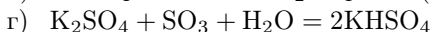
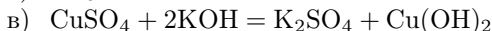
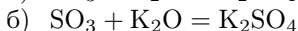
$$M(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 278 \text{ г/моль},$$

$$\nu(\text{FeSO}_4) = \nu(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 27,8/278 = 0,1 \text{ моль}.$$

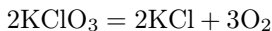
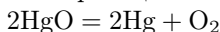
Таким образом в растворе будет содержаться 0,1 моль соли, что составляет 15,2 г ($M(\text{FeSO}_4) = 152 \text{ г/моль}$).

По условию, эта масса составляет 3,8% всего раствора, значит, масса всего раствора $m_{\text{р-ра}} = 15,2 \cdot 100/3,8 = 400 \text{ г}$. Из них 27,8 г составляет масса кристаллогидрата, а 372,2 г — масса воды, которую необходимо взять для приготовления раствора.

3. В этой задаче есть много вариантов решений, приведём только по одному примеру.



4. Указанные вещества разлагаются согласно следующим уравнениям реакции:



Рассчитаем количество кислорода, выделившееся в каждой реакции:

$$\nu(\text{HgO}) = 5/217 = 0,023 \text{ моль}, \quad \nu(\text{O}_2) = 0,0115 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{KMnO}_4) = 5/158 = 0,032 \text{ моль}, \quad \nu(\text{O}_2) = 0,016 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{KClO}_3) = 5/122,5 = 0,041 \text{ моль}, \quad \nu(\text{O}_2) = 0,0205 \text{ моль}$$

Получаем, что наибольшее количество кислорода выделится при разложении бертолетовой соли (KClO_3).

5. При смешении азота и водорода произошла реакция $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$ (в промышленности используется катализатор).

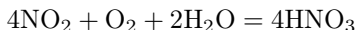
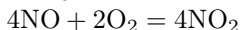
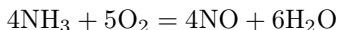
Зная количество выделившегося тепла, найдём количество образовавшегося аммиака, составив пропорцию:

46,19 кДж/моль — теплота образования 1 моль аммиака

68,8 кДж/моль — теплота образования x моль аммиака

$x = 1,5$ моль.

Азотная кислота из аммиака получается по реакциям:

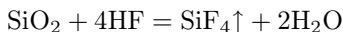


(мы специально не сокращаем коэффициенты, чтобы было видно, что азотная кислота образуется из аммиака в эквимольарном соотношении).

Масса 1,5 моль азотной кислоты составляет 94,5 г. В условии спрашивается масса 50%-ной азотной кислоты, которая равна $94,5 \cdot 2 = 189$ г.

6. Для начала нужно выяснить, в какой форме кремний присутствует в плавиковой кислоте.

Известно, что плавиковая кислота легко взаимодействует с диоксидом кремния по уравнению:



Полученное соединение — газ, хорошо растворимый в плавиковой кислоте с образованием комплексной кремнефтористоводородной кислоты



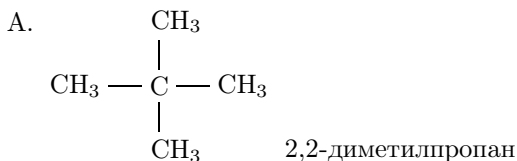
В такой форме кремний и содержится в плавиковой кислоте.

Второй вопрос — откуда берётся диоксид кремния? С одной стороны, диоксид кремния является важным компонентом стекла. Именно поэтому плавиковая кислота разъедает стекло, «забирая» оттуда SiO_2 и превращая его в газообразный SiF_4 . Однако по этой причине эту кислоту никогда не хранят в стеклянной посуде. «Небрежное хранение», упомянутое в условии, может означать неплотно закрытую крышку или хранение в непригодном помещении, но не в стекле. Откуда же берётся кремний? Чтобы это понять, придётся вспомнить, что в воздухе постоянно присутствует пыль, в которой SiO_2 также является одним из основных компонентов. Плавиковая кислота испаряется, её пары взаимодействуют с диоксидом кремния в воздухе, а газообразный

продукт частично попадает снова в бутылку, где накапливается, вследствие хорошей растворимости в HF.

При решении задачи многие участники предположили, что кислота хранилась в стеклянной банке, и кремний появился именно оттуда. Такой ответ также оценивался.

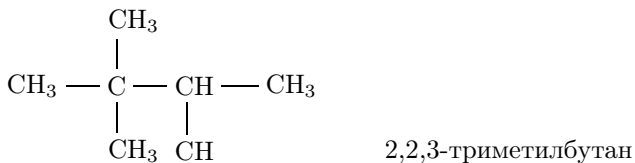
7. Во всех случаях данные, указанные в условии, соответствуют одному углеводороду.



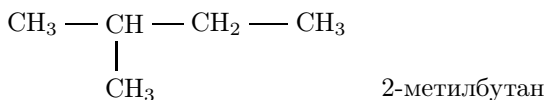
B.



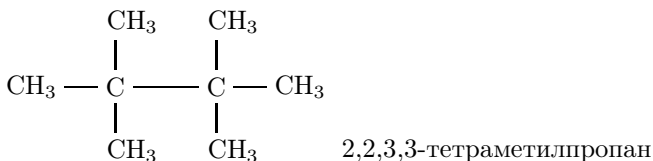
C.



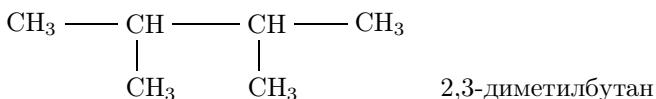
D.



E.



F.



8. Жёлто-зелёный газ, полученный Шееле — это хлор. Реакцию его получения можно записать следующим образом.



В качестве других способов получения хлора можно предложить окисление соляной кислоты или хлорида в кислой среде другим окислителем основе марганца — перманганатом калия.



Такой способ применяется в лаборатории. В промышленности хлор получают электролизом водного раствора хлорида натрия.

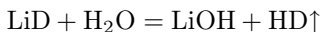


Газообразный хлор выделяется на аноде. Водород, выделяющийся на катоде, и гидроксид натрия, который образуется в растворе, также являются полезными продуктами.

9. Так как в водном растворе образуется щёлочь, очевидно, что исходные вещества содержат щелочной металл. Поскольку исходного вещества только 9 г, а щёлочи получается один моль (или около того) и газа тоже 1 моль, то этим металлом может быть только литий — самый лёгкий в группе щелочных металлов. По той же причине газ — скорее всего водород.

Можно предположить, что мы имеем дело с гидридом лития LiH. Однако один моль LiH имеет массу 8 г, а в условии 9 г. По-видимому один из порошков представляет собой не гидрид, а дейтерид лития LiD (дейтерий — изотоп водорода ^2H).

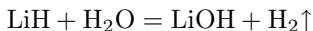
Тогда при его растворении в воде протекает реакция:



Можно убедиться, что все количественные соотношения, заданные в условии, выполнены: при растворении 9 г дейтерида образуется 22,4 л газа (1 моль) и 1 моль щёлочи.

В случае второго порошка получено столько же газа, однако щёлочи больше. Нетрудно догадаться, что порошок представляет собой смесь 8 г обычного гидрида лития LiH и гидроксида лития LiOH.

Тогда при реакции с водой



действительно получается 1 моль водорода, так как гидрида ровно 1 моль, а примесь гидроксида лития переходит в раствор без выделения газа. Легко проверить, что 1 г LiOH действительно составляет 0,04 моль и таким образом, общее количество щёлочи составляет 1,04 моль, что соответствует условию.

Конкурс по биологии

Задания

Задания адресованы школьникам всех классов, все выполнять не обязательно — можно выбрать те из них, которые вам по вкусу и по силам.

1. Почему лягушка никогда не пьёт воду? Как различные организмы получают воду и для чего?
2. Почему у одних растений листьев мало и они мелкие, а у других их много и они большие? Приведите примеры растений с разными листьями и объясните, зачем это растению. Как ещё могут изменяться листья у растений?
3. Придумайте примеры организмов, которые, не являясь близкими родственниками, похожи друг на друга. Поясните, в чём это сходство и чем оно вызвано.
4. Какие вы знаете значительные преобразования геологических оболочек Земли, вызванные деятельностью живых организмов?
5. Хищные птицы очень осторожны, и поэтому обычно не уживаются с человеком, т. е. не могут жить в больших городах. Тем не менее, некоторые виды (тетеревятник, перепелятник, пустельга) в последние годы успешно «проникают» в города. Получают ли они преимущества от того, что смогли закрепиться в городских условиях и гнездиться здесь, и какие?
6. В последнее время в связи с активным воздействием человека на природу учёные подробно изучают распространение заносных видов растений (т. е. видов, которые переселяются в новые места за счёт человеческой деятельности). При этом на разных территориях в Средней России выяснили, что большинство растений распространилось с юга на север — в естественных условиях, как правило, эти виды встречаются на более южных территориях. Обратный случай, когда растения проникают с севера на юг, наблюдался всего 1 – 2 раза. Чем может объясняться, что растения довольно легко могут переселяться с юга на север и не способны — с севера на юг?
7. Лососевые рыбы обычно погибают сразу после нереста. Похожая ситуация наблюдается у многих позвоночных животных — после прекращения размножения они живут недолго. Однако у орангутанов ста-

рые, неразмножающиеся самцы не только живут со своими семейными группами ещё долгое время, но продолжают оставаться их вожаками. Почему же у большинства позвоночных животных сложилось описанное выше положение, и почему орангутаны представляют собой исключение?

8. Известно, что многие организмы могут обмениваться генетической информацией. Зачем, по вашему мнению, это может быть нужно? Какими способами может происходить этот обмен у разных организмов? Приведите примеры.

Ответы на вопросы конкурса по биологии

1. *Почему лягушка никогда не пьёт воду? Как различные организмы получают воду и для чего?*

Лягушка принадлежит к классу Земноводных животных. Это первая группа позвоночных, вышедшая на сушу; однако по многим признакам она всё же является промежуточной между водными и наземными организмами. Иными словами, большинство земноводных не может существовать и размножаться в среде без водоёмов.

Так, лягушка откладывает икру только в воду; головастики живут и развиваются только в воде, и лишь на заключительных стадиях развития (когда лёгкие полностью сформированы) могут выходить на сушу.

Кроме того, кожные покровы лягушки очень тонкие, кожа всегда влажная — значительная часть газообмена проходит именно через кожу. Через неё же лягушка впитывает необходимое ей количество воды. Поэтому лягушке не требуется дополнительно пить воду; кроме того, ротовая полость лягушки участвует в нагнетании воздуха в лёгкие, и попавшая туда вода может проникнуть в лёгкие, что, естественно, вредно.

Животные, как правило, получают воду с помощью пищеварительной системы или же через покровы. Наземные растения получают воду с помощью корней, поглощая её за счёт сложных насосных механизмов особой всасывающей тканью — ризодермой⁵. Лишь немногие из них поглощают воду непосредственно поверхностью (особенно характерно это для мхов). Для водорослей же поглощение поверхностью — основной способ получения воды. Грибы тоже поглощают воду через стенки мицелия из почвы или другого субстрата, в котором они живут.

⁵У многих растений имеются другие типы всасывающих тканей; возможно также получение воды от симбиотических грибов и некоторые другие механизмы.

Различные одноклеточные организмы получают воду через плазматическую мембрану (поверхность тела).

Вода является необходимым компонентом внутренней среды любых живых существ и выполняет множество функций.

Вода является незаменимым растворителем. В воде проходит большинство метаболических и других реакций, в части этих реакций она участвует сама в качестве реагента или продукта.

Вода участвует в поддержании температуры многих организмов. Особенно важна эта функция у теплокровных животных, которые при перегреве используют испарение для понижения температуры тела. Однако и другие организмы могут пользоваться подобным механизмом, например, растения. Кроме того, за счёт высокой теплопроводности вода обеспечивает равномерное распределение тепла в организме.

Без воды невозможен транспорт веществ по организму. Вода используется как для перемещения веществ внутри клетки, так и в транспортных системах различных многоклеточных. Достаточно вспомнить кровеносную систему животных и систему транспорта по древесине и лубу у высших растений.

Многие организмы используют воду для опоры и поддержания тела в пространстве. У животных часто встречается так называемый гидроскелет. А у наземных растений тургор (то есть состояние «надутости» водой изнутри) определяет форму клеток и некоторых органов. Мы хорошо замечаем, как меняется, например, форма листа, когда растению не хватает воды, и оно вянет.

Кроме того, вода является смазочным материалом для трущихся поверхностей внутри тела некоторых животных и выполняет ещё ряд специфических функций.

Разумеется, роль воды велика и в качестве внешней среды обитания для многих организмов, однако эти функции воды не являются ответом на вопрос, так как в этом случае воду не нужно поглощать.

К сожалению, многие школьники (в том числе и старших классов!) ограничивались ответом только на первую часть вопроса — про лягушку. А о других организмах и о функциях воды не говорили вовсе. Такой ответ, хотя и оценивался положительно, не мог, разумеется, претендовать на высокий балл.

2. Почему у одних растений листьев мало и они мелкие, а у других их много и они большие? Приведите примеры растений с разными листьями и объясните, зачем это растению. Как ещё могут изменяться листья у растений?

В большинстве случаев форма и размеры листа растения связаны с двумя главными факторами: необходимостью поглощать свет и контролировать испарение с поверхности листа. Чем больше площадь листьев, тем больше они поглощают света и тем больше с них испаряется воды.

Большинству растений выгодно поглощать побольше света — чтобы побольше произвести питательных веществ при фотосинтезе. Но слишком большая поверхность приводит к сильному испарению. Большие листья имеют обычно растения, живущие в условиях затенения и повышенной влажности. Например, во влажных тропических лесах.

Вспомните хотя бы известное комнатное растение Монстера.

Если же растение растёт в условиях избытка света и недостатка влаги, то листья у него должны быть маленькими. В крайнем случае, например у кактусов, листья уменьшаются настолько, что функцию фотосинтеза берёт на себя стебель. В других случаях (например, у многих толстянковых) листья становятся маленькими по площади, но толстыми, поскольку в них запасается влага.

Что касается количества листьев, то для растения важно не просто их число, а общая площадь листьев на растении. Именно от неё зависит и фотосинтез, и испарение. Поэтому встречаются и растения, у которых листья крупные, но их мало (например, Виктория регия). Бывают, наоборот, такие, у которых листья совсем небольшие, но их так много, что общая площадь поверхности получается солидной.

Заметим ещё, что испарение помогает растениям поднимать воду из корней в листья, поэтому высокие деревья обычно имеют крону с достаточно большой общей поверхностью листьев — это помогает им доставлять воду на большую высоту.

В целом каждое растение в процессе эволюции приобретает такую листву, которая, учитывая все факторы среды, близка к оптимальной. Важную роль также играет листовая мозаика, то есть расположение листьев одного растения в пространстве. Они располагаются так, что если посмотреть на них «от солнца», то есть сверху, видно, что они составляют нечто вроде ковра, что обеспечивает максимальное улавливание солнечного света растениями.

Что касается других вариантов изменений листьев на растении, то тут школьникам было дано очень широкое поле, где они могли показать свои знания.

Можно было говорить о форме листьев, об их цвете, расположении на растении и т. п., а можно было приводить примеры различных видоизменений листьев, связанных с выполнением каких-то специфических функций. Например, упомянуть усы гороха, служащие органами при-

крепления, ловчий лист росянки, колючки барбариса и др. Их вид и строение связаны с условиями существования и жизнедеятельностью данных растений.

К сожалению, очень немногие в своих ответах воспользовались этой возможностью заработать дополнительные баллы. А жаль!

3. *Придумайте примеры организмов, которые, не являясь близкими родственниками, похожи друг на друга. Поясните, в чём это сходство и чем оно вызвано.*

Ответов на этот вопрос может быть много.

Современные виды очень хорошо приспособлены к окружающей среде. Зачастую некоторые приспособления схожи у представителей разных отрядов, классов и даже типов. Организмы, схожие по внешнему виду, встречаются и среди представителей разных царств, причём сходный внешний вид часто необходим им для достижения одной и той же цели.

Хорошими примерами являются, например, акула и дельфин. Это представители двух разных классов типа Хордовые — класс Млекопитающие и класс Хрящевые рыбы. У обоих имеется продолговатое обтекаемое тело, плавники; схожее внешнее строение головы и расположение частей тела друг относительно друга. Оба живут в воде и питаются морской пищей. Однако анатомически они устроены совсем по-разному — так, дельфин дышит лёгкими, а акула — жабрами; сердце дельфина четырёхкамерное, разделение венозной и артериальной крови полное, уровень обмена веществ высокий и он — теплокровное животное; акула, напротив, имеет низкий уровень обмена веществ, двухкамерное сердце, слабое разделение крови и холоднокровна. Это лишь несколько примеров огромного различия этих животных.

Кактус, морской ёж и ёж — тоже в некотором роде схожие внешне организмы, главным образом за счёт колючек; колючки их совершенно разной природы — у кактуса это видоизменённые листья, у морского ежа — производные скелета, у «обычного» ежа — производные эпидермиса. Тем не менее, они несколько схожи и служат для одной и той же цели — защиты от врагов. У кактуса это не единственная цель, видоизменённые листья служат и для предотвращения испарения воды; однако защитная функция тоже немаловажна. Кактус — представитель царства Растения, а ежи — царства Животные, однако морской ёж относится к типу Иглокожих, а обычный ёж — к типу Хордовых.

Угорь и змея имеют продолговатое округлое в поперечнике тело. Они передвигаются по земле, извиваясь и скользя. У змей это обыч-

ный способ передвижения; угрю он необходим для пересечения суши во время сезонных миграций — в другое время он плавает в воде, как и остальные представители класса Костных Рыб. Змеи же относятся к классу Рептилий.

Аналогичных примеров можно привести множество. Каждый пример, приведённый с объяснениями причин сходства (приспособление к сходным условиям обитания или выполнение сходных функций) оценивался положительным баллом.

Неплохим примером служит также описание случаев мимикрии. Мимикрией называют явление, когда одни организмы (как правило, незащитные) выглядят сходно с другими, хорошо защищёнными. Классическим примером мимикрии являются мухи-осовидки, которые внешне похожи на ос. При этом птицы боятся склёвывать их, хотя сами мухи не имеют жала.

В некоторых случаях можно говорить и о простой маскировке. Так, палочка и палочник внешне почти идентичны. Палочник маскируется под элемент ветки или стебелька, чтобы стать незаметным и защититься от врагов. В других случаях маскировка нужна, напротив, чтобы потенциальная добыча не заметила маскирующегося хищника. Правда, здесь обычно трудно говорить о сходстве двух конкретных организмов — ведь если крокодил маскируется под гнилую корягу, вряд ли стоит говорить, что он похож на дерево. Однако если подобные примеры приводились с разумными объяснениями, то они тоже оценивались положительно.

4. Какие вы знаете значительные преобразования геологических оболочек Земли, вызванные деятельностью живых организмов?

С момента возникновения жизни на Земле организмы непрестанно изменяли окружающую среду. Глобальное влияние живых организмов на геологические оболочки Земли было отмечено русским учёным Владимиром Ивановичем Вернадским, хотя отдельные случаи влияния живого на геологию было замечено и раньше.

Одним из важнейших влияний на нашу планету является то, что живые организмы формируют специфическую оболочку — биосферу, которая располагается в трёх геологических оболочках Земли литосфере (твёрдой), гидросфере (жидкой) и атмосфере (газообразной). При этом они существенно влияют на эти три оболочки.

Формирование биосферы привело к тому, что живые организмы, концентрируя в себе некоторые элементы (называемые биогенными), оттягивают их из общего геологического круговорота и удерживают долгое время, формируя свой круговорот биогенных веществ. К важ-

нейшим биогенным элементам относятся углерод, водород, кислород, азот, фосфор и др.

Наиболее заметным преобразованием атмосферы явилось возникновение и накопление в ней кислорода за счёт деятельности живых организмов. Это явление было отмечено во многих работах школьников. Определённое влияние живые организмы оказывают и на накопление азота. Многие школьники знают также, что накопление кислорода привело к формированию озонового экрана, защищающего Землю от жёсткого ультрафиолетового излучения, что позволило живым организмам выселиться из воды на сушу.

В литосфере деятельность живых организмов приводит к появлению меловых отложений и некоторых других осадочных пород. Наиболее известны породы, состоящие из карбоната кальция CaCO_3 , который откладывается в результате отмирания простейших и некоторых беспозвоночных, в состав скелета которых входит. А накопление извести коралловыми полипами приводит к образованию целых островов, рифов и атоллов.

При определённых условиях не происходит полное разложение тел живых организмов, что приводит к отложению в литосфере каменного и бурого угля, газа и нефти.

На поверхности суши на границе трёх геологических оболочек возникла почва, существование которой невозможно без деятельности живых организмов.

Заселение суши живыми организмами вызвало не только появление почвы, но и ряд других серьёзных изменений. Они изменили водный режим суши. Значительные количества воды были вынесены на сушу в тела сухопутных организмов, кроме того, испарение из тел расширило круговорот воды по всей суше и повлияло на возникновение рек и озёр. А закрепление грунта корнями растений способствовало формированию береговой линии водоёмов.

Население суши препятствует выветриванию и тем самым приостанавливает эрозию земной коры. При этом фильтруются воды, стекающие с суши в море, что приводит к увеличению прозрачности в верхних слоях Мирового океана (гидросферы).

Большей частью геологических преобразований на Земле мы обязаны деятельности микроорганизмов. Значительный вклад внесли и растения. А в последние примерно двести лет существенное влияние на геологические оболочки Земли стал оказывать человек.

К подобным преобразованиям можно отнести осушение болот, образование пустынь за счёт выгула скота, изменения различных ландшаф-

тов, в частности, горных массивов — т. е. создание шахт, карьеров и пр. А также такие процессы, как разрушение озонового экрана, ускорение накопления углекислого газа в атмосфере за счёт сжигания ископаемого топлива и ускорение протекания круговорота фосфора, которое истощает наземные запасы этого элемента.

В работах школьников были упомянуты многие из приведённых выше примеров влияния живого на геологические оболочки Земли, хотя мало кто из ребят ответил на вопрос достаточно полно.

5. *Хищные птицы очень осторожны, и поэтому обычно не уживаются с человеком, т. е. не могут жить в больших городах. Тем не менее, некоторые виды (тетеревятник, перепелятник, пустельга) в последние годы успешно «проникают» в города. Получают ли они преимущества от того, что смогли закрепиться в городских условиях и гнездиться здесь, и какие?*

В целом преимущества в биологии принято измерять увеличением общего числа особей конкретного вида. Для проникающих в город хищных птиц преимущества выражаются в том, что они таким образом занимают ранее недоступные им места, так что общее число размножающихся пар этих видов растёт и число выращенных за год молодых тоже увеличивается.

Но это — в целом, если мы рассматриваем всю мировую популяцию тетеревятника, перепелятника или пустельги. Для тех же птиц, которые, собственно, и вселяются в город, условия здесь в чем-то лучше, чем в природных сообществах, а в чем-то и хуже.

Лучше — по нескольким параметрам:

а) Потому что те из них, кто избавился от страха перед человеком или непривычным окружением, уходят таким образом от конкуренции со своими сородичами за охотничьи и гнездовые участки.

б) Потому что в городе (по крайней мере — в Москве) у тех из них, кто охотится на птиц (тетеревятник и перепелятник), появляется стабильная кормовая база в виде воробьёв, голубей и (зимой) мелких птиц около кормушек.

в) Может быть ещё и потому, что для пустельги, гнездящейся в укрытиях (закрытые ниши в зданиях, чердаки, вентиляционные отверстия под крышами и т. п.) в городе много мест для размещения гнёзд.

Хуже — тоже по нескольким причинам:

а) Из-за высокой численности врановых (ворон, сорок, грачей, галок), которые угрожают и птицам (пустельга, перепелятник), и их гнёздам (тоже в основном 2 упомянутых вида, но если человек спуг-

нул с гнезда тетеревины, то врановые птицы могут разорить и его кладку). Да к тому же врановые мешают хищникам охотиться.

б) Потому что молодые, покинув гнездо, в городской обстановке подвержены гораздо большему риску, чем в природных условиях.

в) Потому что люди действительно беспокоят их у гнёзд или даже прямо вредят хищным птицам (отлов взрослых, сбор птенцов в гнёздах, ремонт зданий и т. п.).

г) Потому что для пустельги, охотящейся на открытых местах на мышевидных грызунов, в городе мало пригодных для охоты мест.

Так что «общий выигрыш» оказывается, очевидно, небольшим. Впрочем, вопрос ясен не до конца и требует изучения.

6. *В последнее время в связи с активным воздействием человека на природу учёные подробно изучают распространение заносных видов растений (т. е. видов, которые переселяются в новые места за счёт человеческой деятельности). При этом на разных территориях в Средней России выяснили, что большинство растений распространилось с юга на север — в естественных условиях, как правило, эти виды встречаются на более южных территориях. Обратный случай, когда растения проникают с севера на юг, наблюдался всего 1 – 2 раза. Чем может объясняться, что растения довольно легко могут переселяться с юга на север и не способны — с севера на юг?*

Окончательно и однозначно решить, почему южные виды растений проникают с юга на север как заносные виды, а северные не распространяются на юг, нельзя. Но можно выделить следующие факторы, которые на это влияют.

1. Большинство заносных видов внедряются не в естественные, сложившиеся сообщества, а растут по нарушенным местам: обочинам и откосам дорог, железнодорожным насыпям, залежам (на месте полей) или по освобождающимся каждый год отмелям рек. В этих местообитаниях «моделируются» более южные, а не более северные условия произрастания.

а) Наличие свободного грунта, куда могут попасть и быстро прорасти семена, вырасти и дать новые семена в течение сезона. Дело в том, что южные растения чаще размножаются и захватывают новую территорию семенами — например, эфемеры степей и полупустынь, однолетники. У северных чаще преобладает вегетативное размножение, они, как правило, многолетники (см. ниже). А многолетникам труднее быстро захватывать свободные земли.

б) Засолённость, которая возникает по железным дорогами и в горо-

дах после обработки почвы химикатами. Поэтому растения южных засоленных мест находят себе здесь подходящие условия. На севере, за исключением побережья северных морей, где вообще очень специфическая флора, засоленных почв нет. А на юге солончаки встречаются гораздо чаще, а, значит, есть и приспособленные к ним растения.

в) По песчаным и щебёночным насыпям возникает некоторый локальный недостаток воды. А сухие условия произрастания тоже характерны в основном для южных районов.

2. Северные виды хорошо приспособлены к своим условиям существования: относительно избытку воды, недостатку света и тепла. При недостатке солнечной энергии они, как правило, растут очень медленно, являются многолетниками, многие из них — даже вечнозелёные (брусника и пр.). Они привыкли к недостатку питательных веществ в почве, но не выдерживают конкуренции с быстро растущими южными видами — **они выносливы, но не конкурентоспособны.**

Южные виды не испытывают недостатка в свете и питательных веществах, зато более жёстко конкурируют друг с другом и имеют приспособления для подавления окружающих видов, в первую очередь, для быстрого захвата новой территории.

Большинство северных видов, к тому же, прорастает и даёт семена в зависимости не от количества тепла, а от длины светового дня. При необходимой для северных растений длине дня все свободные для прорастания места на юге уже заняты. Южные же многолетние виды, если они выросли, допустим, при аномально тёплой весне, нередко не могут дать зрелые семена в обычные годы, но, перезимовав в течении ряда неблагоприятных лет с помощью подземных органов, иногда могут вызреть и распространиться дальше в особенно тёплую осень.

Эта идея присутствовала во многих работах и обсуждалась с разных сторон.

3. Так как северные территории в историческое время (когда уже формировалась современная флора) были заняты ледником, и, по мере освобождения, заселение их осуществлялось из краевых популяций широко распространённых видов, нередко генетическое разнообразие северных популяций сравнительно обеднено (эффект близкородственного скрещивания и широкого распространения вегетативного размножения у растений). Южные же группы сравнительно древнее и более разнообразны в генетическом отношении, следовательно, имеют больше возможностей для приобретения новых свойств, позволяющих освоить новые ниши.

Для иллюстрации этого тезиса можно привести следующий пример. А. К. Скворцов и Л. А. Крамаренко (сотрудники Главного ботанического сада им. Н. В. Цицина РАН) занимались акклиматизацией абрикосов на широте Москвы. Попытки прорастить семена из наиболее северных популяций абрикоса удавались плохо. Тогда они собрали материал из наиболее благоприятных для этого вида районов, где он широко распространён (в Киргизии). Среди этих (генетически разнообразных) особей нашлись экземпляры, из которых получилось вывести сорта, способные расти и давать плоды в Москве.

Эта идея не обсуждалась школьниками, но к ней, наверное, близка мысль, высказанная во многих работах, о глобальном потеплении в целом, создающем более благоприятные условия именно для южных видов. Видимо, если рассматривать глобальное потепление, не в последние десять-двадцать лет, а со времени ледникового периода, этот фактор, безусловно, имеет место.

4. Не последнее место имеет и направление миграций распространителей семян и плодов. Весной и в начале лета большинство перелётных птиц, кочевых млекопитающих направляется с юга на север. Да и ветер дует с юга. Перевозки посадочного материала человеком, осуществляемые весной, тоже, как правило, идут в северном направлении. А осенью уже не сезон для размножения растений.

Эта мысль тоже присутствовала в некоторых работах.

7. Лососевые рыбы обычно погибают сразу после нереста. Похожая ситуация наблюдается у многих позвоночных животных — после прекращения размножения они живут недолго. Однако у орангутанов старые, неразмножающиеся самцы не только живут со своими семейными группами ещё долгое время, но продолжают оставаться их вожаками. Почему же у большинства позвоночных животных сложилось описанное выше положение, и почему орангутаны представляют собой исключение?

Существует представление о том, что процесс размножения конкретного вида — это конкуренция отдельных генотипов, в результате которой «победитель», т. е. более хороший, ценный генотип воспроизводит себя во всё большем числе. В таком случае животное, уже не способное эффективно участвовать в размножении, становится «беспольной» формой существования своего генотипа. Естественный отбор не имеет механизмов контроля качества данной особи, если она уже не размножается, и не поддерживает передачи следующим поколением генов, которые, образно говоря, «поддерживают благополучную ста-

рость». Поэтому те, кто перестаёт размножаться, быстро умирает — тем самым избавляя молодое поколение от «лишнего рта» — то есть, снижая конкуренцию за пищу, укрытия и т. п. Это типичная для большинства животных картина.

Однако у орангутанов, как и у некоторых других животных, ведущих групповой образ жизни (например — у муравьев), «старики» оказываются ценными членами общества, поскольку их опыт и знания (территории, годового хода погодных изменений, мест кормёжки, повадок хищников и др.) повышают выживаемость всей группы. А значит — и их собственных потомков (важно поэтому, что такая группа должна включать их семью). Те, кто лучше руководят семейной группой, добиваются лучших условий жизни для своих родичей, следовательно — успешной передачи своего генотипа следующим поколениям. То есть имеется механизм, который позволяет естественному отбору поддерживать такую ситуацию.

8. *Известно, что многие организмы могут обмениваться генетической информацией. Зачем, по вашему мнению, это может быть нужно? Какими способами может происходить этот обмен у разных организмов? Приведите примеры.*

Этот вопрос был рассчитан в первую очередь на школьников старших классов, которым знакомо понятие «генетическая информация». Однако среди младших ребят встречались те, кто вполне понимал значение этого термина. Это неудивительно, поскольку сейчас это понятие становится всё более широко известным и в некоторых учебниках вводится уже с 6 класса.

Приведём определение из энциклопедии:

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ — это получаемая от предков и заложенная в наследственных структурах (генах) программа развития организма. Генетическая информация определяет все наследственные свойства организма, однако их проявление зависит ещё и от влияния окружающей среды.

В связи с этим понятно, что информация, например, о том, где в данный момент найти много пищи — не является генетической. И рассказ о том, как муравьи или пчёлы обмениваются подобными сведениями, хотя и интересен, но не имеет отношения к ответу на вопрос.

Зачем же организмам может понадобиться обмениваться генетической информацией? На этот вопрос можно ответить, если вспомнить, что большинство организмов постоянно вынуждены бороться за своё существование. А те свойства и способности, которые организмы про-

являют в этой борьбе, определяются имеющейся у них генетической информацией.

Разные организмы (даже внутри одного вида) обладают разной генетической информацией. А значит, проявляют разные свойства и способности в борьбе за жизнь. Причём, как правило, какое свойство полезно для выживания, а какое — вредно, определяется только конкретными условиями. Классический пример: заяц в белом наряде хорошо маскируется на фоне снега, но если снега нет — становится лёгкой добычей хищников.

Условия жизни редко бывают постоянными, поэтому, если говорить о выживании не одного организма, а вида в целом, в наиболее выигрышном положении оказываются те виды, особи которых разнообразны по своим свойствам. А для этого надо, чтобы они обладали разнообразной генетической информацией. Главным источником этого разнообразия у большинства организмов является половое размножение, при котором два родителя обычно передают каждому потомку половину своих генов. И потомок получается в чём-то похож на «маму», а в чём-то — на «папу». Другой потомок тех же родителей получит от «мамы» с «папой» уже другие гены — все потомки будут разными, и можно надеяться, что при любых условиях найдутся такие, которые выживут.

Той же цели — увеличению разнообразия организмов внутри вида — служат и разные способы обмена генетической информацией.

Собственно половое размножение многоклеточных организмов не является **обменом** генами в строгом смысле. Ведь при этом родители не меняются генами, а просто передают разные гены потомству. Но если школьники в своих ответах говорили о роли полового размножения в повышении разнообразия и выживаемости вида, то этот ответ засчитывался как разумный.

Обмен же генетической информацией характерен и для тех организмов, которые не размножаются половым путём. Поэтому им нужны другие способы повышения генетического разнообразия популяции.

Способы обмена. Наиболее часто встречающимся примером, упомянутым школьниками, являлся *половой процесс у инфузорий*. При этом две особи конъюгируют (строят цитоплазматический мостик между клетками) и обмениваются ядрами. Размножения при этом не происходит, но после окончания конъюгации каждая инфузория обладает новым генетическим материалом.

Большинство других примеров относятся к бактериям. Этим организмам половое размножение в принципе не свойственно (в этом случае обычно используется термин половое воспроизведение).

Половой процесс у бактерий тоже называют конъюгацией, хотя при этом между клетками не образуется широкий цитоплазматический мостик, а цитоплазма двух клеток сообщается через тонкий канал внутри так называемого пилия (который выглядит как волосок, соединяющий две клетки). Через этот канал из одной клетки в другую передаётся генетический материал. При этом процесс передачи идёт только в одну сторону. Одна клетка получает новые гены, а другая остаётся «при своих». Размножения при этом, как и у инфузорий, не происходит.

Ещё одна особенность бактериальных клеток — они могут относительно легко поглощать ДНК (вещество, из которого состоят гены большинства организмов) прямо из окружающей среды. При этом поглощённые гены часто могут функционировать в новой клетке. Как правило, ДНК оказывается в окружающей среде после смерти бактерии, которой она принадлежала. А поглотить её может любая бактерия, не обязательно того же вида. Таким образом гены могут распространяться даже между неродственными бактериями. Особенно часто таким путём передаются маленькие кольцевые молекулы ДНК, называемые плазмидами (это связано с их высокой устойчивостью в окружающей среде). С помощью плазмид, например, распространяются гены устойчивости к лекарствам. Очевидно, какую пользу приносит такой обмен бактериям. А вот для человека такая способность некоторых бактерий совсем не выгодна.

Ещё один способ обмена генетической информацией связан с «помощью» вирусов. В принципе он возможен как для бактерий, так и для клеток эукариот, но среди бактерий встречается гораздо чаще. В нём участвуют вирусы, которые способны встраиваться в геном клетки-хозяина, а потом выходить из него, формируя новые вирусные частицы и заражая новые клетки. При этом как правило вирус переносит из клетки в клетку только свои гены, но иногда может случайно захватить и кусочек генома хозяина. Тогда этот кусочек тоже окажется встроенным в геном новой зараженной клетки. Событие это происходит достаточно редко, однако за долгий период существования видов оно может достаточно заметно повлиять на генетический материал вида-хозяина.

Некоторые школьники пытались изобрести способы обмена генетической информацией, не существующие в природе. Если изобретённый механизм был разумным, такие попытки оценивались положительно.

Конкурс по лингвистике

Задачи

Все задания адресованы всем классам, при подведении итогов учитывается класс и сумма баллов по всем заданиям.

1. Даны селькупские числительные и их числовые значения в перепутанном порядке:

sompylasar eʃ šitty, muktyssar eʃ ukkyr, sompylasar eʃ sompyla, šittysar, ukkyr ca muktyssar, šitty ca tēsar, sompylasar eʃ selʹcy, ukkyr ca tōn

20, 38, 52, 55, 57, 59, 61, 99

Задание. Запишите по-селькупски: 41, 48, 77, 98.

Поясните Ваше решение.

Примечание. с, lʹ, š, ε, у — особые звуки селькупского языка; чёрточка над гласной обозначает долготу.

Селькупский язык относится к самодийской ветви уральской семьи языков; на нём говорят около 2000 человек на северо-востоке Западной Сибири.

2. Даны слова на языке ханис в латинской транскрипции и их переводы на русский язык:

ntuhic *Я ударил его.*

eʃkiʃu:witi:təx *Ты увидел их.*

ntuhicu: *Он ударил меня.*

tuhici:təx *Он ударил их.*

kiʃu:wit *Он увидел его.*

eʃtuhiciʃ *Они ударили тебя.*

nkʃu:witiʃ *Они увидели меня.*

Задание 1. Переведите на русский язык:

eʃkiʃu:wit, ntuhici:təx

Задание 2. Переведите на язык ханис:

Он увидел тебя.

Он ударил его.

Поясните Ваше решение.

Примечание. ʃ, x, ʔ, w — особые согласные, ə — особый гласный звук языка ханис; двоеточие после гласной обозначает долготу.

Язык ханис относится к кусанской семье языков. В 1962 году на нём говорило не менее 2 индейцев на западе США.

3. Даны чешские слова и соответствующие им русские:

byt — <i>быт</i>	bitva — <i>битва</i>
druh — <i>друг</i>	trouba — <i>труба</i>
hlíst — <i>лист</i>	bývati — <i>бывать</i>
kvas — <i>квас</i>	dávati — <i>давать</i>
plášť — <i>плащ</i>	padati — <i>падать</i>
pout' — <i>путь</i>	kroužiti — <i>кружить</i>
soud — <i>суд</i>	lízati — <i>лизать</i>
štít — <i>щит</i>	mučiti — <i>мучить</i>
vid — <i>вид</i>	mysliti — <i>мыслить</i>
žar — <i>жар</i>	

Задание. Переведите на чешский язык: *чиж, зуб, бык, кусать.*

Примечание. Знак ´ означает долготу гласной (над буквой i он ставится вместо точки), знак ' — мягкость предшествующей согласной.

4. Приведены фрагменты фраз на коми-зырянском языке с русским переводом:

пöчлöн вок	— <i>брат бабушки</i>
чожлысь гöтырсö	— <i>жену дяди</i>
унайлысь пилысь	— <i>сына зятя</i>
нывлöн вöрöслöн	— <i>мужа дочери</i>
пöльлысь воксö	— <i>брата дедушки</i>
пöльлöн унай	— <i>зять дедушки</i>
воклысь пöльлысь	— <i>дедушки брата</i>
воклöн унайлöн	— <i>зятя брата</i>

Задание. Переведите на коми-зырянский язык словосочетания:
муж бабушки, дочь дяди, сына жены, дядю жены сына.

Если Вы считаете, что какое-либо словосочетание можно перевести на русский язык более чем одним способом, приведите их все и объясните различие между ними.

Примечание. Буквой ö обозначается особый гласный звук коми-зырянского языка.

Коми-зырянский язык относится к пермской группе уральской языковой семьи. На нём говорит более 300 тыс. человек в республике Коми, Ямало-Ненецком и Ханты-Мансийском автономных округах и в Мурманской области.

Решения задач конкурса по лингвистике

Задачи по лингвистике и их решения подготовлены оргкомитетом Московской открытой Традиционной олимпиады по лингвистике и математике, организуемой совместно Институтом лингвистики РГГУ и Отделением теоретической и прикладной лингвистики МГУ.

1. (автор С. А. Бурлак)

Установим сначала соответствия между селькупскими числительными и их числовыми значениями. Все приведённые в задаче селькупские числительные состоят из трёх слов; единственное исключение — *šittysar*; можно предположить, что это 20 — единственное круглое число среди указанных значений. Можно также выделить ряд пар селькупских слов, различающихся наличием/отсутствием суффикса *-sar*: *sompyla* — *sompylasar*, *šitty* — *šittysar*. Разумно предположить, что слова с *-sar* обозначают десятки, а слова без *-sar* — единицы. Отсюда сразу делается понятно, что *sompylasar ej sompyla* — 55, *sompylasar ej šitty* — 52, а слово *ej* обозначает сложение.

Рассмотрим теперь два числительных: *muktyssar ej ukkyr* и *ukkyr ca muktyssar*. Они содержат одинаковое количество десятков и единиц, но чем-то различаются. Здесь можно обратить внимание на то, что среди числовых значений есть два числа, которые можно представить похожим образом: $61 = 61 + 1$ и $59 = 60 - 1$. Если сопоставить этим числам наши числительные, то получится, что *mukty* — 6, *ukkyr* — 1, *ca* — вычитание.

Теперь легко установить числовые значения оставшихся слов: *šitty ca tēsar* — 38, откуда $tē$ — 4, *ukkyr ca tōn* — 99, откуда $tōn$ — 100, *sompylasar ej sel'cy* — 57.

Таким образом, числительные селькупского языка устроены так: если количество единиц — от 1 до 7, то они прибавляются к предыдущему десятку, как и по-русски; если же единиц 8 или 9, то тогда из *следующего* десятка вычитается, соответственно, 2 или 1. При этом прибавляемые единицы следуют за обозначением десятка, а вычитаемые — перед ним.

Ответ: 41 — *tēsar ej ukkyr*, 48 — *šitty ca sompylasar*,
77 — *sel'cysar ej sel'cy*, 98 — *šitty ca tōn*.

2. (автор П. М. Аркадьев)

Видно, что слова языка ханис соответствуют полным предложениям русского языка, содержащим подлежащее и дополнение. Сразу можно

легко выделить корни: *tuhic* ‘ударил’, *kiku:wit* ‘увидел’. При этом корень без каких-либо префиксов или суффиксов также переводится целым предложением — ‘он увидел его’. Но в остальных случаях подлежащее и дополнение выражаются при помощи «местоименных» префиксов и суффиксов; при этом наличие в глаголе того или иного префикса не указывает однозначно на грамматическую роль лица в предложении: *n-* ‘я/меня’, *eʔ-* ‘ты/тебя’. Если 1-е или 2-е л. — подлежащее, то при дополнении — 3-ем л. ед. ч. к глаголу больше ничего не присоединяется, а при дополнении — 3-ем л. мн. ч. появляется суффикс *-i:təx*. Если же 3-е л. — подлежащее, а 1-е или 2-е — дополнение, то префиксы остаются теми же, зато появляются суффиксы: *-ik*, если подлежащее — 3-е л. мн. ч., *-u:*; если подлежащее — 3-е л. ед. ч. Следует ещё раз заметить, что когда и подлежащее, и дополнение — 3-е лицо, никаких суффиксов у глагола нет (т. е. неверно считать, что *-u:* — суффикс 3-го л. ед. ч. подлежащего; он обозначает скорее, что ‘3-е л. ед. ч. действует на 1-е/2-е л.’).

Ответ: *eʔkiku:wit* ‘ты увидел его’, *ntuhici:təx* ‘я ударил их’; ‘он увидел тебя’ — *eʔkiku:witu:*, ‘он ударил его’ — *tuhic*.

3. (автор А. А. Зализняк)

Поскольку в задании требуется перевести русские слова на чешский, попытаемся составить правила, обеспечивающие переход (на буквенном уровне) от русских слов, содержащихся в основном материале задачи, к чешским.

С согласными всё просто: русским *б, в, г, д, ж, з, к, л, м, н, п, с, т, ч* соответствуют чешские *b, v, h, d, ž, z, k, l, m, p, r, s, t, č*; русскому *щ* соответствует *št* в начале слова (*štit*) и *štʹ* в конце слова (*pláštʹ*); русскому конечному *ть* соответствует *tʹ* в существительном (*poutʹ*), но *ti* в инфинитивах глаголов.

С гласными сложнее: каждой русской гласной соответствует две чешских — краткая и долгая; при этом, однако, для чешского *u* в роли долгого варианта выступает не *ú*, а *ou*. Каково же правило их распределения?

Рассмотрим вначале столбец неодносложных слов. Замечаем, что долгие чешские гласные (*и ou*) встречаются только в первом слоге. Они представлены в словах: *trouba, bývati, dávati, kroužiti, lízati*. В остальных словах этого столбца все гласные краткие: *bitva, padati, mučiti, mysliti*. Чем же различаются их русские соответствия? Прочтём переводы первой и второй группы вслух, и сразу станет понятно: разница в ударении! Ср. *труба́, быва́ть, дава́ть, кружи́ть, лиза́ть*

и *бѣтва*, *па́дать*, *мѹчитьь*, *мы́слить*. Таким образом, для слов второго столбца верно, что в чешском слове долгота появляется в некотором слоге тогда и только тогда, когда в соответствующем русском слове ударение падает на один слог правее. Грубо говоря, чешская долгота соответствует русской предударности.

К сожалению, ситуация в первом столбце указанному правилу не подчиняется. Здесь представлены только односложные словоформы (т. е. совершенно одинаковые в смысле ударения), между тем различаются, как и во втором столбце, с одной стороны, *hlíst*, *plášt'*, *pout'*, *soud*, *štít* (с долгими гласными), с другой — *byt*, *druh*, *kvas*, *vid*, *žag* (с краткими). В чём же причина этого различия в данном случае? Коль скоро в примерах второго столбца разгадка основана на обращении к русскому ударению, нельзя ли попытаться и здесь найти какие-то различия, связанные с ударением? Но тогда, конечно, необходимо как-то выйти за рамки односложных словоформ. Задача немедленно решается, как только мы попробуем, например, просклонять рассматриваемые слова. В первой группе мы видим в родительном падеже: *глиста́*, *плаща́*, *пути́*, *суда́*, *щита́*, а во второй — *бѣта*, *дру́га*, *кваса́*, *ви́да*, *жа́ра*.

Становится понятно, что здесь действует в сущности то же самое правило, что и для примеров из второго столбца. Только мы должны теперь дополнить его указанием о том, что у русских существительных с односложной основой для проверки должна использоваться словоформа с ненулевым окончанием (например, родительный падеж единственного числа).

Теперь мы уже можем выполнить задание.

Ответ:

чиж — *číž* (ср. *чижа́*);

зуб — *zub* (ср. *зуба́*);

бык — *býk* (ср. *быка́*);

кусать — *kousati* (поскольку ударение здесь *куса́ть*).

4. (автор Д. А. Паперно)

Сравнивая сочетания на коми-зырянском языке между собой, легко убедиться в том, что порядок слов в них обратен русскому — сначала следует определение, затем определяемое. Лексические соответствия также устанавливаются просто: *пӧч* 'бабушка', *вок* 'брат', *чож* 'дядя', *гӧтыр* 'жена', *унай* 'зять', *ни* 'сын', *ныв* 'дочь', *вӧрӧс* 'муж', *пӧль* 'дедушка'. Сложнее с грамматическими показателями. Можно выделить следующие суффиксы коми-зырянского языка:

нулевой (соответствует русскому именительному падежу), *-лысь, -лӧн, -сӧ*. Сложность возникает в определении того, что эти суффиксы значат. Для этого нужно сначала обратить внимание на то, что некоторые русские переводы на самом деле неоднозначны: например, словосочетание *мужа дочери* можно понять и как стоящее в винительном падеже (*я вижу мужа дочери*), и как стоящее в родительном (*дом мужа дочери*). Следовательно, для того, чтобы понять, что значат суффиксы коми-зырянского языка, необходимо сначала посмотреть на однозначные переводы, такие как, например, *жену дяди* (вин. п.). Теперь делается понятно, что *-сӧ* — винительный падеж. Однако русскому родительному падежу в коми-зырянском соответствуют два падежа: с суффиксом *-лысь* и с суффиксом *-лӧн*. Отчего зависит выбор между ними? Очевидно, что выбор суффикса не зависит от основы: возможно и *воклӧн*, и *вокльсь*. Можно заметить, однако, что выбор падежа определения зависит от падежа определяемого (своего рода согласование): если на определяемом *-лысь* или *-сӧ*, то на определении *-лысь*; если же на определяемом *-лӧн* или нулевой суффикс, то на определении *-лӧн*. Но это ещё полдела: необходимо понять, что роль скоро выбор формы родительного падежа определения зависит от падежа определяемого, то это верно не только для сочетаний, приведённых в задаче, но и для тех сочетаний, частью которых они могут являться (недаром нам сказано, что в условии даны фрагменты фраз!): сочетание *вокльсь пӧльлысь* само по себе может зависеть от какого-то другого слова, падеж которого требует суффикса *-лысь* на слове *пӧль* ‘дедушка’, которое в свою очередь «навязывает» такой же суффикс своему определению.

Ответ: муж бабушки — *пӧчлӧн вӧрӧс*; дочь дяди — *чожлӧн ныв*, если *дочь* — именительный падеж (*пришла дочь дяди*) или *чожлысь нывсӧ*, если *дочь* — винительный падеж (*я вижу дочь дяди*); сына жены — *гӧтырлысь писӧ*, если *сына* — винительный падеж (*я вижу сына жены*); *гӧтырлысь пилысь*, если *сына* — родительный падеж, определяющий слово, стоящее, например, в винительном падеже (*я вижу дом сына жены*); *гӧтырлӧн пилӧн*, если *сына* — родительный падеж, определяющий слово, стоящее, например, в именительном падеже (*пришёл друг сына жены*); дядю жены сына — *пилысь гӧтырлысь чождӧ* (только один вариант, потому что главное слово словосочетания — *дядю* — может быть понято лишь как стоящее в винительном падеже).

Конкурс по литературе

Задания

Все задания адресованы школьникам всех классов. Необязательно пытаться хоть что-нибудь сказать по каждому вопросу — лучше как можно более обстоятельно выполнить одно задание или ответить только на понятные и посильные вопросы в каждом задании.

1. *Одна из поэм, написанных в XIX веке, начинается словами:*

Четырёхстопный ямб мне надоел:
Им пишет всякий. Мальчикам в забаву
Пора б его оставить. Я хотел
Давным-давно приняться за октаву.
А в самом деле: я бы совладел
С тройным созвучием. Пушусь на славу!
Ведь рифмы запросто со мной живут;
Две придут сами, третью приведут.

Что такое «октава»? Какое свойство октавы названо в отрывке, написанном октавой? Откуда этот отрывок и кто его автор? Какие вы знаете упоминания об октавах и произведения, написанные октавой? Сочините свою октаву.

2. *Герой повести Л. Н. Толстого «Детство» Николенька Иртенъев, роясь в бумагах своего учителя немца Карла Ивановича, обнаружил стихотворение, «принадлежащее, должно быть, собственно его перу»:*

Помните близко,
Помните далеко,
Помните моего
Еще отныне и до всегда,
Помните еще до моего гроба,
Как верен я любить имею.

Как характеризуют Карла Ивановича эти написанные им стихи? В каких ещё произведениях для детей или взрослых есть персонажи, которые сочиняют стихи (или художественную прозу — рассказы, романы и проч.) и их сочинение пересказывается, цитируется или приводится целиком? Назовите как можно больше таких произведений. Зачем, как вы думаете, это нужно писателям? (Рассмотрите каждый случай отдельно).

3. В мировой литературе есть множество произведений, где не важно точное место действия — события происходят в городе, деревне, замке с вымышленным названием или вовсе без названия. Но есть и такие, в которых содержание и идея, а нередко и название или подзаголовок тесно связаны с каким-либо конкретным географическим местом. Назовите несколько произведений второго типа и объясните, насколько важно в каждом из них конкретное место действия.

4. Даны две группы фраз из литературных произведений:

1. Арендатор хутора Низы Максим Торчаков, бердянский мещанин, ехал со своей молодой женой из церкви и вёз только что освящённый кулич. (А. П. Чехов, Казак.)

В семь часов тридцать две минуты утра весёлый солнечный зайчик проскользнул сквозь дырку в шторе и устроился на носу ученика шестого класса Вольки Костылькова. (Л. Лагин, Старик Хоттабыч.)

В Чегеме у одной деревенской старушки умер муж. (Ф. Искандер, Жил старик со своею старушкой.)

Валентин, механизатор (по прозвищу Пан Зюзя), очнулся утром и начал вспоминать, какой сегодня день. (В. Белов, Деревенское утро.)

Во-вторых: потому что в нём разыгралась бешеная тоска по России. (В. Набоков, Круг.)

Давным-давно в городке на берегу Средиземного моря жил старый столяр Джузешпе, по прозвищу Сизый Нос. (А. Толстой, Золотой ключик, или Приключения Буратино.)

На Молдаванке, на углу Дальницкой и Балковской улиц, стоит дом Любки Шнейвейс. (И. Бабель, Любка Козак.)

Память знает эти медовые пряники с горькой миндалиной посреди, — память хранит те медовые дни, как мёд мне, пришедшему, в сущности, со всяческих Иргизов. (Б. Пильняк, Три брата.)

2. А на другой день Петя сам надел свои штанишки, и никаких глупых историй с ним больше не произошло. (М. Зощенко, Глупая история.)

Во-первых, потому что Таня оказалась такой же привлекательной, такой же неуязвимой, как и некогда. (В. Набоков, Круг.)

И вместе с Василием вышла из гостиной. (А. П. Чехов, В гостиной.)

И с тех пор мальчик сам заводил этот будильник и каждое утро вставал в указанное время. (М. Зощенко, Пора вставать!)

На этом я временно заканчиваю свою рукопись, считая, что она и так уже достаточно затянулась. (Д. Хармс, Старуха.)

Память знает эти медовые пряники с горькой миндалиной посреди. (Б. Пильняк, Три брата.)

Так умерла лучшая скрипка Страдивариуса; так позорно погиб её убийца. (Н. Гумилев, Скрипка Страдивариуса.)

Я уже никогда более не встречался с нею. (Ф. М. Достоевский, Маленький герой.)

Что объединяет фразы из первой группы и что — из второй? Какое произведение из процитированных выше обладает необычной особенностью и в чём она заключается? Распределите по двум группам следующие фразы и назовите несколько признаков, позволяющих с большой вероятностью это сделать:

А добрые, наоборот, живут крайне долго и отличаются хорошим здоровьем. (М. Зощенко, Через тридцать лет.)

В один прекрасный день я был изгнан из редакции одной среднерусской молодёжной газеты, в которой проработал неполный год. (Ф. Искандер, Созвездие Козлотура.)

Другие пассажиры сидели молча и избегали взгляда этого оскорблённого человека. (М. Зощенко, Человека обидели.)

Инженер статский советник Бахромкин сидел у себя за письменным столом и, от нечего делать, настраивал себя на грустный лад. (А. П. Чехов, Открытие.)

Ответы и комментарии к заданиям конкурса по литературе

1. Приведённый отрывок представляет собой первую строфу поэмы А. С. Пушкина «Домик в Коломне». Октава — строфа из 8-ми строк с рифмовкой абабабсс, она писалась пяти- или шестистопным ямбом. Эта форма была заимствована из итальянского стиха. Самую известную из итальянских поэм, написанных октавой, — «Освобождённый Иеру-

салим» Торквато Тассо⁶ — вспоминает Пушкин в 1-й главе «Евгения Онегина»: «Но слаще средь ночных забав // Напев торкватовых октав».

Многие участники конкурса довольно легко справились с заданием и объяснили, что такое «тройное созвучие», а некоторые попытались даже рассказать об особенностях пятистопного ямба и о роли цезуры (внутристиховой паузы) — видимо, вспомнив продолжение пушкинской поэмы, где есть такие слова: «Признаться вам, я в пятистопной строчке // Люблю цезуру на второй стопе. // Иначе стих то в яме, то на кочке...».

Неожиданную осведомлённость проявили отвечавшие, называя произведения русской и зарубежной поэзии, написанные октавой, среди которых «Осень» А. С. Пушкина, «Талисман» А. А. Фета, «Портрет» А. К. Толстого, «Октава» А. Майкова, «Посвящение» к «Фаусту» Гёте, «Дон Жуан» Байрона.

«Сочинить свою октаву» тоже многим оказалось по силам; в одних работах демонстрируется умение писать «ни о чём», но в точном соответствии с требуемой формой, в других есть изящная игра со словом и заключительная пара рифмующихся строк звучит выводом — неожиданно смешным или не без серьёзности. Погрешности в метре и ритме не принимались во внимание. Среди лучших экспромтов есть и такие, которые написаны не ямбом, а хореем или даже тоническим стихом, а потому октавами могут быть названы с натяжкой, хотя система рифмовки в них выдержана точно.

Октавы.

1. Сижу, смотрю без мыслей на листок.
Стараюсь что-то вспомнить про октаву.
Слились доска, обои, потолок
В зелёно-серую, пугающую лаву.
Пытаюсь, как отъявленный стрелок,
Проткнуть пером от ручки чью-то славу.
Сейчас я строчку допишу и сдам.
А выйдет что — решать не мне, а вам.

(Вера Буланкина, 7 кл., школа № 25, г. Владимир)

⁶Torquato Tasso (11.03.1544–25.04.1595), итальянский поэт позднего Возрождения. Поэма «Освобождённый Иерусалим» (*Gerusalemme liberata*), законченная автором в 1575 г., повествует о штурме и освобождении Иерусалима христианами во время 1-го крестового похода (1099 г.)

2. Стихотворений я октавой не пишу,
Но вот мне это испытать придётся,
Недаром ручку я с собой ношу!
Вот строчка уж по клеткам вьётся, вьётся...
Я этот лист стихом изборозжу!
И проверятель сим стихом займётся!
Но все ж о чём мне написать?
А, да! Мне стих пора кончать!
(Анастасия Аристова, 7 кл., школа № 57)
3. Сижу на Ломоносовском турнире.
Зачем сюда пришла? И так хватает
Контрольных в школьном мире.
Людей всегда, наверно, забавляет
Знать, что он в предмете — мышка в сыре.
А у меня все сердце словно тает,
Как будто Солнце подарило свет,
Когда я знаю на вопрос ответ.
(Татьяна Баранова, 8 кл., школа «Интеллектуал»)
4. В чём смысл бытия? Вопрос великий,
Философов великая задача.
И напрягая сумрачные лики,
Они сдаются — ткнуть бы наудачу
В кого-нибудь. И нищие калики,
И Кант... Поедем же на дачу!
Там мы в веселье сможем все пребыть
И умствования наши позабыть.
(Александр Головлёв, 8 кл., школа «Интеллектуал»)
5. За деревней лес шумел,
С ветерком играя,
В печке старенькой гудел
Огонёк, сверкая.
Небосвод уже темнел,
Звёзды зажигаю...
Тускло светит Млечный путь
Через облачную муть.
(Даша Щербухина, 8 кл., гимназия № 1567)

6. Ты думаешь, писать стихи легко?
Ты сам писать октавою пытался?
Я вижу, на задания ты скор;
Но лично — вряд ли этим занимался.
Услышь, о проверяющий, укор:
Ты хочешь, чтоб я с Пушкиным равнялся!
Но далеко не все стихи плетут
За нужное количество минут.
(Александр Танхилевич, 10 кл., школа № 57)
7. . . . Когда садится солнце за горою
И алый покидает небосклон,
То вновь мечты мои полны тобою,
И вновь мой взор печальный обращён
Туда, где скрыт закатной пеленою
Твой дом и город, где ты был рождён.
«Вернись, вернись!» — зову тебя и жду.
Тогда и счастье, и покой найду.
(Светлана Шишкина, 10 кл., школа № 57)
8. На белом свете жил один поэт,
Стихов писать, к несчастью, не умевший.
Он знал, что без таланта смысла нет
Творить, и он, таланта не имевший,
Мечтал, что раз проснётся он чуть свет
И вдруг услышит голос птицы певчей —
И на него дар Божий снизойдёт,
И славу жизни он тогда споёт.
(Оксана Вертман, 10 кл., школа № 57)
9. Раскольников. Герой иных времён.
Он был всегда и будет не однажды.
И в каждом веке новый Родион
Страдающий. Духовной полный жажды.
Пустых надежд слепой Пигмалион —
Им оказаться может каждый.
Он предрассудки убивает, как старух,
Но остаётся так же слеп и глух.
(Александр Гранкин, 10 кл., лицей №1, г. Оренбург)

10. Топот вычищенных до блеска сапог,
Холод стали, искусно выкованной;
Это не злоба, только предлог
Испытать, не забыть — смерти рытвины.
Каблуками идут. С Запада на Восток.
Костями измеря землю. Выровненная,
Она смотрится значительно лучше
И веселее. Безмолвствуют сучья.
(Кирилл Елин, 10 кл., школа № 371, Санкт-Петербург)
11. Пора б уже привыкнуть к поражениям.
Что толку проходить за кругом круг?
Нам проще дань отдать бессмысленным движениям,
Чем изменить царящее вокруг.
Мы в зеркале не встретим отраженья,
Под сводом потолков утих последний звук. . .
Нам больше некуда идти и не к чему стремиться;
Хотим мы одного — скорей забыться!
(Есения Лащенкова, 11 кл., гимн. № 2, г. Красногорск)
12. Доисторический аккорд в душе заныл.
Я вспомнил страх. И память редко
Кольшет мрак в лесу. Туман поплыл
Холодным потом древних предков.
И что суть ужас: я застыл
С сердечной болью. Уж у глаза ветка!
Но нет, ей не спасти той пустоты моей,
Что вылезла сейчас пустынных из души камней.
(Илья Плят, 11 кл., гимназия № 1514)
13. Когда немеют пальцы от мороза,
И на ногтях, когда подышишь, пар,
И с холода готовы капать слёзы,
И слышится одно воронье «карр!»,
Припомнишь пенье птиц и солнце, лозы,
Прибой и травы, моря блеск и жар. . .
Закостенев вконец, продрогнув весь,
Ты чувствуешь, что счастье — это здесь.
(Елизавета Маньковская, 11 кл., школа № 57)

2. Самых распространённых ответов на вопрос о Карле Ивановиче два: либо сочувственно пересказывается содержание стихотворения («Карл Иванович — человек, способный любить глубоко и верно» и т. п.), либо герой подвергается насмешкам из-за множества ошибок; при этом, как правило, достаётся и русскому обществу в целом: «Карл Иванович, приглашённый в дом в качестве учителя маленького Николеньки, не мог дать мальчику полноценных знаний русского языка и литературы, которыми должен обладать любой уважающий себя русский человек. Этот вывод мы делаем, исходя из стихов учителя, характеризующих его как безграмотного и невежественного человека. Основы знаний закладываются в человека с детства, поэтому родители мальчика должны были понимать, что, наняв немца, они лишают сына возможности стать действительно образованным человеком. Также этот эпизод намекает нам на то, что и во время Толстого богатые люди стремились набирать учителей „дешёю подешевле“, как писал Грибоедов».

Авторы подобных ответов полагают, видимо, что охарактеризовать — это обязательно восхвалить или осмеять, обличить. Разумеется, такие ответы нельзя признать удачными.

Понятно, что единственно правильного ответа не существует. Но высокую оценку заслужили те работы, в которых называется не одно существенное свойство письма, а два или больше и делается попытка более глубокого их истолкования. При этом участники конкурса могут по-разному оценивать одно и то же явление; например, большинство авторов пишет о плохом владении языком, а один — *об оригинальном понимании синтаксических правил русского языка*. Толковый и лаконичный ответ дала самая юная победительница конкурса: *Это стихотворение характеризует Карла Ивановича как не очень хорошего знатока русского языка, но пылкого и, возможно, влюблённого человека*. (Полина Визгина, 6 кл., гимназия № 1567).

Приводим и некоторые другие интересные ответы.

По стихотворению можно сказать, что его [автора стихотворения] познания в русском языке невелики, уж очень много не только орфографических ошибок (например «отнине и до всегда»), но и грамматических («как верен я любить имею»). Но эти стихи написаны о любви, и неважно, как они звучат. . . Карл Иванович очень чувствительный и эмоциональный человек. (Лидия Бушина, 10 кл., гимназия МОУГ, г. Тула.)

Это стихотворение говорит кое-что о Карле Ивановиче. Впервые, если не знать, что он немец, можно по стихотворению дога-

даться — русский язык отнюдь не идеален в нём. Во-вторых, человек этот весьма далёк от литературного творчества — размер плохо выдержан. В-третьих, учитель скорее всего влюблён — если человек, не умеющий писать стихи, вдруг берётся за это дело, да ещё говорит в своём произведении о верной любви («верен любить имею»), он, скорее всего, осенён сим высоким чувством. И ещё он, вероятно, стесняется и своего чувства, и творчества, раз стихи закопаны в личные бумаги. (Екатерина Курбатова, 11 кл., шк. № 520.)

Карл Иванович писал по-русски, но поскольку он был немец, то выстраивал фразу по-немецки. Об этом убедительно говорит последняя строка: . . . *wie ich geliebt habe* . . . В переводе на русский это прошедшее время: «как я любил». Карл Иванович подверг буквальному переводу немецкий текст и, не обладая хорошим знанием русского языка, получил бессмыслицу. Подобное несоответствие буквального перевода подлиннику мы встречаем у Л. Н. Толстого в более завуалированном виде в «Войне и мире». Когда Пьер кричит на Анатоля Курагина, он произносит чудовищно длинную и витиеватую фразу. Автор объясняет, что Пьер говорил по-французски, отсюда и несоответствие длинного русского «перевода» короткому французскому оригиналу. (Олег Русаковский, 11 кл., шк. № 7, г. Раменское.)

Эти стихи, во-первых, чётко показывают, что для Карла Ивановича русский язык — не родной. (Небольшое отступление: эти вирши чем-то напоминают русские стихи Р. М. Рильке, у которого, несмотря на то что писал он куда лучше, тоже встречаются похожие ляпы.) Стихи характеризуют Карла Ивановича как натуру лирическую (ибо, согласитесь, немногие в зрелом возрасте сочиняют, или, вернее, пытаются сочинять стихи). Кроме того, он раним и одинок, так как мечтает, чтобы о нём помнили. (Александр Пиперски, 10 кл., шк. № 125.)

Выполняя вторую часть задания, участники конкурса вспомнили множество произведений с действующими лицами, сочиняющими стихи или прозу: это и «Приключения Незнайки и его друзей» Н. Носова с коротышкой Цветиком, рифмовавшим «Цветик» и «приветик», и книжка Милна с Винни Пухом, сочиняющим песенки, и сказка А. Толстого «Золотой ключик, или Приключения Буратино», в которой действует кукла-поэт Пьеро, и произведения взрослой русской классической литературы. Названы были герои Пушкина (Петруша Гринёв в «Капитанской дочке» и Ленский в «Евгении Онегине»), Достоевского (капитан Лебядкин в «Бесах» и Голядкин младший в «Двойнике»),

Л. Толстого (Денисов в «Войне и мире»), Чехова (Вера Иосифовна в «Ионыче»), русских и зарубежных писателей XX века.

Вот как участники конкурса объясняли, зачем писателям понадобилось вводить в произведение «пишущего» героя.

Среди персонажей-писателей герой набоковского романа «Дар» Годунов-Чердынцев, пишущий стихи, Юрий Живаго в «Докторе Живаго» Пастернака, герои «Театрального романа», «Мастера и Маргариты», «Записок на манжетах» Булгакова. Здесь, мне кажется, автору близок герой, и он сродняется с ним ещё и через творчество; это ставит героя на одну ступень ближе к автору; можно говорить об автобиографичности персонажей.

В таких произведениях, как «Евгений Онегин» (стихи Ленского) и «Ионыч» (романы Веры Иосифовны) автор посмеивается над героем, но если у Пушкина чувствуется теплота по отношению к людям, которых «не сужу, затем, что к ним принадлежу», то Чехов откровенно издевается над романом, описывающим то, «чего не бывает в жизни».

«Легенда о великом инквизиторе» была сочинена Иваном Карамзовым «для себя» и как художественное произведение; Достоевскому здесь важно, однако, не то, что Иван «создал», а философский смысл и жизненный смысл написанного (для Ивана и Алёши). (Елизавета Маньковская)

Зачастую писатели используют данный приём, чтобы показать реальность, «живость» своего героя. (Владимир Волков, 11 кл., гимн. № 1506)

Мне кажется, что каждого писателя волнуют в той или иной мере проблемы творчества, соотношения реальности и вымысла (так в «Мастере и Маргарите» Булгакова). (Олег Русаковский).

Юрий Живаго — любимый герой Пастернака, и особо важные для поэта стихи он поместил в этот цикл.

В романе Андрея Битова «Пушкинский дом» цитируются литературоведческие работы главного героя и его дедушки. Это нужно для того, чтобы подчеркнуть связь героя с Пушкиным и преемственность поколений. (Светлана Филиппова, 11 кл., гимн. № 1567).

«Египетские ночи». Чтобы объяснить, зачем Пушкин включает стихи импровизатора в произведение, надо было бы его целиком анализировать. Очень приблизительно: чтобы показать разницу между импровизатором в обычной жизни и им же — импровизирующим. Татьяна Толстая, «Кысь». Постоянные цитаты из произведений

Фёдора Кузьмича, разумеется плагиаторского характера. В этом-то искажении — смысл этих цитат.

Стихи Ляписа-Трубецкого в «Золотом телёнке» создают даже не индивидуальный характер, а тип, характерный и потому — высмеянный. (Александр Танхилевич).

В одном из рассказов М. Зощенко, посвящённом 100-летию со дня смерти А. С. Пушкина (названия рассказа, к сожалению, не помню), упоминается некий бухгалтер Цаплин, который требует к себе особого уважения за то, что он пишет стихи. Управдом порицает его и приводит для сравнения стихи одного маленького мальчишка:

Все мы любим твое время, когда птичка в клетке.

Мы не любим тех людей, кто враг пятилетке⁷.

М. Зощенко, естественно, понадобились эти строки, чтобы высмеять тех, кто неспособен видеть настоящую поэзию и ставит её на одну доску с такими стихами. (Александр Пиперски)

Напомним, что в задании говорилось о героях, пишущих художественные произведения, а не дневники и письма, поэтому не стоило, как это сделали многие, называть лермонтовского Печорина с его дневником или героев «Бедных людей» Ф. М. Достоевского. Приведём один из самых курьёзных ответов:

Главный персонаж Евгений Онегин, как и главная героиня Татьяна, переписывались друг с другом и писали письма в стихах. Это говорило об их утончённости и высокоразвитости. Пушкин был великолепным поэтом, благодаря его произведениям он стал знаменитым. Стихами он восхищал людей. И, подаря писательский дар Евгению и Татьяне, он поставил их наравне с собой. Александр Сергеевич одарил их самым замечательным своим даром.

3. Многие участники конкурса совершенно справедливо написали о том, что безусловно важно указание на конкретные географические места в произведениях, рассказывающих о путешествиях (например в книгах Жюль Верна) или об исторических событиях.

Приводим другие удачные ответы.

Есть произведения, где создаётся образ места. В русской литературе это, главным образом, Москва и Петербург. В «Евгении Онегине», «Войне и мире», «Горе от ума» эти города, обычно друг другу противопоставленные, наделяются такими качествами: холод

⁷Имеется в виду рассказ «В пушкинские дни», точная цитата: «Мы, дети, любим твое время, когда птичка в клетке.// Мы не любим тех людей, кто враг пятилетке.»

светского Петербурга, но и просвещённость, доброта; хлебосољство Москвы — но и косность. В разных произведениях акцент на разном.

В таких произведениях, как «Кавказский пленник» Пушкина или «Одесские рассказы» Бабеля, авторам важна резкая специфика места: колорит еврейской Одессы или экзотика черкесского быта. И все подробности географического и бытового характера преследуют именно эту цель. (Елизавета Маньковская)

События во многих произведениях русской литературы происходят в одной из российских столиц. Различия между этими городами гораздо глубже исторических и географических. Как правило, Москва и Петербург передают различное видение жизни, различное мировоззрение. В каждом городе своя особенная атмосфера, определяющая поступки героев и взаимоотношения между ними.

Одним из наиболее ярких примеров тесной связи между содержанием и идеей произведения и местом действия является «Медный всадник» Пушкина. В подзаголовке сам автор указал, что это «петербургская повесть». Петербург не только фон для развития конфликта, но ещё и символ государственности и порядка. Однако этот порядок бездушен и не подходит для живых людей... Гоголь продолжил традицию петербургских повестей в русской литературе. В «Невском проспекте» автор называет столицу Российской империи городом-миражем, где за внешней упорядоченностью и ритуальностью жизни скрывается призрачность законов и правил, где размыта граница между реальным и нереальным, между добром и злом. Для художника такая атмосфера губительнее всего: он или погибает («Невский проспект»), или лишается своего дара («Портрет»). По Петербургу Гоголя разгуливает нос в мундире чиновника, бедному петербургскому художнику является дьявол.

... То общество, с которым столкнулся Чацкий в комедии «Горе от ума» Грибоедова, могло сложиться только в Москве: отношения в фамусовском обществе более домашние, неформальные, чем в великосветском Петербурге, но при этом и Фамусов, и Хлестова, и Горичи — столичные, а не провинциальные жители. На протяжении всего романа Л. Толстого московское дворянство противопоставляется петербургскому... Стихийный исход жителей из Москвы во многом решил судьбу наполеоновского нашествия. Петербург же наблюдал за войной со стороны, не понимая и не желая её понять и лишь навязывая бесполезные, а часто и вредные решения... (Наталья Новикова, 11 кл., шк. № 1239)

В рассказе Лескова «Леди Макбет Мценского уезда» ещё в названии показывается резкий контраст между ужасными событиями ... и тихим провинциальным уездом, где они происходили. (Ольга Абашина, 10 кл., гимназия МОУГ, г. Тула).

В романе Виктора Гюго «Собор Парижской богородицы» святое место становится средоточием страстей. Венедикт Ерофеев «Москва — Петушки», где Петушки — недостижимая цель, метафора цели существования. (Илья Плят)

В «Ночи в Лиссабоне» Э. М. Ремарка место действия играет важную роль, ибо Лиссабон — это город, через который эмигранты во время 2-й Мировой войны бежали в США. (Александр Пиперски)

Часть действий сказа Лескова «Левша» происходит в Туле, и это не случайно. Ведь именно в Туле жили самые искусные мастера-оружейники и механики, и там делали миниатюрные пистолеты и ружья, которые отлично стреляли (и по сей день стреляют). Поэтому именно в Тулу была доставлена английская блоха. (Екатерина Курбатова, 11 кл., шк. № 520).

И. А. Бунин. «Господин из Сан-Франциско». Действие, правда, в Сан-Франциско не происходит, но место жизни главного героя символизирует для писателя средоточие буржуазной цивилизации. М. А. Шолохов, «Тихий Дон». Для Шолохова река Дон и бывшая область Войска Донского — символы родины и трагедии главных героев. М. де Сервантес, «Дон Кихот Ламанчский». Ла Манча для писателя — сердце Испании, её наивысшее воплощение. (Олег Русаковский).

В пьесах Островского «Гроза» и «Бесприданница» действие происходит на берегах Волги, в вымышленных городах. Однако облик этих провинциальных городов точь-в-точь как у тех городов, которые запомнились Островскому благодаря путешествию по Волге. В пьесах важна река, русская, широкая, раздольная. Она подчёркивает гармонию и красоту в природе, которая противопоставляется миру людей. В то же время река является символом души героини, глубокой, чистой. (Елизавета Шевченко, 11 кл., шк. № 26).

4. Предложениями первой группы начинаются рассказы или повести, названные в скобках, предложениями второй группы заканчиваются. Об этом можно было догадаться по ряду признаков. Например, в большинстве предложений первой группы есть указания на место и/или

время действия, сообщается имя и род занятий героя. Предложения второй группы не вполне понятны без предшествующего текста; в них есть местоимения и другие слова, отсылающие к предыдущему повествованию: *другой, с тех пор, на этом, так, с нею*. Некоторые из предложений второй группы начинаются с присоединительных союзов.

По этим же признакам можно распределить по группам и четыре последних предложения: оба предложения из произведений Зоценко относятся ко второй группе, остальные — к первой.

Необычно построен рассказ Набокова: первое его предложение начинается со слова *во-вторых*, а последнее — со слова *во-первых*. С этой особенностью рассказа связано его название («Круг»).

Задания №№ 1, 2 и 3 подготовила Н. А. Шапиро, № 4 — Б. Л. Иомдин.

Конкурс по истории

Вопросы и задания

Все задания адресованы школьникам всех классов: каждый может выбрать те, которые ему по вкусу и по силам; достаточно выполнить хорошо (не обязательно полностью) 2 задания из первых десяти или верно указать хотя бы 10 ошибок в заданиях 11 или 12 (нужно составить список указанных в текстах 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).

1. Где и когда «аборигены съели Кука»? На каком языке они говорили? Вспомните хоть одно слово из этого языка — с переводом на русский.

2. Были ли случаи в истории, когда в одной стране два монарха подряд правили (вместе) более 100 лет? Если да, то где и когда?

3. Перечислите знаменитых современников Пифагора во всём мире. Чем они прославились?

4. Какие крупные научные открытия были сделаны в Кёнигсберге (Калининграде)? Кто и когда их сделал?

5. Говорят, что стареющий Л. И. Брежнев часто спрашивал своих секретарей: «А мы не забыли наградить полковника Штирлица?» Как вы думаете: правдиво ли это предание? Если да, то какие факты могли послужить его основой?

6. Когда-то в Европе рассказывали анекдот:

— Правда ли, будто наш папа — католик?

— Тише! Он у нас христианнейший!

В чём юмор этой шутки? Когда и по какому поводу она могла быть сложена?

7. Вспомните, где и когда возникли следующие лозунги. Каков был их смысл?

AMDG

INRI

SPQR

When Adam delved. . .

Une foi, une loi, un roi!

Kill the lords and spare the commons!

8. Карл Май, Виллард Шульц, Фенимор Купер, Генри Лонгфелло, Джек Лондон, Лизе Вельскопф-Хенрих, Майн Рид, Владимир Арсеньев, Григорий Федосеев, Райдер Хаггард, Олег Куваев.

Все эти писатели создали яркие образы «благородных дикарей». Назовите имена этих героев (всех или некоторых по вашему выбору). Каким народам они принадлежали?

9. Чем прославились следующие японцы: Аракава Шизука, Кодайра Кунихико, Минамото Ёритомо, Тайра Киёмори, Танияма Ютака, Того Хэйхатиро, Тоётоми Хидэёси, Токугава Иэясу, Томонага Синъитиро, Уэмура Наоми, Хокусай Кацусика, Юкава Хидэки, Ямамото Исороку? (Можно выбрать, про каких японцев написать и насколько подробно.)

10. Попробуйте дать строгое определение понятию «империя». Проверьте: были ли в этом смысле империями Вавилон, Ассирия, Персия, Египет, а также государства Инков, Ацтеков, Чингис-хана и Тамерлана.

11. Найдите исторические ошибки в тексте.

Юстиниан

В первый день месяца Августа, в лето 525 от Рождества Господа нашего благочестивейший Август, Кесарь и Автократор ромеев — Флавий Валерий Юстиниан торжественно отметил двухвековой юбилей своей столицы — Второго Рима, нареченного Константинополем. Сорокалетний базилевс остро чувствует родство с великим городом на Босфоре: здесь он родился в тот год, когда в Первом Риме угас его последний император — юный и невезучий Ромул Августул. Тогда нечестивые еретики-готы, отрицающие божественную природу Богоматери, свергли последнего наследника династии Цезарей и посадили на италийский трон самозванного рекса Теодориха.

Этот хитрый и воинственный невежа объявил себя равносущим Кесарю Востока — славному Юстину Философу, деду Юстиниана. Тот не мог сразу послать в Италию карательное войско, ибо находился в состоянии войны с царём Персии — Хосровом Парвизом. Славный сын

христоробивой Грузии — воевода Нарзес Багратид едва сдерживал ежегодные набеги персов на Дамаск, Антиохию, Иерусалим. Казна империи была пуста; не на что было нанять алчных северных варваров — франков или вандалов, лангобардов или гуннов. Вся юность Юстиниана прошла в хроническом безденежье. Серебро и золото уплывали на запад или на восток — в обмен на воинов или на шёлк, идущий на подарки тем же воинам. Как разорвать сей порочный круг?

Двадцать лет назад в уме Юстиниана блеснула, наконец, догадка. Нужно наладить в Византии производство своего шёлка! Известно, что его делают из нитей, которые прядут гусеницы тутовых бабочек — а тутовник одинаково растёт в Анатолии и в Сильвании. Но какие бабочки годятся для этого? Как добыть их — живьём, или в виде коконов? Как наладить производство пряжи и тканей? Все это — давние китайские секреты, их невозможно вызнать через степных кочевников или алчных купцов. Только единоверцу раскроют свои тайны шёлковые мастера империи Тан!

Значит, нужно послать в Китай монахов — проповедников Слова Божьего! Воплощение этого великого замысла потребовало многих лет тихого, незаметного труда упорных ромеев. Принцу Юстиниану пришлось возглавить имперскую разведку и освоить финансовое дело, учась у сирийских купцов. Но теперь успех пришёл в Константинополь! Странники-монахи принесли внутри бамбуковых посохов драгоценные коконы и инструкции по разведению капризных бабочек. Квестор Трибониан возглавил новую отрасль государственной экономики; теперь кесарь Юстиниан располагает шёлком, чтобы подкупать варваров Запада и Востока.

Арабский воин Оденат начал против персов партизанскую войну — и новый царь Хосров Ануширван был вынужден заключить мир с Юстинианом. Вдобавок, в Иране восстали свои еретики — манихеи. Теперь восточная граница Второго Рима безопасна; пора возобновить Реконквисту Запада!

Крестник Юстиниана — молодой воевода Велизарий готов вторгнуться в Италию, где православные аборигены ненавидят еретиков-готов. Римский папа Григорий давно шлёт Юстиниану просьбы о помощи: сильно его утеснили варвары-монофизиты! Новокрещённый вождь франков Хлодвиг готов привести бойцов из-за Альп, как только ромей высадутся в Неаполе. Угнетённая варварами Италия ждёт своих освободителей! Как только православные легионы освободят Рим — можно будет приступить к отвоеванию Карфагена у вандалов!

Итак, решено: сначала Юстиниан принимает наследие Ромула,

потом — наследие Сципиона Африканского. Следующей целью будет Испания — наследие славного Помпея. Потом на очередь встанет Галлия — наследие великого Цезаря. А дальше что? После Цезаря пришёл Траян — покоритель Дакии, разоритель Парфии. Дальше Траяна — за Евфрат, до Инда прошёл только Александр Македонский. Очевидно, Юстиниану придётся принять и это наследие — даже если вести войну придётся хоть сорок лет подряд! Благо, деньги в казне есть, и людей в империи хватает. . . Третий Вселенский собор только что заявил о полной поддержке планов Христианнейшего Императора. Если будет на то воля Христа Пантократора, то имперские хоругви пройдут вдоль всего Шёлкового пути!

12. Найдите исторические ошибки в тексте.

Смутное Время

«Когда-то Кузьма огороды копал — а нынче Кузьма в воеводы попал!» Эта насмешливая песенка московских скоморохов не уязвляет душу предводителя рязанских дворян. Да, он — плебей, и не чувствует себя на своём месте во главе Московского царства. Но где они — более достойные лидеры русского народа в пору великих бедствий? Достоинейшим человеком был первый Самозванец — упокой, Господи, его душу, ибо Ты один ведаешь его истинное имя! Он честно заявил боярам: «Тень Грозного меня усыновила!» — и бояре без споров признали право дерзкого юноши на высшую власть. Но зачем добру молодцу жениться на полячке, уже будучи московским царём? Земский собор не признал странный брак Дмитрия — и московский люд восстал против оккупантов-поляков. Самоуверенный царь погиб от случайной стрелы; царство вновь осталось без хозяина.

Тогда мятежная чернь перенесла свои надежды на другого юношу — Николая Скопина Шуйского, славного подвигами в борьбе против шведов. Быть бы ему добрым царём на Москве, вслед за его пращуром — Дмитрием Донским! Но моровая язва унесла князя Николая в звёздный час, когда он одолел гетмана Жолкевского под стенами Сергиевой обители, вызволил патриарха Гермогена из многомесячного осадного сидения. Сам патриарх соборовал умирающего победителя — и заразился от него, и умер неделю спустя!

Тут у московской власти объявилось множество наследников. Старый князь Василий Шуйский пожелал стать царём — как дядя героя Николая. Битый воевода Жолкевский предложил москвичам королевича Станислава — благо, тот не замешан в смутах и готов принять

православие, если того пожелает Земский собор Руси. Наконец, казачий атаман Заруцкий предложил избрать новым патриархом новгородского епископа Филарета — верного соратника последнего законного царя Руси, Бориса Годунова. Как навести порядок в этом разброде мнений?

Тут сгодилась простая душа рязанского дворянина Кузьмы Минина и тугие кошельки его друзей — купцов Ляпуновых. Братья Семён и Матвей уговорили купеческую гильдию Рязани обратить церковную десятину на военные нужды и назначить отца Филарета казначеем — до тех пор, пока Земский собор не выберет законного царя. Зачем отдавать венец чужому королевичу, пока в Москве хватает природных князей — Рюриковичей?

Можно возвысить самого младшего из них — Михаила Ивановича Романова Шуйского, внучатого племянника Ивана Грозного. И чтобы впредь не возникало сомнений в законности царского избрания — нужно включить закон о престолонаследии в новое Соборное Уложение, сиречь Конституцию Руси! Пусть Земский собор мирян и Стоглавый собор иерархов совместно выберут царя и патриарха; пусть чёрный люд Москвы утвердит их выбор на вече, как издавна принято на Руси Святой! Глас народа — глас Божий есть!

Эту истину россиянам приходится вновь и вновь доказывать своим соседям. Кузьма Петрович Минин доказал её польским кирасирам на Девичьем поле — в виду белых стен Кремля и колокольни Иоанна Златоуста. Польские удалцы сражались храбро — но жребий Божий выпал не в их пользу. Безвестный дворянин из Рязани одолел коронного гетмана Жолкевского; а теперь скоморохи потешаются над спасителем Москвы. Бог им судья! Пора Кузьме Петровичу уйти в монастырь, не участвуя в распрях победителей. Когда воззвал России глас: «Приди, спаси!» — он встал и спас. Теперь можно отойти в тень: пусть этим шагом скромного героя завершится смутное лето 7320-е от Сотворения Божьего Мира!

Ответы, решения и комментарии к заданиям конкурса по истории

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

1. Где и когда «аборигены съели Кука»? На каком языке они говорили? Вспомните хоть одно слово из этого языка — с переводом на русский.

Жизнь капитана Джемса Кука оборвалась в 1779 году на Гавайских

островах, которые он только что открыл в своём **третьем** кругосветном плавании. Аборигены этих земель говорили (и говорят до сих пор) на одном из диалектов полинезийского языка. Многие гавайские слова знакомы читателям книг Джека Лондона или Тура Хейердала. Например: Вака = Лодка, Ика = Рыба (так полинезийцы называли два острова Новой Зеландии). Или: Алоха Оэ = Прощайте (название одного из рассказов Дж. Лондона). Или: Тангата = Человек, Ману = Птица (так называют своего предка жители острова Пасхи).

Замечание. В песне Владимира Высоцкого говорится об изучении Куком берегов Австралии: эти события происходили в 1769 году — во время первого кругосветного плавания Кука, когда он впервые описал кенгуру.

2. *Были ли случаи в истории, когда в одной стране два монарха подряд правили (вместе) более 100 лет? Если да, то где и когда?*

Известно два таких случая: первый — в Древнем Египте, второй — во Франции 17–18 веков.

Фараон Пиопи-анх 2 из 6 династии Древнего царства царствовал (согласно исторической сводке Манефона) с 5 до 97 лет (тогда шёл 25–24 век до н. э.). Его предшественник и его преемник оба правили более чем по 10 лет — так что вместе наберётся больше века.

Во Франции знаменитый «Король-Солнце» Луи 14 царствовал 72 года: с 1643 (ему тогда исполнилось 5 лет) до 1715 года. Этому старцу наследовал его 7-летний правнук — Луи 15, который царствовал до 1774 года и прославился фразой «После нас будет потоп!» Этот потоп (то бишь, революция) начался в 1789 году.

3. *Перечислите знаменитых современников Пифагора во всём мире. Чем они прославились?*

Примерные годы жизни Пифагора — с 580 по 500 год до н. э. Свою школу в итальянском городе Кротон он основал около 540 года до н. э. В это время царь персов — Кир захватил Вавилон (538 год до н. э.) и основал Персидскую империю. Тогда же (550 год до н. э.) в китайском княжестве Лу родился философ Кун-цзы (Конфуций), а в индийском княжестве Шакья родился (543 год до н. э.) принц Сидхарта Гаутама (будущий пророк Будда). В Афинах в пору детства Пифагора правил знаменитый архонт Солон, а за ним — необычно гуманный тиран Писистрат (535–515 годы до н. э.). В Риме тогда правили последние цари: реформатор Сервий Туллий и его убийца Тарквиний Гордый (свергнутый Брутом Старшим и Валерием Попликолой в 510 году до н. э.)

4. *Какие крупные научные открытия были сделаны в Кёнигсберге (Калининграде)? Кто и когда их сделал?*

Прусский город Кёнигсберг вырастил трех великих учёных: философа Иммануила Канта, астронома Фридриха Бесселя и математика Давида Гильберта.

Кант начал свою карьеру как математик и астроном. В 1755 году он в книге «Естественная теория неба» впервые предложил удачную модель Галактики (звёздный остров в форме жернова), а также объяснил кажущееся отсутствие вращения Луны её торможением через приливы, вызванные притяжением Земли.

Бессель в 1838 году измерил годичный параллакс слабой, но быстро движущейся звезды 61 Лебеда — и таким путём впервые рассчитал расстояние от Солнца до другой звезды (около 4 световых лет).

Гильберт родился в 1862 году, а в 1890 году он доказал первые теоремы алгебраической теории инвариантов: о конечном базисе в любом кольце инвариантных многочленов, и т. д. В 1893 году Гильберт написал в Кёнигсберге свой знаменитый обзор «Теория Чисел»: после этого его пригласили в университет города Гёттинген, где он создал великую математическую школу.

5. *Говорят, что стареющий Л. И. Брежнев часто спрашивал своих секретарей: «А мы не забыли наградить полковника Штирлица?» Как вы думаете: правдиво ли это предание? Если да, то какие факты могли послужить его основой?*

Это предание правдиво: дряхлый Брежнев был в восторге от фильма «17 мгновений весны» и помнил историю награждения разведчика Р. Зорге по воле Н. С. Хрущёва. Тогда руководители ЦК КПСС посмотрели зарубежный фильм «Кто вы, доктор Зорге?» и восприняли его, как обычный боевик. Хрущёв сказал: «Вот бы наши киношники так работали!» Тут кто-то из бывших чекистов заметил: «А ведь в фильме почти всё — правда! Был такой Зорге, работал на нас и погиб в Японии!» Изумлённый Хрущёв, ничего не слышавший об этом при Сталине и Берии, тут же позвонил в КГБ и потребовал: «В течение суток представьте мне справку по делу Зорге!» Через неделю Рихард Зорге был посмертно награждён званием Героя Советского Союза.

6. *Когда-то в Европе рассказывали анекдот:*

— *Правда ли, будто наш папа — католик?*

— *Тише! Он у нас христианнейший!*

В чём юмор этой шутки? Когда и по какому поводу она могла быть сложена?

Эта шутка родилась во Франции в 1630-е годы — во время Тридцатилетней войны между католическими и протестантскими государями Европы. Лидером католического лагеря была Австрийская держава Габсбургов — давний противник католической Франции, где властвовал кардинал Ришелье. Поэтому Ришелье стал лидером протестантского лагеря — и навязал свою политику даже римскому папе, который целиком зависел от французских денег. Титул «Христианнейший» с 12 века принадлежал королю Франции: тогда король Луи 7 защитил папу Александра 3 от преследований императора Фридриха Барбароссы.

7. Вспомните, где и когда возникли следующие лозунги. Каков был их смысл?

AMDG

Это — сокращение латинских слов «К вящей славе Божьей» (Ad maiorem Dei gloriam; gloriam — слава). В середине 16 века они стали девизом ордена иезуитов, основанного Игнатием Лойолой.

INRI

Это — сокращение титула Христа: «Иисус из Назарета, царь Иудейский» (Iesus Nasarensis Rex Iudaeorum). Согласно Евангелию, эту издевательскую надпись сделали римские легионеры под ногами распятого Христа. Первые христиане сделали эту фразу своим лозунгом.

SPQR

Это — первые буквы латинских слов «Сенат и Народ Римский» (Senatus Populusque Romanus), с которых начинались все указы римских правителей в эпоху Республики и ранней Империи (до принятия христианства в 4 веке).

When Adam delved. . .

«Когда Адам пахал, а Ева пряла. . .» — это первые слова песни английских крестьян, поднявших восстание против знати в 1381 году. Военным вождём повстанцев был сержант Уот Тайлер, а главным пропагандистом и автором песни — священник Джон Болл.

Une foi, une loi, un roi!

«Одна вера, один закон, один король!» — эти слова избрал девизом своего правления кардинал Арман Жан дю Плесси де Ришелье — централизатор французского королевства в середине 17 века.

Kill the lords and spare the commons!

«Убивайте лордов, щадите простых людей!» — таков стал боевой клич лидеров партии Йорков на исходе гражданской войны Роз в Англии (1470-е годы). Видимо, первым его применил король Эдвард 4: он почув-

ствовал усталость простого народа от усобиц и решил принять на себя роль миротворца. В итоге Эдварду удалось положить конец гражданской войне.

8. *Карл Май, Виллард Шульц, Фенимор Купер, Генри Лонгфелло, Джек Лондон, Лизе Вельскопф-Хенрих, Майн Рид, Владимир Арсеньев, Григорий Федосеев, Райдер Хаггард, Олег Куваев.*

Все эти писатели создали яркие образы «благородных дикарей». Назовите имена этих героев (всех или некоторых по вашему выбору). Каким народам они принадлежали?

Немец Карл Май описал Виннету — вождя племени Апачей, обитавшего на южной границе США.

Американец Виллард Шульц долго прожил среди степных индейцев племени Черноногих (Кайна) и описал их героя по имени Одинокий Бизон.

Поэт Генри Лонгфелло создал образ индейского вождя Гайявата — но изменил его национальность, по сравнению с прототипом. Реальный Гайявата — один из основателей племенного союза Ирокезов — происходил из племени Сенека; Лонгфелло причислил его к племени Оджибве.

Джек Лондон создал образы индейского вождя Инбер из племени Белая Рыба (рассказ «Лига стариков»), а также гавайца Кулау-прокажённого и вождя Кохо — людоеда с Соломоновых островов.

Лизе Вельскопф-Хенрих написала книгу «Харка — сын вождя» об индейцах племени Оглала-Тетон из союза Дакота.

Самый яркий образ благородного дикаря в книгах Джона Майн Рида — вождь Оцеола из племени Семинолов, обитавшего во Флориде.

Англичанин Генри Райдер Хаггард долго прожил в Южной Африке и создал яркие образы воинов племени Зулу: Умслопогаса и Игнози.

Военный топограф Арсеньев вошёл в русскую литературу, как создатель первого образа «российского индейца» — Дерсу Узала из племени Нанайцев (Гольдов), лесных охотников Южного Приамурья. Эту традицию продолжили в России сперва геодезист Федосеев (описавший своего друга — эвенка по имени Улукиткан), а затем геолог Куваев: его герой — старый чукча Кьяэ.

9. *Чем прославились следующие японцы: Аракава Шизука, Кодайра Кунихико, Минамото Ёритомо, Тайра Киёмори, Танияма Ютака, Того Хэйхатиро, Тоётэми Хидэёси, Токугава Иэясу, Томонага Синъитиро, Уэмүра Наоми, Хокүсай Кацүсика, Юкава Хидэки, Ямамото Исороку?*

(Можно выбрать, про каких японцев написать и насколько подробно.)

Аракава Шизука — чемпионка мира по фигурному катанию в 2004 году (тренер Т. А. Тарасова).

Кодайра Кунихико — математик, первым из японцев получивший Филдсовскую премию Международного Математического Союза за работы по алгебраической геометрии в 1954 году.

Минамото Ёритомо — полководец и правитель Японии в конце 12 века, основатель династии сёгунов Минамото.

Тайра Киёмори — главный противник дома Минамото, диктатор Японии в 1160-е годы.

Танияма Ютака — молодой математик, в 1950-е годы выдвинувший гипотезу о том, что каждая эллиптическая кривая имеет модулярную резольвенту. В 1980-е годы выяснилось, что гипотеза Танияма указывает наилучший путь к доказательству Большой Теоремы Ферма. Эти исследования завершились в 1995 году — но Танияма погиб раньше, покончив с собой в приступе депрессии.

Того Хэйхатиро — адмирал, победитель российской эскадры при Цусиме в 1905 году.

Ямамото Исороку — адмирал, командующий военным флотом Японии во Второй Мировой войне. Он организовал разгром эскадры США в гавани Пирл-Харбор в 1941 году; в 1943 г. он погиб в воздушном бою.

Тоётоми Хидэёси и Токугава Иэясу — полководцы и правители (сегуны) Японии в конце 16 в., создатели централизованной империи.

Томонага Синъитиро и Юкава Хидэки — японские физики, лауреаты Нобелевской премии. Юкава получил её за гипотезу о мезонной модели ядерных сил (1935 год), а Томонага — за создание (вместе с Фейнманом и Швингером) квантовой электродинамики в 1949 году.

Хокусай Кацусика — великий японский художник 18 века, автор серии видов горы Фудзи.

Уэмура Наоми — великий японский альпинист, покоривший Эверест и в одиночку достигший Северного Полюса на собачьей упряжке. Он погиб на горе Мак-Кинли на Аляске.

10. *Попробуйте дать строгое определение понятию «империя». Проверьте: были ли в этом смысле империями Вавилон, Ассирия, Персия, Египет, а также государства Инков, Ацтеков, Чингис-хана и Тамерлана.*

Участникам предлагалось самостоятельно сформулировать определение понятия «империя», при этом оценивались его корректность, содержательность и правильность характеристики предложенных в задании примеров с точки зрения предложенного определения.

Для примера приведём фрагмент статьи из энциклопедии (БСЭ). ИМПЕРИЯ (от лат. *imperium* — власть, государство) 1) наименование монархических государств, главой которых является император. И. — чаще всего обширное государство, включившее в свой состав (нередко путём завоеваний) территории других народов и государств; . . . 2) Крупные государства, имеющие обширные колониальные владения. И. образует метрополия и её колонии. . .

11. Найдите исторические ошибки в тексте.

Для удобства текст приводится ещё раз. Фрагменты с историческими ошибками выделены курсивом; номера, которыми они отмечены, соответствуют номерам в последующем списке ошибок и комментариям.

Юстиниан

В первый день месяца Августа, в *лето 525 от Рождества Господа*¹ нашего благочестивейший Август, *Кесарь и Автократор ромеев*³ — *Флавий*² Валерий Юстиниан торжественно отметил двухвековой юбилей своей столицы — Второго Рима, нареченного Константинополем. *Сорокалетний*⁴ базилевс остро чувствует родство с великим городом на Босфоре: здесь он родился *в тот год*⁵, когда в Первом Риме угас его последний император — юный и невезучий Ромул Августул. Тогда нечестивые еретики-готы, отрицающие божественную природу Богоматери, *свергли последнего наследника династии Цезарей*⁶ и посадили на италийский трон самозванного рекса Теодориха.

Этот хитрый и воинственный невежа *объявил себя равносущим Кесарю Востока*⁸ — славному *Юстину Философу, деду Юстиниана*⁷. Тот не мог сразу послать в Италию карательное войско, ибо находился в состоянии войны с *царём Персии — Хосровом Парвизом*⁹. Славный сын *христоролюбивой Грузии*¹⁰ — воевода *Нарзес Багратид*¹¹ едва сдерживал *ежегодные набеги персов на Дамаск*¹², Антиохию, Иерусалим. Казна империи была пуста; не на что было *нанять алчных северных варваров — франков или вандалов, лангобардов или гуннов*¹³. Вся юность Юстиниана прошла в хроническом безденежье. Серебро и золото ушли вали на запад или на восток — в обмен на воинов или на шёлк, идущий на подарки тем же воинам. Как разорвать сей порочный круг?

Двадцать лет назад в уме Юстиниана блеснула, наконец, догадка. Нужно наладить в Византии производство своего шёлка! Известно, что его делают из нитей, которые прядут гусеницы тутовых бабочек — а тутовник одинаково растёт в Анатолии и в Синьцзяне. Но какие бабочки годятся для этого? Как добыть их — живьём, или в виде коконов? Как наладить производство пряжи и тканей? Всё это — давние

китайские секреты, их невозможно вызнать через степных кочевников или алчных купцов. Только единове́рцу *раскроют свои тайны шёлковые мастера*¹⁴ империи Тан!¹⁵

Значит, *нужно послать в Китай монахов*¹⁶ — проповедников Слова Божьего! Воплощение этого великого замысла потребовало многих лет тихого, незаметного труда упорных ромеев. Принцу Юстиниану пришлось возглавить имперскую разведку и освоить финансовое дело, *учась у сирийских купцов*¹⁷. Но теперь успех пришёл в Константинополь! Странники-монахи принесли внутри бамбуковых посохов драгоценные коконы и инструкции по разведению капризных бабочек. *Квестор Трибониан возглавил новую отрасль государственной экономики*¹⁸; теперь кесарь Юстиниан располагает шёлком, чтобы подкупать варваров Запада и Востока.

*Арабский воин Однат начал против персов партизанскую войну*¹⁹ — и новый царь Хосров Ануширван был вынужден заключить мир с Юстинианом. Вдобавок, в Иране восстали свои еретики — манихеи. Теперь восточная граница Второго Рима безопасна; пора возобновить *Реконкисту*²⁰ Запада!

*Крестник Юстиниана — молодой воевода Велизарий*²³ *готов вторгнуться в Италию*²⁵, где православные аборигены ненавидят еретиков-готов. *Римский папа Григорий*²¹ давно шлёт Юстиниану просьбы о помощи: сильно его утеснили варвары-*монофизиты*²²! Новокрещёный *вождь франков Хлодвиг*²⁴ готов привести бойцов из-за Альп, как только ромеи высадутся в Неаполе. Угнетённая варварами Италия ждёт своих освободителей! *Как только православные легионы освободят Рим*²⁵ — можно будет приступить к отвоеванию Карфагена у вандалов!

Итак, решено: сначала Юстиниан принимает наследие Ромула, потом — *наследие Сципиона Африканского*²⁶. Следующей целью будет *Испания — наследие славного Помпея*.²⁷ *Потом на очередь встанет Галлия — наследие великого Цезаря*²⁸. А дальше что? После Цезаря пришёл Траян — покоритель Дакии, разоритель Парфии. Дальше Траяна — за Евфрат, до Инда прошёл только Александр Македонский. Очевидно, Юстиниану придётся принять и это наследие — даже если вести войну придётся хоть сорок лет подряд! Благо, деньги в казне есть, и людей в империи хватает... *Третий Вселенский собор только что заявил о полной поддержке планов Христианнейшего Императора*²⁹. Если будет на то воля Христа Пантократора, *то имперские хоругви пройдут вдоль всего Шёлкового пути!*³⁰

Список ошибок и комментарии к тексту «Юстиниан».

1. В 525 году н. э. счёт лет в Византии шёл от рождения Александра Македонского — или от Основания Рима. Расчёт срока Рождества Христова был произведён в те годы римским монахом Дионисием Малым — но в обиход этот счёт лет вошёл гораздо позже.

2. Юстиниан родился в крестьянской семье на Балканах. Он не принимал фамилии Флавий или Валерий, не будучи в родстве с императорами раннего Рима.

3. Юстиниан 1 стал императором только в 527 году н. э. Его титулами были также: август, кесарь, базилевс, автократор.

4. В 527 году Юстиниану было около 35 лет.

5. Точный год смерти Ромула Августула не известен. Он был свергнут с престола и пострижен в монахи в 476 году.

6. Первая императорская династия Цезарей (где власть переходила не по родству, а по усыновлению) оборвалась в Риме со смертью Нерона — в 68 году.

7. Юстин Философ (христианский интеллигент 2 века) и император Юстин 1 (дядя — а не дед Юстиниана 1) — это два разных человека.

8. Теодорих Гот стал рексом Италии в 493 году — не самовольно, а по поручению тогдашнего императора Зенона. Он не был «невежей», ибо получил образование в Константинополе.

9. Хосров 2 Парвиз (из династии Сасанидов) был царём Персии в начале 7 века. В эпоху Юстиниана Персией правил Хосров 1 Ануширван (530–579).

10. В 6 веке Грузия ещё не была христианской страной и могла называться только Картли — или Сакартвело. Русское слово «Грузия» произошло от персидского слова «Гюрджистан» («страна Георгиев») не раньше 12 века.

11. Армяно-грузинская династия Багратидов возникла только в 9 веке. Нарзес — имя персидское; христианин не стал бы его носить.

12. Интенсивные войны между Персией и Византией начались после 530 года — когда в Иране была подавлена революция коммунистов-маздакитов.

13. Франки, вандалы, лангобарды и гунны — все эти варвары никогда не были наёмниками Рима или Византии. Гунны как народ исчезли после 463 года.

14. Производство шёлка в Византии началось в конце правления Юстиниана 1. Его технология действительно была похищена из Китая — но подробности этой операции не известны.

15. Династия Тан правила в 618–907 годах. В начале правления Юстиниана Северным Китаем правила варварская династия Тоба Вэй, а Южным Китаем — национальная династия Лян.

16. Правители Византии никогда не посылали в Китай монахов-миссионеров. Но беглые еретики (несториане) в 5 веке проникли из Византии в Иран, затем их последователи — в Великую Степь, а в 7 веке добрались и до Китая.

17. Юстиниану нечему было учиться у сирийских купцов: греки были столь же опытными торговцами.

18. Квестор Трибониан был не экономистом, а главным юристом Юстиниана: он составил Свод Законов Римской Империи.

19. Однат — полководец 3 века н. э. Именно тогда (при царе Шапуре 1) в Иране было восстание еретиков — последователей пророка Мани.

20. Слово Реконкиста («отвоевание») вошло в обиход в Испании в 9 веке. Греки и византийцы его никогда не использовали.

21. Григорий 1 стал римским папой только в 590 году.

22. Варвары, хозяйничавшие в Италии — готы — были не монофизитами, а арианами.

23. Велизарий был старше Юстиниана и не был его крёстным.

24. Хлодвиг умер в 511 году — задолго до прихода Юстиниана к власти. Он не был союзником ромеев — византийцев.

25. Войско Велизария сначала захватило Карфаген, сокрушило вандалов — и лишь после этого переправилось в Италию, где застряло на многие годы в борьбе с готами и италиками.

26. Оба Сципиона Африканских (победитель Ганнибала и разрушитель Карфагена) не оставили никакого территориального наследия: они умерли в почётной отставке.

27. Помпей действительно отвоевал Испанию у Сертория; но все его владения перешли к Цезарю после битв при Фарсале и при Мунде.

28. Галлия, захваченная франками при Хлодвиге, никогда не возвращалась под власть Империи: она стала Францией.

29. Третий Вселенский Собор происходил в 5 веке: на нём верх

одержали еретики. При Юстиниане происходил 5 Вселенский собор, послушный воле базилиевса.

30. Юстиниан не надеялся подчинить себе весь Шёлковый Путь. Даже многократные попытки подчинить Иран не удались византийским императорам.

12. *Найдите исторические ошибки в тексте.*

Для удобства текст приводится ещё раз. Фрагменты с историческими ошибками выделены курсивом; номера, которыми они отмечены, соответствуют номерам в последующем списке ошибок и комментариях.

Смутное Время

«Когда-то Кузьма огороды копал — а нынче Кузьма в воеводы попал!» Эта насмешливая песенка московских скоморохов не уязвляет душу предводителя *рязанских дворян*¹. Да, он — *плебей*², и не чувствует себя *на своём месте во главе Московского царства*⁴. Но где они — более достойные лидеры русского народа в пору великих бедствий? *Достоинейшим человеком был первый Самозванец*³ — упокой, Господи, его душу, ибо *Ты один ведаешь его истинное имя!*⁵ Он честно заявил боярам: *«Тень Грозного меня усыновила!»*⁶ — и бояре без споров признали право дерзкого юноши на высшую власть⁷. Но зачем добру молодцу жениться на полячке, уже будучи московским царём?⁸ *Земский собор не признал странный брак Дмитрия*⁹ — и московский люд восстал против оккупантов-поляков¹¹. *Самоуверенный царь погиб от случайной стрелы*¹⁰; царство вновь осталось без хозяина.

Тогда мятежная чернь перенесла свои надежды на другого юношу — *Николая*¹² Скопина Шуйского, *славного подвигами в борьбе против шведов*¹³. Быть бы ему добрым царём на Москве, вслед за *его пращуром — Дмитрием Донским*¹²! Но моровая язва унесла князя¹⁴ Николая в звёздный час, *когда он одолел гетмана Жолкевского*¹⁵ *под стенами Сергеевой обители*¹⁶, вызволил патриарха Гермогена из многомесячного осажденного сидения. Сам патриарх соборовал умирающего победителя — и заразился от него, и умер неделю спустя¹⁷!

Тут у московской власти объявилось множество наследников. *Старый князь Василий Шуйский пожелал стать царём — как дядя героя Николая*¹⁸. *Битый воевода Жолкевский предложил москвичам королевича Станислава — благо, тот не замешан в смутах и готов принять православие, если того пожелает Земский собор Руси*¹⁹. Наконец, *казачий атаман Заруцкий предложил*²² *избрать новым патриархом*²¹ *новгородского епископа Филарета — верного соратника послед-*

него законного царя Руси, Бориса Годунова²⁰. Как навести порядок в этом разброде мнений?

Тут сгодилась простая душа рязанского дворянина Кузьмы Минина и тугие кошельки его друзей — купцов Ляпуновых. *Братья Семён и Матвей*^{23,25} уговорили *купеческую гильдию Рязани*²⁴ обратить церковную десятину на военные нужды и назначить отца *Филарета*²⁵ казначеем — до тех пор, пока Земский собор не выберет законного царя. Зачем отдавать венец чужому королевичу, пока в Москве хватает природных князей — Рюриковичей²⁶?

Можно возвысить самого младшего из них — *Михаила Ивановича Романова Шуйского*²⁶, внучатого племянника Ивана Грозного. И чтобы впредь не возникало сомнений в законности царского избрания — нужно включить закон о престолонаследии в *новое Соборное Уложение, сиречь Конституцию Руси*²⁷! Пусть *Земский собор мирян и Стоглавый собор иерархов совместно изберут*²⁸ царя и патриарха; пусть чёрный люд Москвы утвердит их выбор *на вече*²⁹, как издавна принято на Руси Святой! Глас народа — глас Божий есть!

Эту истину россиянам приходится вновь и вновь доказывать своим соседям. Кузьма Петрович *Минин*³⁰ доказал её польским кирасирам на Девичьем поле — в виду *белых стен Кремля*³¹ и *колокольни Иоанна Златоуста*³². Польские удалцы сражались храбро — но жребий Божий выпал не в их пользу. *Безвестный дворянин из Рязани одолел коронного гетмана Жолкевского*¹⁵; а теперь скоморохи потешаются над спасителем Москвы. Бог им судья! *Пора Кузьме Петровичу уйти в монастырь*³³, не участвуя в распрях победителей. Когда воззвал России глас: «Приди, спаси!» — он встал и спас. Теперь можно отойти в тень: пусть этим шагом скромного героя завершится смутное лето 7320-е³⁴ от Сотворения Божьего Мира!

Список ошибок и комментарии к тексту «Смутное Время».

1. Кузьма Минин был не дворянин, а купец; не из Рязани, а из Нижнего Новгорода.

2. Латинское слово «плебей» не употреблялось в России до 18 века.

3. Первый Самозванец был проклят русской церковью после его гибели; поэтому его мало кто посмел бы назвать достойным человеком.

4. Кузьма Минин никогда не стоял во главе Московского Царства. После изгнания поляков он не занимал важных политических постов.

5. Истинное имя первого Самозванца считалось известным: якобы, это был Григорий Отрепьев.

6. Первый Самозванец никогда не изрекал пушкинские слова о «тени Грозного»: он называл себя истинным сыном Грозного царя, спасённым высшей силой от убийц.

7. Бояре с большим сомнением признали первого Самозванца царём: главным доводом послужили его военные успехи против войск Бориса Годунова.

8. Первый Самозванец женился на Марине Мнишек ещё до своего вторжения в Россию.

9. Земский собор не рассматривал брак «царевича Дмитрия», а лишь утвердил его царём Руси. Позднее Дмитрий 1 именовал себя также императором Руси.

10. Первый Самозванец погиб в 1606 году не от случайной стрелы, а от сабель заговорщиков — бояр. Потом над его трупом надругалась толпа.

11. Москвичи восстали против поляков только в 1610 году — когда те стали бесчинствовать в Москве, где не было законного царя.

12. Воеводу Скопина-Шуйского звали не Николай, а Михаил. Он не был потомком Дмитрия Донского (потомка Александра Невского): род князей Шуйских восходит к Андрею Суздальскому — брату Александра Невского.

13. Скопин-Шуйский воевал в союзе со шведами, против поляков и иных бандитов.

14. Скопин-Шуйский умер после пира — видимо, от отравы. Молва обвиняла в этом его дальнего родича — царя Василия Шуйского (правил 1606–1610 годах).

15. Польский гетман Станислав Жолкевский никогда не сражался с русскими войсками. Он пришёл на Русь мирно — как посланец короля Сигизмунда и его сына — королевича Владислава. Когда стало ясно, что Владислав не приедет — Жолкевский вернулся в Польшу, не желая быть клятвопреступником.

16. Под стенами Сергиева монастыря Скопин-Шуйский разбил разбойничье войско из поляков и казаков, во главе с Сапегой и Лисовским.

17. Патриарх Гермоген умер (1611 год) не от заразы, а от голода или жажды — в Москве, в плену у поляков, которых он проклял за обман с королевичем Владиславом.

18. Василий Шуйский стал царём, как лидер заговора бояр против первого Самозванца. Позднее его свергли лидеры 1 Земского ополче-

ния — дворяне, братья Ляпуновы (1610 год). Вскоре поляки увезли бывшего царя в Польшу, как заложника. Он умер в плену в 1612 году.

19. Королевич Владислав (по происхождению — швед и лютеранин), вероятно, принял бы православие, оказавшись в Москве — в роли царя Руси. Именно поэтому польская знать не отпустила «своего» королевича в Москву.

20. Церковник Филарет (бывший боярин Фёдор Романов) служил епископом не в Новгороде, а в Ростове — после того, как первый Самозванец вернул его из ссылки, куда его отправил его враг — Борис Годунов (в 1600 году).

21. Филарет был назначен (а не избран) патриархом в лагере второго Самозванца — когда тот осаждал Москву, где правил Василий Шуйский.

22. Атаман Заруцкий был противником любой законной власти в Москве. Он предлагал в цари сына Марины Мнишек и первого Самозванца. Позднее Заруцкий и его кандидат были казнены (1615).

23. Братьев Ляпуновых — рязанских дворян, организаторов 1 ополчения — звали Прокопий и Захар.

24. Купеческие «гильдии» появились в России только при Петре 1.

25. Второе ополчение было собрано Кузьмой Мининым и князем Дмитрием Пожарским в 1612 году — после распада 1 ополчения и гибели Прокопия Ляпунова. В это время «нелегальный» патриарх Филарет уже находился в плену в Польше.

26. Князей Рюриковичей на Руси тогда было очень много — хотя бы Дмитрий Пожарский. Но все они были лишь в дальнем родстве с московской ветвью Рюриковичей — Даниловичей. В итоге Земский Собор 1613 года избрал царём юного боярина Михаила Фёдоровича Романова — племянника первой жены Ивана Грозного. Он не был родичем Шуйских.

27. Соборное Уложение (первый вариант Конституции) появилось в России в 1649 году. Слово «Конституция» вошло в русский обиход только при Петре 1.

28. Каждое избрание нового царя Руси утверждалось очередным Земским Собором, в который входили и церковники, и виднейшие миряне (включая делегатов от купцов и, иногда, даже от зажиточных «царских» крестьян). Такие соборы заседали в Москве в 1598, 1605, 1606, 1610, 1613 и 1618 годах.

29. Вече в Москве не собиралось с 14 века. Но в эпоху Смуты традиция вече воскресла: в Рязани (1611) и Нижнем Новгороде (1612) именно вече созывало Земское Ополчение.

30. Минин — не фамилия, а, вероятно, отчество купца Кузьмы. Захарьев-Сухорук — это, вероятно, имя и прозвище его деда. Большинство русских купцов и прочих мещан тогда не имело фамилий.

31. Стены Московского Кремля в начале 17 века уже были красные — кирпичные.

32. В Кремле нет колокольни Иоанна Златоуста: есть колокольня Ивана Великого (при церкви Иоанна Лествичника, разрушенной в 1930 году).

33. Кузьма Минин не уходил в монастырь: он умер в 1616 году, окружённый общим уважением.

34. Лето 7320-е от Сотворения Мира — это 1812 год.

Аналитический обзор

Нынешний конкурс удался на славу: 163 лауреата по Москве (и окрестностям), 34 и 32 из Самары и Оренбурга, 16 питерян, по одному — из Иваново и Волгодонска. Главным источником успехов стали, конечно, ошибки в тексте про Смутное время вообще и про Кузьму Минина в частности. Как не заметить, что он **не** был ни дворянином, ни рязанцем, ни главою русского государства по завершении Смуты! Также легко вспомнить или угадать, что храбрый купец Кузьма **не** становился мишенью злоязычных скоморохов, не уходил в монастырь — зато он (а не церковник Филарет!) был казначеем Второго Земского ополчения и его вторым воеводой — после князя Дмитрия Пожарского, вовсе не упомянутого в тексте. А вот был ли славный Кузьма Петровичем? Тут споткнулись многие лихие ломоносовцы. Ведь обычные русские купцы в начале 17 века не имели устоявшихся фамилий! Их заменяли отчества и «дедства». Так и с Кузьмой Мининым: Мина — видимо, имя его отца, Захарий — имя деда, а Сухорук — дедовское прозвище, перешедшее на внука. . .

Так собирали необходимые очки многие участники Турнира Ломоносова. А как они их теряли? Очень просто: например, заявив, что князей Рюриковичей в России не осталось после смерти Ивана Грозного — либо его сына Фёдора Иоанновича. А откуда же взялись князья Шуйские или славный князь Дмитрий Пожарский? Они — тоже Рюриковичи, но из других ветвей, в дальнем родстве с московскими Даниловичами

(потомками Александра Невского). Например, Шуйские — это потомки суздальских князей, их род шёл от Андрея — младшего брата Невского. Оттого Василий Шуйский был избран царём после свержения первого Самозванца. Избирали его, конечно, бояре и церковники — но чёрный люд Москвы вполне мог нарушить боярские планы путём вооруженного мятежа и вечевой демократии. По **закону** веча тогда давно уже не было — зато была Революция, не уступавшая Смуте 1917 года и превосходившая Смуту 1991 года.

Вспомним, что именно **вече** в Нижнем Новгороде решило собрать Земское ополчение на выручку захваченной поляками Москве — и вручило временную власть Кузьме Минину. Точно так же в октябре 1917 года петроградское вече (сиречь, Съезд Советов рабочих и солдат) вручило власть Владимиру Ульянову, а московское вече в августе 1991 года — Борису Ельцину. Последствия этих дел оказались разные — но так уж положено в революционных ситуациях!

Перейдём к более мирным задачам - например, о том, где и когда «аборигены съели Кука». Большинство ломоносовцев буквально поверили песне Высоцкого — и поместили гибель Кука в «полуденной Австралии», хотя сам Высоцкий подобного не утверждал! Между изучением Австралии и гибелью Кука на Гавайских островах (1779 год) прошло десять лет. Поэт Высоцкий через них легко перескочил: ему можно, он не боролся за приз на турнире Ломоносова!

Совсем страшной на вид была задача 2 — о долго живших правителях. Где только их не искали: от Древнего Египта (Рамзес 2 — 67 лет) до Англии (Виктория — 64 года). Но увы: вокруг этих старцев сгрудились краткосрочные правители! Иное дело — Франция, где 72 года правления Луи 14 окаймлены 33 годами правления его отца Луи 13 и 59 годами правления его **правнука** — Луи 15. Все трое подряд правили 164 года. . . Вы, нынешние — нутка!

А ещё был один египтянин — Пепи 2 из 6 династии фараонов (около 2300 года до н. э.), который один правил более 90 лет. Вместе с его отцом — Меренра Немтьемсефом — тоже набирается более сотни лет. В этой задаче наибольшую эрудицию проявил наш регулярный лауреат — Дима Тяпин из 610 гимназии Петербурга. Он же набрал наибольшее число очков в задаче о Юстиниане — 26 баллов (из примерно 40 возможных).

Кстати: две ровесницы и землячки Димы Тяпина (гуманитарка Майя Шляхтер и математик Карина Буянова из 30 школы) чуть было не утёрли нос всем москвичам, набрав в задаче о Смутном времени по 38 баллов. Репутацию Москвы и ближнего Подмосковья спасли

два удальца: опытный математик Олег Русаковский из Раменского (11 класс) и юный ветеран Дима Федюшко из 8 класса школы 1018. Они тоже попали в «олимпийский» интервал 35–40 баллов. Спасибо им и всем тем, кто с ними успешно конкурировал!

В задаче о современниках Пифагора ломоносовцы продемонстрировали массовую безграмотность, граничащую с безумием. Они решили, что **все** греческие математики были современниками! Раз попался Пифагор — значит, с ним рядом должны стоять Фалес и Евклид, Архимед и Аристотель. . . Насчёт Фалеса — верно, но всё остальное — грубое заблуждение. Ведь мало кто, будучи в здравом уме, назовёт современниками Ньютона, Эйлера, Лобачевского и Колмогорова! Тут века разные! А с греками такое самоуправство, вроде бы, дозволено. . .

Спасибо здравомыслящей Светлане Шипкиной из гуманитарного класса известной математической школы № 57! Она сохранила трезвость и рассудила просто: Пифагор — это же 6 век до н. э.! Кто тогда был в Афинах? Ясно, кто: либо реформатор Солон и тиран Писистрат, либо тот же Писистрат и демократ Клисфен! А в Риме кто? Тоже ясно: последние цари (Сервий Туллий, Тарквиний Гордый) и первые республиканцы: Брут Старший и его друг Валерий Попликола. А ещё в 6 веке расцвела Персидская империя! Вот три её первых царя: Кир, Камбиз и Дарий. А ещё тогда в Китае жил великий учитель Конфуций — и, быть может, его коллега Лао-цзы. . .

Кого Света упустила в этом перечне? Только Будду в Индии — он был моложе Конфуция всего на десяток лет! Так побеждают и так заблуждаются гуманитарные ветераны. . .

А где может прославиться гуманитарный новобранец — если он не эрудит по части Кузьмы Минина или Юстиниана? Например, в задаче № 8 — о благородных дикарях. Тут достаточно смекалки и небольшой начитанности. Например, Кристина Войтинская из 7 класса школы № 82 (город Черноголовка). Она вспомнила ирокеза Гайявату и могикана Чингачгука, гольда Дерсу Узала и Отомию — дочь царя ацтеков Монтесумы. Неплохо — в 13 лет! Значит, знакомство с апачем Виннету и «черноногим» Одиноким Бизоном, с зулусами Амбопа и Гагулой, с мудрыми эвенками Улукитканом и Лангарой, с индейцем Инбером из племени Белорыбица — всё это у Кристины ещё впереди. Можно только позавидовать!

Чему **нельзя** позавидовать — так это полному забвению нынешними школьниками покойного геолога и писателя Олега Куваева — автора замечательной «Территории» с мудрым чукчей Кьяэ. Этот автор вдохновил многих будущих геологов — но теперь его заслонила тетка и одно-

фамилец, придумавший «Масяню» для телеэкрана. Только в Оренбурге нашлись школяры, помнящие первого Олега Куваева. Спасибо неистощимой российской провинции! Интересно: кого из достойных людей России помнят лишь в Моршанске и Урюпинске?

Это пока не известно. Ясно другое: имя великого физика Хидэки Юкава знают лишь в Самаре! Все прочие решатели задачи № 9 знакомы либо только с адмиралами 20 века (Того и Ямамото), либо только с полководцами и правителями средневековой Японии (Минамото, Токугава, Тоётоми). В редких случаях школьницы узнавали свою ровесницу — фигуристку Аракава, нынешнюю чемпионку мира. Ещё кто-то вспомнил художника Хокусая; но математиков Кодайра и Танияма не узнал никто! Зато сколько в этом перечне было «опознано» поэтов и писателей, которых там вовсе не было. . .

Очень интересная ситуация сложилась в «кёнигсбергской» задаче № 4. Многие школяры вспомнили Иммануила Канта, который прожил там всю жизнь. Но что он успел сделать в науке, прежде чем погрузился в философию? Что-то связанное с происхождением Галактики — или Солнечной системы? Трудно это вспомнить. . . Зато легко вспомнить «задачу о кёнигсбергских мостах», решённую Эйлером в Петербурге! Эта хитрость школяров не была предусмотрена составителями задачи — но оценивалась нами положительно. Жаль, конечно, что никто не вспомнил открытия Бесселя и Гильберта — но на нет и суда нет!

Очень трудной оказалась последняя задача № 10. Тут мало было дать корректное определение империи: нужно было **проверить** его на предложенных примерах из Древнего мира. Оттого удачных решений было меньше двух десятков. Понятно, что лучшие из них принадлежат старшекласникам — гуманитариям. Тут отличились ветераны школы № 57: Юра Барсуков, Артём Максов, Ира Седых. Но с задачей № 6 — о «христианнейшем» папе — не справились даже они! Лишь один самородок из Оренбурга сообразил, что сей титул принадлежит либо королю Франции, либо германскому императору. По какому праву он перенесен на папу римского — это выше понимания нынешних простодушных школьников. А ведь д'Артаньян этот анекдот знал! И Александр Дюма — тоже! Жаль, что их никто вовремя не привлёк к Турниру Ломоносова! Или ещё не поздно это сделать? Поживём — увидим.

Конкурс по астрономии и наукам о Земле

Вопросы

Отвечайте на **любые** из предложенных вопросов, которые Вам интересны. Достаточно дать правильные ответы на 4 вопроса. Больше — можно. При подведении итогов будут учтены количество правильных ответов, их полнота и Ваш класс (возраст).

1. Почему циклоны идут с запада, а тайфуны — с востока?
2. Почему цвета разные, а цветы — разноцветные? А на других планетах цвета будут такие же или другие?
3. Некто ложится спать около дальней стены комнаты, окно которой смотрит точно на восток, и просыпается, когда солнце утром начинает светить ему в глаза. Всегда ли он будет просыпаться в одно и то же время? Справедливо ли это для любого города?
4. Где химические реакции **не** происходят?
5. Архимед: «Дайте мне точку опоры, и я сдвину Землю». Сколько времени потребуется Архимеду, чтобы заметно сдвинуть земной шар? Кто впервые «сдвинул» Землю? Кто впервые Землю измерил? Кто впервые Землю взвесил? Кто впервые Землю «обошёл»? Кто впервые Землю облетел? Кто впервые на Землю взглянул «со стороны»? (примечание: знание конкретных имен желательно, но не обязательно; ответ можно давать также и на вопросы «когда?» или «каким образом?»).
6. Почему Гораций и Овидий называли Луну «трёхликое светило»? Почему у римлян Луна получила прозвище Luna Fallax («обманщица»? Какой символ для молодой луны применяли древние египтяне?
7. Расставьте следующие понятия в логическую причинно-следственную зависимость: 7 дней каждой фазы Луны, 7 звёзд в Ковше Большой Медведицы, 7 видимых планет, 7 дней творения мира, 7 основных металлов, 7 цветов радуги, 7 небесных сфер. Когда возникла 7 дневная неделя? Правда ли, что Юлий Цезарь ввёл новый календарь (юлианский) для того, чтобы религиозные праздники приходились на определённые дни недели (желательно на субботу или воскресенье)?
8. Как можно узнать расстояния до планет, звезд и галактик? Кто это сделал впервые? Кто наиболее широко «раздвинул» нашу Вселенную?
9. В Санкт-Петербурге ровно в 12 часов дня со стен Петропавловской крепости раздаётся выстрел из пушки. Теперь это всего лишь дань тра-

диции, сохраняющейся с давнего времени (аналогичные выстрелы традиционно выполняются и в некоторых других городах России). А зачем в свое время понадобилось это вводить? Где ещё существуют подобные мероприятия? Как осуществлялось установление времени в городских и сельских поселениях в древности? На каких физических принципах основывалось действие часов в древности?

10. После Афин–2004 очередную Олимпиаду решили провести на Луне (бег, прыжки, метание, плавание, и т. д.). Какие лунные рекорды превзойдут аналогичные земные достижения и на сколько? В каких видах спорта прогресса не ждать? А как Вы отнесётесь к идее провести на Луне чемпионат мира по футболу?

Ответы и комментарии к вопросам конкурса по астрономии и наукам о Земле

Вопрос № 1. *Почему циклоны идут с запада, а тайфуны — с востока?*

Ответ. Это определяется сложной структурой движения воздушных масс на земном шаре в целом: в экваториальной зоне происходит перенос воздушных масс пассатами с востока на запад; а в средних широтах — западный перенос воздушных масс.

Комментарий. Для начала рассмотрим вертикальную стратификацию воздуха на нашей планете. Поскольку атмосфера находится в поле силы тяжести, то естественно, что давление в атмосфере по мере опускания вниз возрастает, равно как и плотность атмосферы. Кроме этого, в нижних слоях атмосферы выше и температура воздуха. Зависимость температуры от высоты в атмосфере связана с процессами адиабатического охлаждения. Если мы возьмём какой-нибудь объём воздуха и начнём его поднимать (в силу тех или иных причин) вверх, то за счёт падения давления этот объём воздуха начнёт расширяться. В терминах теплофизики он будет совершать положительную работу. А поскольку воздух при этом не обменивается энергией с окружающей средой, то, в соответствии с законом адиабаты, он будет охлаждаться. Когда наша атмосфера спокойна, такие подъёмы и опускания отдельных объёмов воздуха уравниваются, и наша атмосфера стратифицирована (т. е. разделена на слои по высоте): более тёплая внизу, более холодная сверху; и это равновесие сохраняется с течением времени.

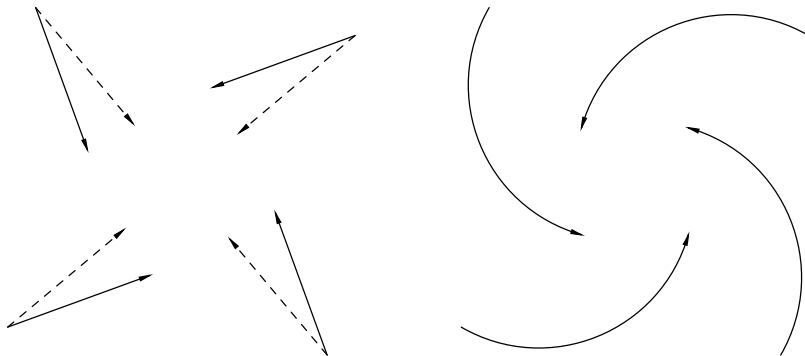
Между тем, в воздухе может возникнуть и неравновесная ситуация. Это бывает в том случае, когда по тем или иным причинам организу-

ется дополнительный нагрев атмосферы снизу. Естественно, что самым обычным для нашей планеты в экваториальной зоне механизмом такого нагрева являются отвесные лучи Солнца, которые днём сильно нагревают поверхность океана. Солнечное излучение практически свободно проходит сквозь атмосферу, которая прозрачна, и почти полностью поглощается в поверхностном слое воды (за вычетом энергии отражённого света). Тёплая вода, в свою очередь, нагревает нижний слой атмосферы. Возникает неравновесная ситуация, и над поверхностью океана начинают образовываться восходящие воздушные потоки. Как только какой-либо объём воздуха, довольно сильно нагретый снизу, начинает в такой неравновесной ситуации своё движение вверх, в этом процессе возникает положительная обратная связь. Подъём тёплого воздуха вверх означает освобождение части объёма внизу, соответственно, холодный и более плотный воздух может опуститься вниз, заняв его место, и таким образом высвобождается потенциальная энергия за счёт обмена разных объёмов воздуха. Если мы посмотрим на это движение воздуха в вертикальном разрезе, то увидим, что при этом возникает т. н. конвективная ячейка. Вырастать эти конвективные ячейки могут до 10–12 км, а их горизонтальные размеры могут достигать нескольких сотен километров в поперечнике.

В центре такой конвективной ячейки идёт мощный подъём воздушных масс вверх; соответственно, в центре её у поверхности океана образуется зона пониженного давления. В эту зону, откуда воздух ушёл вверх, устремляются со всех сторон близлежащие нижние слои воздуха от периферии к центру. Этот тёплый воздух над поверхностью нагретого океана, обильный водяным паром, поднимаясь вверх, адиабатически охлаждается. И, как только охлаждение этого объёма воздуха переходит точку росы, содержащийся в нём водяной пар конденсируется из газообразного состояния в жидкое. Происходит образование капелек воды, соответственно, развивается мощная облачность; и из этих облаков начинают идти обильные осадки в виде дождя (тропические ливни). Таким образом, развивающаяся за счёт достаточно сильного подогрева воздуха снизу конвективная ячейка, во-первых, в центре своём организует выпадение большого количества осадков, и, во-вторых, собирает окрестный воздух в приземном слое со всех сторон с периферии в центр.

Теперь давайте вспомним о том, что всё это происходит на вращающейся планете Земля. Вращение планеты для нашей темы имеет самое существенное значение, поскольку с точки зрения механики вращающаяся Земля является неинерциальной системой отсчёта. В известном смысле она подобна вращающейся карусели. В неинерциальных враща-

ющихся системах отсчёта действует специфическая инерционная сила, которая получила название силы Кориолиса. Действие её состоит в том, что любое тело, которое в такой системе отсчёта движется, будет испытывать отклонение вправо от направления своего вектора скорости (в северном полушарии). Соответственно, любой предмет или любое тело, которое у нас в северном полушарии движется, за счёт вращения Земли будет отклоняться вправо. Поэтому те воздушные массы, которые движутся с краёв конвективной ячейки вдоль поверхности Земли, точно также силой Кориолиса будут отклоняться вправо. А соответственно, устремляясь к центру, они не попадут в него, а «промажут» мимо центра, оказавшись чуть правее (см. рис. 1.1.).



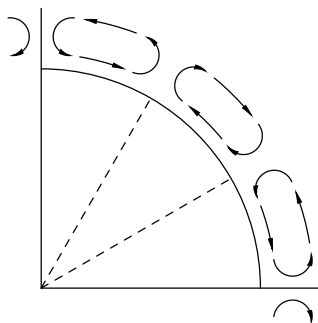
Естественно, что, поскольку в центре конвективной ячейки давление ниже (это — область низкого давления), движение воздушных масс продолжится: они опять будут стремиться к центру, но, поскольку он остался от них по левую сторону, они всё время будут поворачивать влево. Таким образом возникает левозакрученная спиральная структура, которая и называется циклоном. Слово «циклон» происходит от греческого слова *κυκλος* или «*cyclus*» (лат.), то есть «движение по кругу», «цикл». (Исторически это название стало применяться лишь с 20 века, когда метеорологами была надёжно установлена спиральная структура циклонов, в т. ч. на снимках с космических аппаратов. Ранее их называли штормами или бурей).

Действие силы Кориолиса на движение воздушных масс имеет две особенности. Во-первых, как было отмечено выше, в северном полушарии циклоны получаются левозакрученные, а в южном — наоборот, правозакрученные (это зависит от проекции вектора скорости движения на ось вращения Земли). И второе — величина силы Кориолиса зависит от географической широты, на которой происходит движение

воздуха, как функция $\sin \varphi$; на экваторе она равна 0, на полюсе — максимальна.

Теперь зададимся вопросом: в какую же сторону света такой циклон будет двигаться по поверхности Земли? Будет ли он двигаться на Восток, или, наоборот, на Запад?

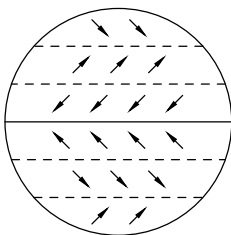
Для того, чтобы ответить на этот вопрос, нам нужно обратить своё внимание на так называемую глобальную циркуляцию воздушных масс на планете Земля. Если мы посмотрим (мысленно) на нашу планету в вертикальном разрезе, то заметим, что наша атмосфера подвержена нескольким циркуляционным движениям (рис. 1.3.).



Во-первых, естественно, в тропической зоне атмосфера сильно нагревается отвесными лучами Солнца; и поэтому в тропической зоне планеты происходит подъём воздушных масс. Охлаждение поднимающегося воздуха служит причиной того, что тропическая зона Земли является зоной обильных осадков, и, как следствие, в районе экватора на всех континентах нашей планеты растут влажные тропические джунгли. Естественно, что если в какой-то одной части земного шара воздух поднимается вверх, то в какой-то другой его части он должен опускаться вниз. Почти очевидно, что такой зоной будут полярные области. Действительно, около полюсов Земли воздушные массы из верхних слоёв атмосферы опускаются вниз, — это антициклональная зона или зона повышенного давления. Наиболее ярко этот антициклон выражен на юге благодаря тому, что южный полюс нашей планеты занимает большой материк, покрытый ледовым куполом, — Антарктида. Но устройство глобальной циркуляции нашей атмосферы не так просто — она распадается на три циркуляционные ячейки по широте. Подъём воздуха кроме тропической зоны осуществляется ещё и в зоне средних широт; а его опускание вниз помимо полярных областей происходит также на уровне тропиков. Поскольку воздух, опускающийся

из верхних областей атмосферы вниз, уже не содержит водяного пара (он выпал дождём при подъёме), в районах тропиков у нас находятся области пустынь. Таким образом, вся атмосфера нашего земного шара разбита на три глобальные циркуляционные ячейки (рис. 1.3.). Одна из них — от экватора до тропиков, и вдоль поверхности Земли воздух от тропиков перемещается к экватору. Вторая ячейка расположена от тропиков до средних широт; воздух опускается в районе тропиков, а потом вдоль поверхности Земли он движется на север к средним широтам, и у средних широт вновь поднимается вверх. Опять-таки за счёт этого в средних широтах образуется вторая зона осадков и увлажнения. И, наконец, третья ячейка, — полярная — это подъём воздуха в средних широтах, опускание его в полярной зоне и движение вдоль поверхности от полюса к средним широтам.

Нужно подчеркнуть, что эти циркуляционные зоны являются поясами, охватывающими всю нашу планету. Таким образом, те воздушные массы, которые движутся вдоль поверхности Земли, например, от Тропиков к Экватору, будут двигаться первоначально с Севера на Юг. Но за счёт действия силы Кориолиса они будут постоянно испытывать отклонение вправо, и в результате они будут двигаться не просто с Севера на Юг, а ещё и на Запад (рис. 1.2).



И поэтому в экваториальной зоне земного шара (в зоне от Тропиков до Экватора) господствуют ветра, которые называются пассатами, — они дуют с Востока на Запад, и в экваториальной зоне происходит перенос воздушных масс в западном направлении. Соответственно, те циклоны, которые возникли в тропической зоне, точно также начинают двигаться с Востока на Запад. Во второй циркуляционной ячейке, между Тропиками и средними широтами, воздушные массы вдоль поверхности Земли первоначально могли бы двигаться с Юга на Север. Но опять-таки, под действием силы Кориолиса они будут отклоняться вправо, и начнут двигаться на Северо-восток или на восток. Поэтому в средних широтах обоих полушарий у нас господствует «западный» перенос воздушных масс. И те циклоны, которые возникли в этой сред-

ней зоне, движутся с Запада на Восток, подчиняясь общему движению западных ветров.

Тропические циклоны являются гораздо более мощными по количеству содержащейся в них энергии; они сопровождаются гораздо более сильными ветрами, и приносят на побережья материков гораздо более сильные разрушения. Поскольку они приходят с восточного направления, то действию тропических циклонов подвергаются в основном восточные берега материков. В частности, по-китайски «тай фын» означает «сильный ветер» — тайфун. На восточный берег Азии накатываются тропические циклоны, которые родились под действием солнца на просторах Тихого океана. За счёт развития их спиральной структуры, которая является очень устойчивой, и за счёт перемещения циклонов постоянно на новые территории в направлении на запад, высвобождаются всё новые и новые порции потенциальной энергии, запасённые тёплым воздухом океана, и поэтому циклоны, движущиеся по протяженным траекториям над тропическими океанами, обладают очень мощной разрушительной энергией. В Атлантическом океане также возникают тропические циклоны, которые в этом районе земного шара носят название ураганов. Они также движутся с Востока на Запад и приходят на Восточное побережье Американского континента. Как правило, мы узнаём об ураганах, которые обрушиваются на побережье Кубы, Флориды и другие районы побережья Америки.

В средней части Атлантического океана господствует тёплое течение Гольфстрим. И поэтому в средних широтах именно Гольфстрим является тем источником тепла, который подогревает воздух снизу сверх нормальных значений температуры, и образует в средних широтах неравновесные ситуации в атмосфере. Нагрев воздуха Гольфстримом образует циклоны средних широт, которые, зародившись в Атлантике, западными ветрами выносятся на западное побережье Европы. Сюда они приходят, конечно, не в виде тропических тайфунов с энергией 10^{18} – 10^{19} Джоулей, а в виде хотя и на 1,5–2 порядка менее мощных, но тоже очень серьёзных штормов, со скоростями ветра 30–40 м/с, сопровождаемых большим количеством осадков.

Вопрос № 2. *Почему цвета разные, а цветы — разноцветные? А на других планетах цвета будут такие же или другие?*

Комментарий. Прежде всего необходимо подчеркнуть, что вопрос этот участвует в конкурсе по астрономии; и поэтому не вполне были правы те, кто подумал, что это вопрос по лингвистике и начал различать различия между словами «цвет», «разноцветный» и т. д.

Физический (и астрономический) смысл этого вопроса состоит в разнице воспринимаемых нами цветов, как физических (оптических) свойств объектов. Данное слово «цвет» (во множ. числе — *цвета*) в русском языке соответствует — *color* (лат), *color* (англ), *couleur* (фр). Напротив, *цветы* — это специфический орган размножения покрытосеменных растений (биол.) и этот термин соответствует — *flos* (лат), *flower* (англ), *fleur* (фр). От этого же слова «цветы» происходит и название всего царства растений — «флора». Так что только в русском языке, к сожалению для некоторых участников Турнира, эти слова столь близки по звучанию, будучи столь разными по смыслу.

Для объяснения цветов в физическом смысле нам окажутся необходимыми процессы излучения света, его преломления, отражения, поглощения и, наконец, восприятия различных цветов.

Вся наша Вселенная заполнена электромагнитными полями; и возмущения этих полей называются электромагнитными волнами. Человек способен воспринимать только очень узкий диапазон частот электромагнитных волн; этот диапазон называется видимым светом.

Рассмотрим процессы излучения и преломления света. Любое нагретое тело начинает излучать электромагнитные волны. В качестве примера такого тела можно указать, например, Солнце. Нагретые тела излучают самые разные частоты электромагнитных волн; в общем случае — все; т. е. они излучают сплошной спектр частот или «континуум», точная величина которого определяется законом излучения Планка. Если такой свет в процессе своего распространения испытывает процесс преломления, например, в капельке воды, то мы увидим такое замечательное явление, как радуга. Человечество наблюдает радугу уже много тысяч лет, точнее, — всегда, пока оно существует. Такие же радужные лучи мы можем увидеть на гранях прозрачных твёрдых тел, например на кристаллах льда. Наиболее известным своей игрой светом разных цветов является огранённый алмаз — благодаря своему весьма высокому показателю преломления. Собственно бриллиант специально и подвергают столь сложной ювелирной обработке, чтобы взаимное расположение отражающих и преломляющих граней в таком кристалле находилось под строго определёнными углами и создавало столь знаменитую игру цветов.

Исаак Ньютон первым подошёл к этому вопросу с научной точки зрения и провёл свой знаменитый опыт с трёхгранной стеклянной призмой. Он направил пучок солнечного луча, проведённого через узкое отверстие, на трёхгранную призму и с удивлением обнаружил, что первоначальный белый солнечный свет на выходе из призмы распался на

целый набор радужных цветов, отличающихся друг от друга по направлению. Это был столь неожиданный для него результат, что он даже воскликнул: «spectral!», что весьма примерно можно передать, как «чёрт поberi» (*spectre* = призрак или привидение, англ.). С тех пор феномен разложения солнечного света на разноцветные лучи называется спектром. Все школьники знают, что в спектре Солнца можно выделить 7 условных цветов, следующих друг за другом в следующем порядке: красный, оранжевый, жёлтый, зелёный, голубой, синий, фиолетовый. Все наверняка слышали, что для того чтобы лучше и легче запомнить порядок цветов в радуге существует такое забавное мнемоническое правило: «**Каждый Охотник Желает Знать Где Сидит Фазан**».

Нужно также напомнить, что в добавление к этим 7 цветам есть ещё белый цвет, который является синтезом всех 7-ми названных, — из белого цвета мы можем получить радугу (разложить его на цвета), а затем, при желании, мы также можем собрать радугу вновь в белый цвет (синтезировать его). Второй дополнительный цвет — это чёрный цвет, как отсутствие света тех или иных цветов.

Если мы будем поворачивать освещённую призму на небольшие углы, то в наши глаза будут попадать световые лучи разных частот, соответственно, мы увидим свет разного цвета. На самом деле, весь спектр солнечного света можно разбить не на 7, а на сколько угодно разных цветов, поскольку там нет 7-ми отдельных цветов, а все цвета плавно переходят друг в друга в зависимости от частоты излучения. Если мы будем брать диапазон частот света очень узкий, то получим так называемые спектрально чистые цвета. Если диапазон частот стремится к 0, то таких спектрально чистых цветов можно выделить неограниченно много.

Помимо плотных нагретых тел в природе существуют также и разреженные газы, которые могут излучать уже не сплошной континуум, а только наборы отдельных частот, которые определяются внутренней структурой самих атомов и называются спектральными линиями. Излучение спектральных линий возможно тогда, когда атомы свободны, и их внешние электронные оболочки не возмущены воздействием соседних атомов. Исследованиями спектральных линий занимается раздел физической оптики, который называется спектроскопией. В качестве примера такой спектральной линии можно привести линию $H\alpha$ — первой линии Бальмеровской серии атома водорода, которая попадает в видимый диапазон света, имеет красный цвет и играет весьма большое значение в астрономии. Внешние части Солнца, состоящего в основном из водорода, интенсивно излучают в линии $H\alpha$.

Излучателями узких спектральных линий являются также лазеры. Как правило, они настроены на частоту излучения, определяемую их рабочим веществом. Существуют также лазеры с перестраиваемой частотой излучения. Можно плавно и непрерывно изменять частоту такого лазера, — также плавно и непрерывно будет изменяться и цвет исходящего излучения.

Цветом является именно частота электромагнитного излучения, поскольку длина волны может изменяться в зависимости от оптической плотности среды, в которой распространяется свет. Если мы, например, наблюдаем зелёный свет в вакууме, то мы и видим его зелёным; в атмосфере, где показатель преломления близок к 1, мы также увидим его зелёным; если же мы погрузимся под воду ($n = 1,33$), то длина волны излучения в соответствии с показателем преломления среды уменьшится, однако частота колебаний останется той же, и этот луч и под водой мы будем видеть такого же зелёного цвета, как и в вакууме.

Рассмотрим процессы отражения и поглощения света. Все природные вещества и материалы отличны друг от друга: они различаются по сортам молекул, из которых они состоят, они различаются также и по структуре расположения молекул вещества. Примером таких различных структур химически однородного вещества могут служить уголь и алмаз, состоящие из углерода, но столь различные как по своим механическим, так и оптическим свойствам. Когда на вещество снаружи падает электромагнитное излучение, в результате взаимодействия с молекулами вещества происходит его отражение от поверхности. Специфическим материалом являются металлы, поскольку в металлах имеются свободные электроны. Вследствие этого металлы обладают высокой электрической проводимостью, что и отличает их от других веществ. Падение электромагнитных волн вызывает движение свободных электронов, и при этом происходит почти полное отражение энергии пришедшей электромагнитной волны обратно во внешнюю среду. Если поверхность металла тщательно отполировать, то получится зеркало — поверхность, которая падающие световые волны отражает полностью без какого либо изменения спектра их частот, т. е. цвета. Примером зеркального отражения может служить и поверхность воды при падении лучей света под малым углом, поэтому на поверхности луж или озёр мы также можем наблюдать зеркальные отражения окружающих предметов. При этом также полностью сохраняются их первоначальные цвета. Можно сказать, что зеркало само по себе бесцветно.

Если материал не является зеркальным, а содержит в себе какие-либо волокна или отражающие шарики, то такой материал будет про-

изводить многократное отражение падающего света, что приведёт к рассеянному (диффузному), а не зеркальному отражению. Если процессы диффузного отражения безразличны по отношению к частоте падающего света, и на материал падает белый свет всех частот, то отражаться также будут все частоты в равной степени, т. е. белый свет. Если это волокнистый материал, то это может быть, например, белый лист бумаги; если это капельки воды, — то это будет белое облако или туман; если кристаллики льда, — то это будет белый снег. Если это отражающие шарики в жидкости, то это может быть, например, белое молоко. Если на диффузно отражающий материал падает свет определённой частоты, то отражаться, естественно, будет свет той же частоты, что и падающий. Если мы посветим красным фонариком на бумагу, то мы увидим, что это красная бумага; если мы посветим зелёным светом на молоко, то мы увидим зелёное молоко.

Некоторые материалы, которые поглощают световые волны всех частот, кажутся нам чёрного цвета; примерами могут служить угольная сажа, состоящая из хлопьев углерода, чернозём, чёрный бархат, имеющий густую структуру волокон. Примером тела, поглощающего абсолютно все падающие на него электромагнитными волны, является физическая модель абсолютно чёрного тела. Оно потому и абсолютно чёрное, что все поглощает и ничего не отражает.

Большинство природных и искусственных материалов обладает свойствами неоднородного и неравномерного по частотам отражения света. Материалы, как правило, имеют полосы поглощения света, — те частоты, которое они поглощают, и полосы отражения с тем или иным коэффициентом отражения. Та часть падающего света, которая сможет отразиться от этого предмета, и формирует цвет предмета, как мы его видим. Примером являются хлоропласты в растениях, которые благодаря свойствам хлорофилла в отражённом свете придают растениям зелёный цвет. Белок гемоглобин в крови содержит железо и отражает в основном красный свет, поэтому кровь красная (у некоторых рыб имеется кровообращение на основе соединений меди и, соответственно, голубая кровь). Ещё одним красящим веществом являются каротины, которые отражают красные, оранжевые и желтые цвета спектра и окрашивают в красный цвет морковь; а осенью, когда в листьях под действие заморозков происходит разрушение хлорофилла, каротины начинают доминировать в окраске листьев, и наступает «золотая осень».

Примером селективного отражения являются и все красители, которые существуют в природе или применяются человеком. Красители обеспечивают именно избранное, относительно узкое отражение полосы

частот из всего спектра падающего света. Таким простейшим красителем может быть красная глина, используемая первобытными людьми для раскрашивания тела в воинственных целях. Другим примером целенаправленного покраснения может служить использование известного, но весьма редкого красного красителя «пурпур». Он добывался из особого вида моллюсков, и его всегда было очень мало. Поэтому ткани, окрашенные в пурпурный ярко красный насыщенный цвет, раньше были очень дорогими и использовались, как правило, на изготовление мантий для царей, императоров, кардиналов и других высокопоставленных чиновников.

В качестве примера окрашенных сред можно привести природные кристаллы: драгоценные и полудрагоценные камни, которые так и называются — самоцветы.

В зависимости от того, из каких минералов они сложены, и какие сорта атомов определяют прохождение света через них, самоцветы могут быть зелёными, как изумруд, красными, как рубин, синими, как сапфир, или другими. Благодаря своей красоте и редкости, самоцветы всегда привлекали к себе внимание тщеславных людей (сейчас производство алмазов, фианитов и других драгоценностей выполняется промышленным образом в неограниченных количествах).

Применение различных красителей позволяет производить смешение цветов. Например, если на поверхность нанести несколько разных красителей в смеси, то от падающего белого света они будут отражать каждый свой участок спектра и добавлять в наблюдаемый нами предмет ту или иную долю своих цветов. Именно этим пользуются художники, когда, применяя разные краски и смешивая их в разных пропорциях, они добиваются тех или иных цветов на своей палитре. Есть целый раздел науки, который занимается исследованиями цветов и оттенков и называется колориметрия. За счёт смешения разных цветов в колориметрии различается огромное количество, — до 100 000 цветов и оттенков.

Ещё можно привести пример светофильтров. Это прозрачные среды, которые осуществляют выборочное селективное поглощение определенных частот при пропускании света сквозь них. Самым обычным примером такого светофильтра является наша земная атмосфера, которая пропускает свет видимого диапазона, но задерживает ультрафиолетовое излучение и всё более коротковолновые электромагнитные волны, защищая нас от них. За счёт рассеяния и поглощения света в атмосфере, например, наше дневное светило может принимать довольно широкий диапазон своих цветовых оттенков. Солнце может быть белым,

когда атмосфера тонкая, как в высокогорье, или чистая («Белое солнце пустыни»); при возрастании поглощающего слоя атмосферы солнце может становиться жёлтым, теряя свою коротковолновую часть спектра; наконец, солнце на закате, когда его лучи проходят огромную толщу атмосферы под косым углом, становится тусклым и красным. Прекрасным примером игры оттенков цветов при различном освещении является серия картин Моне «Руанский собор» — утром, днём и вечером. Совершенно очевидно, что сам собор всегда один и тот же; солнце, которое освещает его, за пределами атмосферы также совершенно одинаковое; однако изменения атмосферного состояния утром, днем и вечером рождают совершенно фантастические краски, которые и отражены художником.

Еще одним примером светофильтров являются т. н. двухцветные стереокартинки, которые рассматриваются через двухцветные очки. Как правило, используются два взаимно независимых участка спектра: зелёный и красный. На одну и ту же картинку печатаются два изображения, снятых с разных точек зрения; одна картинка для правого глаза печатается красным цветом; другая — для левого — зелёным. Чтобы рассматривать такую картинку, нужно надеть цветные очки, в которых светофильтр перед правым глазом будет красный, а перед левым — зелёный. Соответственно, каждый из наших глаз, вооружённый своим фильтром, увидит только ту цветную картинку, которая предназначена именно для него, а другое изображение будет полностью поглощено фильтром. Через зелёный фильтр мы увидим только зелёную картинку; через красный — только красную. Поскольку мы привыкли весь мир видеть двумя глазами, которые находятся на известном расстоянии друг от друга, то наш мозг воспримет такие разные в каждом глазу двухцветные картинки, как изображение одного объекта, и построит в нашем сознании пространственно раздвинутое изображение представленных объектов.

Наконец, необходимо сказать несколько слов о восприятии световых волн разных частот, или о цветовом зрении. На нашей планете нам известно несколько типов органов зрения живых организмов. Самые простые — это светочувствительные клетки, в которых под действием падающего света могут происходить те или иные фотохимические реакции. Они могут вырабатывать и электрические импульсы. Большинство наземных видов животных обладают способностью реакции на свет, начиная с простейших. Известна, например, реакция на свет у амёб. Более сложным приёмником электромагнитного излучения и органом зрения являются т. н. фасетчатые глаза насекомых. Они представляют

собой целую матрицу светочувствительных клеток, и перед этой матрицей на внешней стороне глаза расположена сетчатая структура, которая ограничивает поле зрения каждой светочувствительной клетки малым углом, т. н. коллиматор. Соответственно на матрице клеток строится мозаика изображения от внешнего объекта, каждый элемент которого соответствует определённому направлению луча зрения. Глаза насекомых в этом отношении очень похожи на устройство и действие ССД матриц в цифровых фотоаппаратах и видеокамерах. У наиболее развитых животных имеются собственно глаза — наиболее сложные органы зрения, представляющие собой оптическую систему из диафрагмы (зрачок и радужная оболочка), объектива (хрусталик), камеры (глазное яблоко) и фокальной плоскости (сетчатка), подобную устройству фотоаппарата. Хрусталик строит изображение наблюдаемого через зрачок окружающего мира на внутренней стороне сетчатки глаза, где находятся различные светочувствительные клетки. Прежде всего это т. н. «палочки», чувствительные ко всему диапазону видимого света, и чья задача в основном состоит в том, чтобы интегрировать весь приходящий в глаз световой поток и строить изображения в условиях слабой освещённости. Другой тип светочувствительных клеток сетчатки глаза — это «колбочки», названные так из-за своей характерной внешней формы. Они обладают свойствами спектральной чувствительности и предназначены для различения цветов при ярком свете. В глазу человека специалисты выделяют три типа колбочек, чувствительных в основном к красному, зелёному и синему участкам спектра. У птиц разных типов колбочек обнаруживается уже 4; птицы и некоторые виды насекомых воспринимают и более коротковолновое излучение, чем млекопитающие, включая ультрафиолетовый свет, который мы уже не видим.

Более того, известно, например, что муравьи способны воспринимать даже поляризацию приходящего от неба рассеянного излучения, и по направлению поляризации определять направление на Солнце и, соответственно, на свой родной муравейник. Некоторые змеи обладают специфическим органом, чувствительным в инфракрасной области спектра. Это конечно, не глаза в ИК диапазоне, а скорее теплолокаторы, которые позволяют им охотиться на теплокровных животных, — своего рода «прибор ночного видения». Промышленные приборы ночного видения производят преобразование излучения в ИК диапазоне в видимый диапазон, который мы можем наблюдать уже своими глазами.

Если мы вновь возьмём лазер с перестраиваемой частотой излучения, то мы можем плавно воспроизвести свет различной частоты. При взгляде на него в нашем глазу будут реагировать различные группы

колбочек, чувствительные в различных диапазонах спектра. Мы не увидим никаких резких переходов между различными цветами, а увидим именно плавный переход от одного соседнего цвета к другому.

В случае смешанных цветов и оттенков происходит сложная картина возбуждения в различных типах колбочек, а впоследствии синтез полученных от них сигналов в нашем мозгу в виде тонких различий в оттенках воспринимаемого цвета. Обработка цветовых сигналов — это такой же сложный процесс нашей высшей нервной деятельности, как построение и распознавание образов, т. е. изображений. В случае нарушений деятельности тех или иных типов колбочек могут наступать такие заболевания, как дальтонизм, т. е. невосприятие тех или иных цветов, или их неправильное восприятие.

В случае недостаточного освещения чувствительность колбочек падает, и мы попадаем в режим т. н. «сумеречного зрения», когда работают в основном палочки. При ночном зрении роль цветовых различий уменьшается, и мы стараемся уловить только контуры тех предметов, которые мы ещё способны различать. Не случайно бытует поговорка «в темноте все кошки серы». Таким же ночным зрением обладают животные, которые являются ночными или сумеречными хищниками. Если мы возьмём филина и поместим его на яркий дневной свет, то он от непривычки ничего не сможет видеть. Ночью он также не различает цвета. Аналогично ограниченным цветовым зрением обладают глубоководные рыбы, живущие в условиях крайне ограниченной освещённости глубин океана. В качестве примера известных заблуждений о цветовом зрении животных можно привести пословицу «действует как красная тряпка на быка». На самом деле бык не различает красного цвета; его раздражает само движение материи перед его мордой.

А теперь вернёмся к растениям. В листьях растений для осуществления процесса фотосинтеза хлорофилл поглощает красный и синий участки спектра, и в отраженном свете мы видим листья и другие части растений именно зелеными. Что касается цветов в качестве органов размножения растений, то их главной задачей является привлечение опылителей данного растения, которые этот процесс размножения и будут осуществлять. Здесь растение использует очень многие приёмы и свойства: прежде всего, это запах, который действует на больших расстояниях; это размеры и форма цветков, и, конечно же, их цвет. Чем более привлекательным будет цветок растения, более ярким по цвету, тем успешнее он выполнит свою задачу размножения. Цветы «расцветают» за счёт того, что в них вырабатываются различные пигменты, обеспечивающие смешанные цвета этих частей растений. Прекрасным

примером такого разноцветья является картина Боттичелли «Весна», на фоне которой специалисты насчитывают несколько сотен различных видов цветущих растений.

В царстве животных цвета также очень важны: окраска животных позволяет им либо осуществлять мимикрию, т. е. сливаться с окружающей средой и быть незаметными, либо наоборот — принимать вызывающие и угрожающие яркие окраски.

Наконец, человечество применяет и технологические имитации цветов, которые реализованы в виде системы под названием RGB по трём основным цветам: красный, зеленый, синий. Важно подчеркнуть, что в отличие от бесконечных вариаций спектрально чистых цветов и от бесконечно сложных смешанных цветов в природе, технические цвета RGB являются именно и только лишь набором трех разных красок. Этот трёхцветный набор используется во всех процессах цветной печати, в цветном телевидении и на мониторах компьютеров. Выбирая разное соотношение интенсивностей сигналов RGB, отнесённых к одному элементу изображения, можно добиваться подобия того или иного цветового оттенка. То, что это всего лишь подобие цветов в техническом исполнении, каждый может убедиться сам, пройдясь мимо стеллажей магазина телевизоров и увидев, что один и тот же фильм, транслируемый по телевизорам разных фирм, на экранах приобретает явственно отличные цветовые оттенки. В этом смысле можно сказать, что в таких отраслях человеческой деятельности, где именно оттенки сложных составных цветов играют большое значение для нашего восприятия и ощущений, например в живописи (особенно это относится к живописи импрессионистов), совершенно невозможно правильно передать картины мастеров через систему технических цветов. В этом смысле рассматривать, например, картины Тёрнера на репродукциях или мониторах, — это просто себя не любить: все оттенки будут неизбежно потеряны.

Наконец, вернёмся к астрономии, и заметим, что здесь цвета также очень важны. В первую очередь огромную, даже подавляющую часть наших астрономических знаний о других небесных объектах мы получаем именно с помощью спектроскопии. Астрономы принимают возможно большую часть светового излучения от светил и проводят спектральный анализ. Для исследования тонких эффектов формы спектральных линий могут применяться спектрографы с очень высоким спектральным разрешением — до 5000000 относительных единиц (отношения спектрального диапазона к собственной частоте).

Помимо спектральных линий используются и широкие цветовые полосы в спектрах излучения. В астрономии применяются

несколько цветовых систем; наиболее употребительная называется UBV (ultraviolet, blue, visual, red = фиолетовый, синий, зелёный, красный). Эти цветовые системы необходимы для анализа распределения энергии в спектре излучающих объектов. Для этого используют также «показатель цвета» звёзд — разницу звёздных величин одного объекта в разных диапазонах (U-B, B-V). Цвета являются существенными характеристиками звезд. В зависимости от их спектральных особенностей звезды разделяются на несколько спектральных классов: OBAFGKMN — общепринятая спектральная шкала Пикеринга. По этой шкале наше Солнце является звездой класса G5 — жёлтый карлик. Спектральные классы и показатели цвета звёзд определяются в первую очередь их температурой: на горячем конце звезды класса O — голубые гиганты с температурой до 20000 К; на холодном конце спектра — звёзды типов M и N — красные гиганты с температурой внешних слоёв поверхности около 3000 К. Температура нашего Солнца составляет около 6000 К на поверхности.

Благодаря тому, что человечество обладает космическими спутниками и имеет возможность выводить телескопы за пределы земной атмосферы, астрономия сейчас является всеволновой наукой космического базирования и принимает весь диапазон электромагнитного излучения от длинных радиоволн через субмиллиметры и видимый диапазон в ультрафиолет, и далее — рентгеновские и гамма лучи. Во всех этих спектральных диапазонах имеются свои излучающие объекты, волны от которых принимают те или иные космические аппараты.

В отношении планеты Земля можно подчеркнуть следующую особенность «цветности» нашего мира. Нас освещает звезда — жёлтый карлик Солнце, и максимум излучения солнечной энергии, в соответствии с законом Планка для излучения абсолютно чёрного тела, приходится на середину видимого диапазона. Важным совпадением является тот факт, что в этой же середине видимого диапазона находится и максимум прозрачности нашей земной атмосферы; она задерживает все более коротковолновые и энергичные излучения, не допуская их до поверхности Земли, и защищая нас от них. В инфракрасной и субмиллиметровой области спектра земная атмосфера имеет обширные полосы поглощения водного пара, метана, углекислоты и других газовых составляющих. Поэтому не случайно, что максимум чувствительности нашего дневного зрения также приходится на середину видимого диапазона — зелёный цвет.

В отношении других планет солнечной системы можно сказать следующее. Их освещённость зависит от расстояния до Солнца; чем более

ярко освещена планета, тем сильнее для нашего зрения будет происходить «отбеливание» цветов. Высокая интенсивность освещения превышает нашу зону оптимальной цветовой чувствительности, и цвета станут более блёклыми. Наоборот, на дальних планетах будет реализовываться ситуация, аналогичная земным сумеркам, соответственно, мы также будем терять нашу цветовую чувствительность из-за падения контраста цветов. Утрата нашего цветового восприятия будет происходить и в случае нашего погружения в толщу атмосфер тех или иных планет, аналогично погружению в толщу земного океана. Основные цвета на планетах разные. На Венере атмосфера очень плотная, с густым слоем облаков из капелек серной кислоты. Небо на Венере имеет желтоватый оттенок, и весь венерианский мир окрашен жёлтыми тонами. Общий уровень освещённости меньше, чем на Земле, и соответствует земной пасмурной погоде. На Марсе наиболее распространены породы красного цвета, содержащие окислы железа; из-за них Марс получил название «красной планеты». При пыльных бурях в атмосферу Марса попадает большое количество твёрдого аэрозоля (пыли), и возможно наблюдение марсианских закатов зелёного цвета.

На Луне, поскольку там нет атмосферы вовсе, мы будем наблюдать аналог чёрно-белого мира, — резкие контрасты между ярко освещёнными участками прямого Солнца, и глубокой темнотой затенённых участков поверхности.

На планетах других звёзд будет изменяться цвет центральной звезды в зависимости от её температуры (голубой, белый, жёлтый, оранжевый, красный) и, соответственно, цветовая гамма на поверхностях и в атмосферах планет. Цветовая палитра миров других планет других звёзд может оказаться совсем другой, нежели привычная нам.

Ещё несколько замечаний относительно цветов источников излучения. Возможны процессы люминесценции и флуоресценции. Когда вещество находится под действием коротковолнового излучения (УФ или рентгеновских лучей), или оно испытывает возбуждение электронным ударом, происходит возбуждение атомов и затем переизлучение энергии в видимом диапазоне света. По этим механизмам в видимом диапазоне светится большинство газоразрядных ламп дневного света. Ещё есть эффект т. н. «нелинейного рассеяния», когда от одного коротковолнового фотона могут образовываться 2 или 3 вторичных фотона. Энергия первоначального фотона делится между ними на несколько частей и также может попадать после этого в диапазон видимого света. В этих случаях мы можем наблюдать свечение того или иного цветового оттенка без первоначального освещения на этой же частоте.

Наконец, необходимы замечания, связанные с теорией относительности. И в общей, и в специальной теории относительности (ОТО и СТО) возможны ситуации т. н. «красного смещения». Если излучающий объект находится в сильном поле тяготения, то фотоны, вышедшие из этого поля тяготения и наблюдаемые нами извне, потеряют часть своей энергии, и их цвет станет более красным. Точно также, в далеких галактиках, которые удаляются от нас с большими (субсветовыми) скоростями, наблюдается смещение линий их излучения в красную сторону спектра за счет эффекта Доплера. Таким образом, в специальных случаях очень больших масс и очень больших скоростей мы можем наблюдать изменение цветов первоначально излучаемого света от планет, звезд и других небесных тел.

Вопрос № 3. *Некто ложится спать около дальней стены комнаты, окно которой смотрит точно на восток, и просыпается, когда солнце утром начинает светить ему в глаза. Всегда ли он будет просыпаться в одно и то же время? Справедливо ли это для любого города?*

Ответ. Время «пробуждения» будет весьма различаться в зависимости от сезона года, от широты места наблюдения, от конфигурации окна.

Комментарий. В данном вопросе мы специально не будем рассматривать ситуации, когда имеется закрытый горизонт, застроенный небоскрёбами, когда на небе пасмурно, когда на окно повешены занавески, и когда человек отвернулся спать лицом к стене. Поскольку все эти аспекты, многократно упоминавшиеся участниками Турнира, всё-таки не относятся к вопросам астрономии. Самый главный эффект, которые многие, естественно, указали, это то, что у нас имеет место зависимость изменения долготы дня в зависимости от времени года, сезона. Летом рассветает раньше, зимой — позднее, поскольку Солнце восходит в разные сезоны не в одно и то же время по нашим часам. Это определяется наклоном оси вращения Земли относительно плоскости земной орбиты вокруг Солнца. Величина этого наклона составляет 23,5 градуса (точнее, наклон эклиптики к экватору для эпохи $T = J2003,5$ принят $\varepsilon = 23^\circ,438836 = 23^\circ 26' 19'',81$). Поскольку Земля, вращаясь вокруг своей оси, сохраняет направление оси вращения в пространстве (в первом приближении, без учёта прецессии и нутации), то в разных частях орбиты Северный полюс Земли может быть либо наклонён в сторону Солнца на эту величину (23,5 градуса), либо, наоборот, отклоняться от него. Соответственно, в Северном полушарии наступает сначала лето, через полгода — зима. Когда мы смотрим с Земли, Солнце движется по небу по линии, называемой эклиптической. Это есть отражение орбиты

Земли на нашу небесную сферу. Естественно, что эклиптика точно также наклонена на угол $23,5$ градуса по отношению к небесному экватору.

22 июня наступает летнее солнцестояние, когда солнце поднимается максимально высоко, достигает высшей точки движения на небе. Через полгода, 22 декабря, наступает зимнее солнцестояние, когда солнце имеет отрицательное склонение $-23,5$ градуса. Нужно подчеркнуть, что небесный экватор и эклиптика являются большими кругами небесной сферы, это круги, центры которых проходят через центр сферы. А в суточном движении летом и зимой Солнце на небе совершает малые круги небесной сферы. Линии движения Солнца по небу аналогичны земным параллелям. В летнее солнцестояние оно поднимается максимально высоко, и суточный круг солнца на небе соответствует тропику Рака на поверхности Земли (географическая широта $\varphi = 23^\circ,5$ северной широты). Зимой суточная линия движения Солнца соответствует тропику Козерога на Земле ($\varphi = 23^\circ,5$ ю. ш.). Если рассмотреть эти круги на небесной сфере, то естественно, что в летний период большая часть траектории движения солнца находится выше горизонта, соответственно, день продолжительнее ночи. В зимний период — наоборот, над горизонтом возвышается меньшая часть суточного круга движения солнца, и поэтому зимой день короче ночи.

Если посмотреть на точку восхода солнца, в направлении на восток (E), то можно заметить, что точно на востоке солнце восходит всего лишь 2 раза в году — это дни равноденствий, — весеннее 21 марта и осеннее 23 сентября. В летний период точка восхода солнца будет располагаться севернее востока, а в зимнее полугодие — наоборот, южнее. Соответственно, в тот момент времени, когда зимой солнце восходит над горизонтом (наступает зимний рассвет), положение летнего солнца, соответствующее этому моменту времени, находится существенно выше горизонта, то есть «летнее» солнце в это время суток уже давно взойшло и находится высоко на небе. Если быть более точным и аккуратным в определениях, то положение Солнца на небе определяется не временем как таковым, а величиной, которая называется часовой угол Солнца. Это угловое расстояние видимого Солнца от меридиана места наблюдения. Или, иными словами, часовой угол — это угол поворота Земли вокруг своей оси. Он измеряется точно также, как и наше обычное время: в часах, минутах и секундах.

При этом становится очевидной зависимость времени восхода от широты места, где находится наблюдатель. Например, на экваторе солнце восходит перпендикулярно горизонту — снизу вверх. И для

любых значений склонения солнца — как летнего, так и зимнего, — это справедливо при одинаковых часовых углах (точка восхода летнего солнца на экваторе смещена к северу ровно на величину $23^{\circ},5$). Соответственно, в любой сезон года на земном экваторе солнце восходит вертикально вверх над горизонтом и нет разницы во времени восхода между летом и зимой.

Однако по мере увеличения широты нашего местонахождения будет увеличиваться и разница времён восхода между летним и зимним солнцем. Точка восхода летнего солнца на больших широтах будет перемещаться по горизонту всё дальше и дальше в сторону севера. Точка восхода зимнего солнца от первоначальной величины $-23,5$ градуса будет смещаться дальше к югу. Когда мы достигнем широты полярного круга ($\phi = 66^{\circ},5$), формально точка восхода солнца летом достигнет точки севера (N), а точка восхода солнца зимой — юга (S). И формальная разница по времени между моментами этих восходов составит 12 часов. Наступит так называемый феномен полярного дня или полярной ночи. На широтах севернее полярного круга в течение определённого периода солнце либо не восходит над горизонтом, либо не заходит. Непосредственно на полюсе примерно полгода длится полярный день и полгода — полярная ночь. В полярных зонах суточный путь на небе летнего солнца всегда находится выше линии горизонта. А путь движения зимнего солнца — всегда ниже горизонта. На полюсе солнце движется параллельно горизонту, поскольку суточные изменения его склонения (то есть высоты над горизонтом) существенно меньше, чем перемещения по времени в горизонтальном направлении.

Точно на точке полюса предложенная задача становится некорректной, поскольку на полюсе нет направления на восток; на северном полюсе все направления — на юг, на южном полюсе все направления — на север.

Если мы пойдём в зону отрицательных (южных) широт, то для южного полушария сезоны и положения солнца на небе являются обратными по отношению к северному полушарию. Соответственно, в период календарной зимы солнце в южном полушарии восходит раньше, а в период календарного лета — наоборот, восходит позже.

Можно указать также зависимость времени восхода солнца от высоты места, где находится наблюдатель. Здесь есть два противоположных эффекта. Во-первых, при повышении высоты наблюдателя над уровнем моря происходит понижение видимого горизонта на угол σ , которое составляет: $\cos \sigma = R/(R + h)$, где R — радиус земного шара, h — высота наблюдателя. Дальность горизонта для сферы составляет

$D = \sqrt{R^2 + (R + h)^2}$. Приближённые значения для понижения горизонта составляют $\sigma \approx 1',779\sqrt{h}$ (в минутах дуги, где h в метрах), а для дальности горизонта $D \approx 3,86\sqrt{h}$ (в километрах). Например, при росте наблюдателя 2 метра дальность его горизонта будет составлять 5,5 км, (понижение $-2',5$), а при полёте на самолёте на высоте 10 км горизонт уже отодвинется на расстояние 356 км и понизится на $178'$ или почти на 3 угловых градуса. Естественно, что понижение горизонта приводит к более раннему по времени восходу светил.

С другой стороны, при подъёме вверх происходит уменьшение толщины атмосферы, и, соответственно, уменьшение эффектов атмосферной рефракции. Атмосферная рефракция — это процесс преломления светового луча в атмосфере и его отклонения вниз. На уровне моря при видимом зенитном расстоянии светила 90° , что соответствует математическому горизонту, т. е. в момент восхода, его лучи пронизывают толщу атмосферы, которая в 38 раз больше, чем в зените. Величина рефракции при этом составляет около $2100''$ или $35'$. Так что в тот момент, когда на рассвете лучи солнца попадают нам в глаза, и мы видим его «взошедший диск», истинное Солнце находится ещё полностью ниже горизонта. Так что отсутствие атмосферы (и атмосферной рефракции) соответствует более позднему времени восхода солнца.

Следующая зависимость времени восхода — это зависимость от долготы. Поскольку восход солнца над горизонтом есть не что иное, как эффект поворота самого тела Земли, на котором мы с вами находимся, то понятно, что чем восточнее находится долгота наблюдателя, тем раньше у него восходит солнце (или иными словами, тем большим является часовой угол солнца). Обычно Японию называют «страной восходящего солнца», т. к. она находится на востоке. Между тем, наиболее восточная точка суши находится на территории России — это остров Ратманов (Большой Диомидов остров, $65^\circ 48'N$, $191^\circ 00'E$).

Здесь уместно подчеркнуть как раз разницу между понятием часового угла Солнца и тем временем, которым мы обычно пользуемся (т. н. гражданское время). Поскольку на поверхности Земли организовано 24 часовых пояса, то 2 наблюдателя, находящиеся по разные стороны от какой-либо границы часовых поясов, могут наблюдать восход солнца в одно и то же солнечное время, однако в поясном времени у них будет разница как раз в 1 час. Разница времён пунктов, находящихся в разных часовых поясах, составляет разницу номеров этих часовых поясов, поскольку в каждом часовом поясе время увеличивается или уменьшается на 1 час при сохранении тех же показаний минут и секунд

от всемирного времени. Максимально возможная разница времени восхода произойдёт на линии перемены дат: 2 наблюдателя, находящиеся рядом, но по разные стороны линии перемены дат, будут одновременно (в физической шкале времени), наблюдать восход солнца, между тем как формальное время восхода для обоих наблюдателей будет отличаться на величину в 1 сутки.

Внутри самих часовых поясов также имеется неодновременность восхода солнца, поскольку момент восхода зависит от реального значения долготы точки наблюдения. Внутри каждого часового пояса долгота может изменяться на 15° , соответственно, может меняться часовой угол солнца, тем самым изменяться и реальное время его восхода. Разница времён восхода в пределах одного часового пояса может даже превышать величину одного часа. Это зависит от того, какие именно области и территории входят в тот или иной часовой пояс. Например, границы 2-го часового пояса специально расширены как на запад, так и на восток, чтобы в зону действия Московского времени были включены дополнительные регионы. Он охватывает почти всю европейскую часть нашей страны, — и это один из самых широких часовых поясов на земном шаре (ещё шире — Китай, который весь живет по пекинскому времени).

И ещё два административных момента по организации отсчётов времени: поскольку в нашей стране существует декретное время, это также изменяет время восхода солнца относительно гражданского времени на 1 час. И ещё существует понятие летнего и зимнего времени. Естественно, что при переводе гражданского времени на летнее (в последнее воскресенье марта) и на зимнее (в последнее воскресенье октября) время реального восхода солнца скачком изменяется на величину 1 час в одну или в другую сторону.

Теперь следует отметить следующее: всё сказанное выше относится к равномерному движению Солнца по небу и течению равномерного времени (так называемое среднее солнечное время). Поскольку люди для повседневных нужд пользуются временем в равномерной шкале, и было введено условное понятие «среднего солнца». Среднее солнце — это не то Солнце, которое мы видим, — это некоторая фиктивная точка, обладающая следующими свойствами: она движется по небесному экватору равномерно, делая 1 оборот ровно за 24 часа. То истинное Солнце, которое нам светит в глаза, и восход которого мы наблюдаем, по небу движется неравномерно. И к тому есть две причины.

Первая — это то, что эклиптика, то есть проекция орбиты Земли, и, естественно, путь движения Солнца по небу, наклонена относительно

экватора. Она проходит либо выше, либо ниже экватора. В периоды около равноденствий истинное солнце меняет свою временную координату медленнее всего (за счёт этого наклона), а в периоды около солнцестояний прямое восхождение Солнца меняется быстрее всего (т. н. уравнение наклона эклиптики).

Вторая причина неравномерности движения видимого Солнца связана с эллиптичностью орбиты Земли. Поскольку наша орбита является не точным кругом, а эллипсом, хотя и очень незначительным ($\varepsilon = 0,017$) то, в соответствии с законами Кеплера по эллиптической орбите объект не может двигаться равномерно. Соответственно, и наша Земля движется по орбите неравномерно. Перигелий нашей орбиты приходится на 4 января. Это тот момент, когда расстояние между Землёй и Солнцем минимально, и эту часть орбиты, которая ближе к Солнцу, Земля проходит быстрее. Поэтому, например, период между осенним и весенним равноденствиями по своей длительности почти на 7 дней короче периода между весенним равноденствием и осенним. То есть две половины года, зимняя и летняя, не равнозначны между собой по продолжительности. Можно сказать, что зимой наше солнце некоторым образом торопится по видимому движению, а летом, наоборот, тормозит своё движение по небу (т. н. уравнение центра).

Сумма этих двух неодинаковых эффектов на протяжении года порождает как бы два горба временных задержек истинного Солнца относительно среднего (равномерно движущегося). Истинное Солнце в какие-то периоды обгоняет среднее солнце, а в какие-то, наоборот, отстаёт от него. Эта зависимость называется уравнением времени. И величина отклонения этого уравнения времени может достигать 16,5 минут по своей величине. Соответственно, и отклонение момента восхода солнца в разные сезоны в зависимости от величины уравнения времени может составлять такую же величину.

На протяжении года в разные дни в одно и тоже среднее время положение истинного Солнца на небе разное. Если бы уравнение времени всегда было равно 0, то положение Солнца в одно и тоже среднее время на небе образовало бы прямую линию: от $+23^{\circ},5$ до $-23^{\circ},5$. Но поскольку уравнение времени не равно 0, движение зимой и летом Солнца вверх и вниз осуществляется по весьма своеобразной кривой, которая получила название «аналемма» Солнца. Внешне эта условная траектория солнца на небе похожа на вертикально стоящую восьмёрку. На самом деле аналемма Солнца в физическом смысле представляет собой аналог фигуры Лиссажу. По вертикали это изменения склонения Солнца — синусоидальные колебания с периодом в 1 год и амплитудой

23,5 градуса в каждую сторону от экватора; а в горизонтальном направлении — это опережение или отставание истинного Солнца от среднего, то есть величина уравнения времени. Период такой аналеммы составляет 1 год.

Наконец, рассмотрим в этом вопросе определённые особенности и некоторые некорректные варианты, которые также упоминались. Как уже говорилось, что на полюсах Земли эта задача некорректна, поскольку на северном и на южном полюсе нет направления на восток (на северном полюсе все направления на юг, на южном полюсе все направления на север). Надо также подчеркнуть, что в околополярных областях, где «восток» уже существует, солнце может попадать в окно каждый день в период полярного дня, поскольку оно движется параллельно горизонту и раз в день пересекает линию востока. Не рассматриваются в задаче также условия всякого рода закрытого горизонта: ущелья и даже подземные города, которые также упоминались участниками Турнира.

Важно подчеркнуть, что в формулировке задачи ничего не сказано о параметрах самого окна, через которое Солнце светит и будит нашего героя. Сказано только, что окно смотрит на восток. Но формально это означает, что вертикальная средняя линия фигуры данного окна проходит через точку востока. Но при этом ни форма, ни размеры, ни вертикальные и горизонтальные границы этого окна в проекции на небо в задаче неоговорены. Не указано также, сколько составляет расстояние от окна до этой самой дальней стены, где товарищ спит. Поэтому, вообще говоря, проекция окна так, как она видна наблюдателю в данной задаче, на небесную сферу может быть практически произвольной (ну, только центр его на востоке). А соответственно, взяв разные конфигурации этого окна, можно получить совершенно разные ответы самой задачи: как то, что он будет просыпаться от лучей Солнца каждый день в разное время; так и такое положение окна, когда прямые лучи солнца вообще никогда на спящего героя не попадут. Определённым примером такого нетривиального окна может служить мегалитическое сооружение Стоунхендж, поскольку он представляет собой систему именно специально построенных «окон» (из многометровых камней, конечно) для наблюдения точек восходов Солнца и Луны. Строго говоря, он не противоречит условиям задачи.

Рассмотрим теперь ситуацию, когда данная комната и данный наблюдатель находятся на Луне. Луна вращается в ту же сторону, что и Земля; наклон её оси вращения относительно орбиты составляет $6^{\circ}41'$. Наклон орбиты Луны относительно эклиптики составляет около 5 гра-

дусов и испытывает периодические колебания с амплитудой $9'$. Однако, за счёт приливного воздействия Солнца на тело Луны, эти два наклона в пространстве взаимно компенсируются, так что суммарное наклонение лунного экватора относительно эклиптики (и направления на Солнце) составляет всего $1^{\circ}32',5$. Поэтому для жителя Луны, расположившегося в комнате по условиям задачи (разумеется, на Луне есть направление на восток), будут реализовываться похожие «картинки» восхода Солнца, что и на Земле, только отклонения максимально высокого и максимально низкого истинного солнца составят всего около 3° , а не 47° , как на Земле.

Сам восход Солнца будет происходить существенно медленнее, — в 29 раз медленнее, чем это бывает на Земле, поскольку один лунный «день» — это как раз и есть один земной месяц. Если учесть также и либрации Луны (это её колебания, которые она совершает вокруг горизонтальной и вертикальной оси с амплитудой около $0^{\circ},04$), то мы можем получить довольно полное представление о том, как солнечный восход будет выглядеть для лунной базы.

Наконец, нужно упомянуть, что мы не рассматриваем в этой задаче комнаты, расположенные на космических станциях, и также любые другие пространственные конфигурации, поскольку в таких ситуациях неопределённым является направление на восток, и условию задачи такие ситуации не соответствуют.

Вопрос № 4. *Где химические реакции не происходят?*

Ответ. В звёздах.

Комментарий. Увы, начинать развернутый ответ мы вновь вынуждены с замечания о том, что этот вопрос — в конкурсе по астрономии; и не вполне были правы те участники, которые подумали, что это вопрос по химии (для этого есть отдельный конкурс), и начали рассказывать о том, какие реакции бывают, какие — не бывают, про отсутствие реагентов, про реакции горения, о том, что нужен кислород, про экзотермические реакции, и всё остальное. Это всё, конечно, хорошо и, может быть, даже правильно, но это не относится к астрономии.

А первый вариант ответа, который оценивался положительно, является вполне тривиальным, но тем не менее правильным, — это то, что химические реакции не происходят в вакууме. Действительно, как нам известно, вся наша Вселенная заполнена разного рода полями и частицами. Это как бы две формы материи во Вселенной (если не принимать во внимание недавно обнаруженные, но неразгаданные пока т. н. «тёмную материю» и «тёмную энергию»). И понятно, что в тех областях

пространства, где нет частиц, и находятся только поля, химические реакции не происходят. Примерами таких «пустых» областей могут быть довольно обширные пространства между скоплениями галактик, десятки и сотни Мегаларсек (10^{26} – 10^{27} см), где плотность вещества, значительно, на несколько порядков меньше средней плотности вещества во Вселенной ($2 \cdot 10^{-31}$ г/см³ или 0,1 атома в м³). В известном смысле, плотность вещества там стремится к нулю.

Отдельный вопрос — то, что мы сейчас (в самом начале 21 века) называем «вакуумом» (точнее говоря — физический вакуум), по видимому, является объектом весьма сложной природы, которая до конца ещё не изучена. Например, из астрономических наблюдений сейчас уже стало понятно, что основную массу нашей Вселенной составляет так называемая тёмная материя, которую мы не видим, и с которой мы не взаимодействуем никак, кроме как гравитационным образом. Это очень интригующая загадка природы на предстоящее столетие развития науки. Однако, возвращаясь к первоначальному вопросу, мы можем сказать, что в вакууме химические реакции действительно не происходят.

Второй аспект вопроса, который также признавался правильным, — это упоминание многими участниками абсолютного нуля температур. Действительно, скорость протекания химических реакций в достаточной степени определяется скоростью движения молекул, а следовательно, и частотой их столкновений между собой. Соответственно, при понижении температуры скорость большинства химических реакций заметно уменьшается. Этот вариант ответа — указание абсолютного нуля температуры, — оценивался также в 1 балл. При температуре 0 К — писали участники, — нет движения молекул, и реакции не происходят. Строго говоря, это не совсем верно, поскольку при абсолютном нуле температур действуют квантовые механизмы движения молекул и взаимодействия между атомами; все атомы совершают т. н. «нулевые колебания», энергия которых не равна нулю. И, строго говоря, химические реакции при нуле температуры могут происходить. Другое дело, конечно, с малой вероятностью.

Но здесь нужно, в оправдание школьников, сказать, что абсолютного нуля температур в природе не существует, 0 К является теоретическим пределом термодинамической шкалы температур. Вся наша Вселенная заполнена реликтовым излучением, равновесная температура которого соответствует 2,7 градусам Кельвина. Это тот радиационный фон, который остался со времён горячей Вселенной. Поэтому нигде в пространстве (в природе) не может быть температуры ниже этой. А в лаборатор-

ных условиях, с применением специальной криогенной техники, человечество умеет уже достигать температур в микрокельвины (10^{-6} К).

И третий предварительный момент, который также оценивался положительно: место, где химические реакции не происходят — это ситуация химически однородного вещества, там, где все молекулы между собой равноправны и тождественны, а также упоминание об инертных газах. Естественно, что химические реакции тут тоже не происходят. Это верно. Но замечание состоит в том, что такие условия (химически чистые) относятся скорее всё-таки к пробирке, нежели ко Вселенной. Трудно указать в космосе место, где бы вещество было бы вполне однородным.

Для того, чтобы подойти к более ёмкому, полному и правильному ответу на этот вопрос, рассмотрим отличия химических взаимодействий от физических и биологических реакций.

Многие участники правильно упоминали, что все изменения агрегатного состояния вещества, конечно же, относятся к физическим процессам. К физическим реакциям относятся также и все взаимодействия так называемых элементарных частиц до уровня атома, точнее, до уровня образования атомного ядра. Дело в том, что различные сорта атомных ядер различаются между собой по величине своего заряда. Заряд ядра является как раз признаком принадлежности данного ядра к тому или иному химическому элементу. После того, как положительно заряженное ядро образует вокруг себя электронные оболочки, может возникнуть нейтральный атом того или иного химического элемента. Структура внешних электронных оболочек атома, в свою очередь, определяет как раз химические свойства данного элемента. Будет ли это щелочной металл, очень активно отдающий свой единственный валентный электрон, или это будет инертный газ, у которого все электронные оболочки, в том числе внешняя, полностью заполнены, и который «не хочет никого знать» и ни с кем не взаимодействует.

Мы можем определить химические реакции, как взаимодействие электронных оболочек различных атомов между собой, и объединение разных сортов атомов в молекулярные комплексы. Взаимодействия внешних электронов атомов и молекул определяют химические свойства тех или иных веществ.

По мере роста молекулярных образований мы попадём в область гигантских молекул (это сложные молекулярные комплексы, состоящие из тысяч, сотен тысяч, миллионов атомов, участвующие в весьма разветвлённых каталитических реакциях), и это будет уже область молекулярной биологии или биохимии. Понятно, что граница между хими-

ческими реакциями и биологическими достаточно условна и является, в общем-то, количественной.

Итак, продолжим перечисление правильных ответов на тот вопрос, где химические реакции не происходят. Опять-таки, исходя из данного выше определения, химические реакции не происходят в атомах и элементарных частицах. Характерный размер ядра атома 10^{-13} см, то есть мы можем указать ограничение по пространственному масштабу. Точнее, мы можем даже взять размер радиуса первой Боровской орбиты атома водорода ($0,528 \cdot 10^{-8}$ см), и, соответственно, в масштабах меньших, чем 10^{-8} см не может поместиться никаких электронных оболочек атомов и не могут происходить химические реакции.

Точно также мы можем указать временной масштаб, где химических реакций нет. Это состояние ранней Вселенной до «эпохи рекомбинации», т. е. до того момента, когда в горячей Вселенной существовала смесь протонов, электронов и других частиц, но не было никаких атомов. И только после того, как за время около 1 млн. лет температура остывающей Вселенной снизилась до примерно 4000 К, и произошла рекомбинация (объединение) электронов и протонов, образовались первые атомы водорода, вот после этого как раз стало возможно во Вселенной проведение химических реакций.

Наиболее существенным и правильным ответом на вопрос (ради которого этот вопрос и формулировался), является понимание того, что все электронные связи обладают определённой энергией, и по мере того, как возрастает температура в данном веществе, электронные связи между атомами могут разрушаться. Если мы повышаем температуру вещества, то на известном этапе происходит его ионизация, т. е. распад всех молекул на отдельные атомы (ионы) и отрыв от атомов внешних электронов, которые становятся свободными (при температурах 1000–2000 К). Чем сложнее молекула, тем скорее, как правило, наступает её распад. Поэтому понятно, что правильным ответом на предложенный вопрос является такой: «В любых типах звёздных объектов, то есть на всех звёздах химические реакции не происходят».

На первом этапе звёзды образуются из холодного (10–100 К) межзвёздного газа и пыли (в этих условиях химические реакции, конечно, возможны); идёт концентрация вещества, и образуется протозвезда, которая гравитационным образом сжимается. Температура в протозвезде возрастает, и при достижении температуры около 3000 К центральные части звезды, состоящей в основном из водорода, начинают ионизоваться. Вот с этого момента можно считать, что прежнее гравитационно связанное облако стало звездой; соответственно, химические

реакции в этом объекте прекратились. Это — стадия «красного карлика».

Если мы посмотрим на нормальные звёзды (в качестве примера можно взять наше Солнце), то здесь температура на поверхности составляет 6000 К, а в центре Солнца температура достигает 15 миллионов градусов Кельвина. Естественно, что никакие химические реакции здесь не происходят, поскольку у всех типов ядер электронные оболочки полностью отсутствуют. В недрах Солнца идут уже термоядерные реакции, то есть реакции превращения ядер атомов. Основной реакцией, обеспечивающей энергетику нашего Солнца, является превращение ядер водорода (протонов) в ядра гелия (α -частицы); кроме этого, происходят циклы реакций с созданием ядер кислорода, азота, углерода и многих других элементов. В более массивных звёздах осуществляются термоядерные реакции по превращению ядер более тяжёлых элементов, вплоть до ядер железа. Именно эти термоядерные реакции обеспечивают свечение всех типов нормальных звёзд.

На этапе умирания звезды и ее гравитационного сжатия могут возникать состояния, например, вырожденного газа (это белые карлики), может образоваться нейтронная жидкость (это происходит в нейтронных звёздах). И, наконец, для самых массивных звёзд наступает стадия гравитационного коллапса, когда вещество звезды, начиная с внутренних областей, проваливается в объект под названием «чёрная дыра». Чёрная дыра — это особое состояние пространства и времени. Чёрные дыры сохраняют такие параметры от предшествующей им звезды: величину полной массы, момент количества вращения прежней звезды и ее электрический заряд. Только эти три физические параметра родительской звезды сохраняются и у чёрных дыр. В этом отношении у астрономов есть поговорка: «у чёрной дыры нет волос», — т. е. при гравитационном коллапсе разрушаются все структуры вещества, и, естественно, химические реакции также невозможны.

Раз уж мы заговорили о химических элементах в звездах, полезно упомянуть в этом вопросе также о том, как формируется химический состав вещества в нашей Вселенной и как он изменяется. Первые элементы: водород и гелий (протоны и α -частицы), — родились в ранней Вселенной в процессе т. н. первичного нуклеосинтеза; они существуют всегда. Как было сказано выше, синтез всех видов более тяжёлых ядер происходит в нормальных звёздах за счёт термоядерных реакций. Это процесс заканчивается на стадии железа и никеля (масса ядер 55–58 атомных единиц), поскольку в этих типах ядер удельная энергия связи нуклонов в ядре максимальна. Можно сказать, что мы с вами, напри-

мер, состоим из звёздного вещества: все атомы, которые включены в состав нашего тела (исключением может быть водород, например, в составе воды H_2O), в своё время произошли из недр той или иной звезды.

На этапе «гибели» нормальной звезды (в центре проэволюционировавшей звезды находится массивное железное ядро), при гравитационном коллапсе, центральные части ядра звезды начинают проваливаться в чёрную дыру, а на её границе образуется очень мощный поток отдельных нейтронов, протонов и других элементарных частиц. Возникает состояние т. н. кварк-глюонной плазмы (это одна из моделей внутреннего устройства ядер) и в этих условиях осуществляется синтез всех ещё более тяжёлых сортов ядер, нежели железо. Частично энергия гравитационного коллапса звезды уходит на сброс внешних оболочек (для внешнего наблюдателя это наблюдается как взрыв сверхновой звезды или т. н. «гамма-всплеск»), и её вещество (то, которое не упало в чёрную дыру) разбрасывается по пространству. При этом оно оказывается обогащено ядрами всевозможных химических элементов, фактически всей таблицей Менделеева; включая и так называемые «ядра-монстры», то есть те ядерные образования, которые имеют порядковые номера (заряд ядра) примерно 140–300, и которые в обычных условиях не сохраняются. Эти значения соответствуют теоретически предсказанному диапазону следующего «острова стабильности» для сверхтяжёлых ядер. Такие ядра пока ещё не обнаружили, но их сейчас активно ищут, раз их существование возможно. Естественно, также образуется огромное количество всех переходных и нестабильных ядерных образований («осколков»), которые затем каскадами ядерных реакций распадаются на все известные нам на сегодняшний день химические элементы. Химическое обилие того или иного сорта атомов существенно уменьшается по мере роста массы этого ядра (при увеличении массы ядра в 10 раз — примерно в 10^8 раз). То есть, чем тяжелее ядро, тем его количество во Вселенной существенно меньше.

Наконец, в заключение, давайте скажем о том, где же химические реакции происходят. Можно сказать так: химические реакции происходят везде, где есть, во-первых, вещество (в какой-либо форме), и где температура меньше чем, примерно 3000 градусов К. Прежде всего, это газовые оболочки вокруг звёзд. Можно даже сказать, что оболочки звёзд являются самыми мощными химическими лабораториями во Вселенной. Может быть, их даже можно назвать «химическими заводами» Вселенной; поскольку все сорта химических соединений, которые наблюдаются в природе, образуются в первую очередь в оболочках

звёзд. Здесь находится обогащённое тяжёлыми атомами вещество, здесь идут мощные потоки инфракрасного, ультрафиолетового излучения от звезды. Температурный диапазон в оболочках звёзд — от тысяч до сотен градусов Кельвина. Здесь формируются очень сложные химические вещества, даже органические соединения до аминокислот наблюдаются в оболочках звёзд и межзвездных облаках.

Следующим классом объектов, где химические реакции также активно происходят, являются планеты. Планетные тела зарождаются в оболочках звёзд, и это есть не что иное, как концентрации околозвёздного вещества, «наработанного» в оболочках. Происходит их гравитационная конденсация, и в планетных телах возрастает плотность. На планетах обеспечиваются условия, при которых возможно образование жидких сред. Также здесь благоприятны диапазоны температур. За счёт повышения плотности вещества планетные тела являются уже биохимическими лабораториями. На ранних стадиях формирования планет — это так называемые «горячие Юпитеры», — это планеты, окружённые водородно-гелиевыми оболочками, имеющие большую массу (10^{29} – 10^{31} г), большие плотности вещества (1 – 5 г/см³), обогащённые в химическом отношении, и обладающие достаточно широким температурным диапазоном в разных своих оболочках (от 100 до 1000 К). В таких условиях возможны биохимические реакции и может происходить формирование биологических объектов.

Наконец, более обширные и более холодные космические фракции — это межзвёздный и межпланетный газ и пыль. Температура в межзвёздном газе может падать до 10 К; однако, и в межзвёздном газе и на поверхности межзвёздных пылинок точно также идут разнообразные химические реакции. Так, считается, что на ядрах комет могут также если не образовываться, то по крайней мере сохраняться аминокислоты и другие органические комплексы.

Можно сказать, что все пространства Вселенной, за исключением самих горячих звёзд, являются химически активными областями. Но опять таки нет правил без исключений. В заключении можно указать такое место, где химические реакции не происходят, где как раз и реализуется ситуация химически однородной среды. Это ядра планет.

Например, температура в центре нашей планеты Земля достигает 6500 К. Интересно заметить, что это значение превышает температуру поверхности Солнца; но за счёт высокого давления ($3,7 \cdot 10^{12}$ дин/см²), конечно, никакой плазмы у нас внутри планеты не образуется; ядро Земли вполне кристаллическое (его плотность $\rho = 13$ г/см³). За счёт процессов гравитационной дифференциации вещества планет все тяжё-

лые элементы стремятся к центру, и у планет (ещё на той фазе, когда они напоминали планеты-гиганты) образуется ядро из железа и никеля. Оно является химически однородным в достаточной степени (все другие, менее плотные вещества располагаются выше). Это довольно длительный процесс формирования и эволюции планетного тела (около миллиарда лет), выделения и образования в нём разного рода оболочек. Но, в известном смысле, можно сказать, что химические реакции в ядрах планет не происходят вследствие их химической однородности.

А, напротив, внешняя оболочка планеты — биосфера, там, где мы с вами находимся, — это область как раз наибольшего градиента всех параметров среды. Здесь у нас достигается наибольший перепад давлений, наибольший градиент плотности, наибольший градиент температур, химического состава и излучений, приходящих снаружи. Соответственно здесь — в области наибольших градиентов параметров, — возможен и наибольший спектр реакций, возможна наиболее активная химическая и биологическая деятельность, собственно жизнь.

Вопрос № 5. *Архимед: «Дайте мне точку опоры, и я сдвину Землю». Сколько времени потребуются Архимеду, чтобы заметно сдвинуть земной шар? Кто впервые «сдвинул» Землю? Кто впервые Землю измерил? Кто впервые Землю взвесил? Кто впервые Землю «обошёл»? Кто впервые Землю облетел? Кто впервые на Землю взглянул «со стороны»? (примечание: знание конкретных имен желательно, но не обязательно; ответ можно давать также и на вопросы «когда?» или «каким образом?»)*

Комментарий. Что касается данного изречения Архимеда, во-первых, надо сказать, что оно является скорее преданием, нежели строгим документом и строгой цитатой. Данное высказывание Архимеда является иллюстрацией правила рычага, которое было им установлено, — а именно, что выигрыш в силе является проигрышем в пройденном расстоянии. Количество же совершённой работы с помощью рычага остаётся одним и тем же, на обоих плечах рычага. Архимедов рычаг является простейшим механизмом. В современных терминах данное высказывание следует относить скорее уже к «PR», то есть к пропаганде данного изобретения, данной инженерной находки. Этой фразой Архимед подчёркивает теоретическую неограниченность возможностей рычага; и для того чтобы для примера показать совсем уж невозможные масштабы, он и говорит о том, что сдвинет Землю.

При желании можно подсчитать, каков именно должен быть пройденный путь дальнего конца рычага, исходя из разумных предположе-

ний о прилагаемой Архимедом силе, для того, чтобы сдвинуть Землю, например, на миллиметр, а также потребного времени на то, чтобы этот путь совершить. Понятно, что при массе Земли $5,9 \cdot 10^{27}$ грамм, все эти оценки — и пути, который Архимед должен пройти, и времени, которое он должен потратить, становятся несовместимыми ни с границами человеческой жизни, ни с каким-либо разумным обоснованием. Понятно, что рычаг такой длины, которая может получиться, невозможно реализовать ни при каких условиях: он заведомо будет гнуться и не даст требуемого результата (при соотношении плеч рычага $1 : 10^{23}$ и смещении Земли на 1 мм другой его конец опишет дугу 10^{20} м или 10000 световых лет).

Правда, Архимед был умным человеком. Он ведь сказал, что сдвинет Землю при определённом условии, он сказал «если», — если ему дадут точку опоры. Но вот в этом-то как раз тоже состоит принципиальная вещь: никакой точки опоры, внешней по отношению к Земле в целом, у нас нет и быть не может. Земля у нас ни к чему не прикреплена и свободно движется в пространстве.

Теперь рассмотрим, какие Земля совершает собственные движения. Это тоже элементы правильного ответа на вопрос, и они оценивались в баллах. Земля, как все знают, вращается вокруг своей оси с периодом 24 часа. Кроме того, Земля является участником движения двойной системы «Земля–Луна», — вместе со своим спутником она совершает один орбитальный оборот за 27,5 дней. И, наконец, Земля совершает годичное орбитальное движение вокруг Солнца. Помимо вращательных движений этих трёх типов, выделяются также ещё и движения собственно оси вращения Земли. Прежде всего, это период прецессии вокруг полюса эклиптики — по конусу 23,5 градусов ось вращения Земли перемещается с периодом 26 тыс. лет, — Земля «прецессирует», как волчок. Кроме этого, имеются собственные колебания оси вращения Земли меньшего масштаба — так называемые нутации, которые вызваны воздействием Луны. Кроме этого, существует так называемое вековое замедление скорости вращения Земли, за счёт эффекта приливного торможения Луны (увеличение суток на 0,0015 секунд за 100 лет). Вековым образом увеличивается также и расстояние между Землёй и Луной, наша система становится все более широкой. И, наконец, параметры годовой орбиты Земли, — расстояние от Земли до Солнца, наклон орбиты Земли и её эксцентриситет, — испытывают небольшие вековые колебания вокруг своих средних значений. Но эти колебания, по видимому, не имеют вековых изменений.

Вопрос: «Кто может сдвинуть Землю?». Естественно, что сделать

это могут только внешние по отношению к ней силы, поскольку по законам механики внутренние силы систему не перемещают. Непрерывно «сдвигает» Землю прежде всего Солнце (масса $1,99 \cdot 10^{33}$ г), вокруг которого она обращается, и на орбите вокруг которого Земля, собственно, и образовалась как планетное тело. Это и Луна (масса $7,35 \cdot 10^{25}$ г), которая также сдвигает её «вбок» своим притяжением: хотя общий центр масс системы Земля–Луна располагается внутри тела Земли, но, тем не менее, Земля точно также движется и вокруг него тоже. На ранних этапах формирования солнечной системы это могли быть многочисленные планетозимали (зародыши планет), которые сталкивались с формирующейся Землёй. Эти столкновения, в частности, могут быть одним из объяснений того факта, что ось вращения Земли наклонена на 23,5 градуса по отношению к плоскости своей орбиты. С Землёй время от времени сталкиваются и астероиды. Но поскольку их масса пренебрежимо мала по сравнению с массой Земли (самая большая малая планета Церера имеет массу 10^{24} г), то заметного влияния на положение Земли или на её параметры вращения столкновения с астероидами не оказывают; тем более, что максимум бомбардировки астероидами Земли и Луны приходился на период примерно 3,5–4 млрд. лет назад. Формально, любой запускаемый искусственный спутник Земли также некоторым образом её сдвигает, поскольку по закону сохранения импульса тело, которое от Земли оторвалось и стало её искусственным спутником, или спутником Солнца, обменивается импульсом с Землёй и часть своего импульса передаёт телу Земли. Естественно, это пренебрежимо малые эффекты.

«Остановивший Солнце, сдвинувший Землю» — это надпись на памятнике Николаю Копернику в Варшаве, поскольку он является автором гелиоцентрической системы мира, которая затем стала общепризнанной. Естественно, что Коперник сдвинул Землю не в физическом смысле, а в сознании людей. Справедливости ради надо заметить, что ещё раньше гелиоцентрическую систему мира, в которой Солнце неподвижно и является центром, а Земля вращается вокруг него, предлагал ещё Аристарх Самосский (310–250 гг. до н. э.). Наконец, если мы вспомним, что Земля не абсолютно твёрдое тело, а планетное тело, состоящее из системы движущихся внешних оболочек, то нужно упомянуть имя Альфреда Л. Вегенера, который предложил в 1910 г. теорию дрейфа материков по поверхности Земли. В течение 20 века теория Вегенера нашла свое блестящее подтверждение, в том числе и в результате прямых измерений.

Что означает «Землю измерить?». Ещё древние философы предла-

гали различные рассуждения о том, какова может быть форма Земли, и каковы могут быть её размеры. Со времён пифагорейской школы (6 век до н. э.) Земля предполагается круглой, сферической. Но первое научное собственно измерение размеров Земли провёл Эратосфен Киренский (276–194 гг. до н. э.). Он наблюдал высоту Солнца в день летнего солнцестояния. Ему было известно, что в этот день в городе Сиена (нынешний Асуан) в Египте в полдень солнце освещает дно самых глубоких колодцев (т. е. в полдень дня летнего солнцестояния солнце в этом городе находится в зените). Находясь в Александрии, Эратосфен в этот же день измерил высоту Солнца над горизонтом в полдень, и обнаружил, что в этом месте солнце отклоняется от зенита на $1/50$ часть окружности. Поскольку расстояние между этими двумя городами ему было известно, то, принимая разницу углов высоты Солнца за разницу направлений на эти города из центра Земли (что естественно для сферической Земли), он достаточно точно определил размер Земли по меридиану, который весьма близок к современным значениям. Позднее, в течение веков в разных странах многие учёные проводили измерения размеров и формы Земли (подробнее см. вопрос 5 за 2001 г.).

Как Землю взвесить? Здесь необходимо упомянуть имена Иоганна Кеплера (1571–1630), который определил законы движения планет, и Исаака Ньютона (1642–1727), который сформулировал закон всемирного тяготения. Ньютон сопоставил процессы притяжения тел на поверхности Земли (здесь легенда приписывает известную роль упавшему яблоку) с тем, как движется по своей орбите Луна. Ньютон предположил, что орбитальное движение Луны есть не что иное, как процесс непрерывного падения нашего спутника на тело Земли, аналогичное падению яблока. Тем самым тяготение определяется не просто как особенность на поверхности Земли, а как процесс именно «всемирный». Впоследствии этому закону были подчинено движение планет по Кеплеровым орбитам; а своё блестящее подтверждение и признание закон всемирного тяготения нашёл в расчётах движения комет, их периодов обращения и размеров орбит.

Обобщения Ньютона для законов орбитального движения Кеплера с учётом масс участвующих в них тел позволяют произвести относительное взвешивание небесных тел, т. е. определить их массы. Этот метод широко применяется в астрономии; и всякий раз, когда удаётся измерить размеры орбиты в поле тяготения движущегося тела и период его движения, тем самым удаётся определить относительные значения масс звезды, центральной планеты или может быть даже чёрной дыры, вокруг которой пробное тело обращается.

Чтобы определить массу в абсолютных единицах, нужно вспомнить имя Генри Кавендиша (1731–1810), который произвёл серию опытов на крутильных весах и измерил силу притяжения между двумя массивными шарами. Благодаря его опытам было установлено численное значение постоянной тяготения, и мы можем, измеряя ускорение свободного падения на поверхности Земли, вычислить массу притягивающего тела, то есть взвесить Землю в буквальном смысле слова. Им была также установлена тождественность между инертной и гравитационной массами с достаточно высокой для того времени точностью; впоследствии эти эксперименты со всё более высокой точностью были повторены и по-прежнему подтверждают количественную тождественность этих двух видов масс.

Теперь о том, кто Землю обошёл. Естественно, что вокруг Земного шара нет сухого пути, и поэтому Землю нельзя обойти каким-нибудь простым способом, буквально ногами, за исключением, конечно, локального путешествия вокруг полюса, по льдам Северного ледовитого океана или по материку Антарктиды. Поэтому кругосветные путешествия совершались, конечно, по морю. Первым таким путешествием была экспедиция Фернандо Магеллана (1519–1522 годы), которая продолжалась 1081 день. Сам Магеллан в ходе экспедиции погиб (27.04.1521) на островах Тихого океана, а завершена она была его спутником Эль-Кано. Он сумел привести обратно в Испанию единственный корабль с командой 18 человек. Экспедиция Магеллана–Эль-Кано впервые фактически подтвердила, что Земля является шарообразной, и что «обойти» вокруг всего земного шара можно. Здесь же был впервые обнаружен эффект потери одного дня счисления пути при движении вокруг земного шара на Запад. После Магеллана кругосветные путешествия совершали многие мореплаватели. Можно упомянуть имя Френсиса Дрейка, который был первым англичанином, совершившим кругосветное путешествие (в 1580 году). Многочисленные путешествия совершил капитан Джеймс Кук. Из наших отечественных моряков, — это путешествие вокруг света Крузенштерна и Лисянского. Также можно упомянуть поход Беллинсгаузена и Лазарева (1821 год) к берегам Антарктиды. Поскольку они побывали на всех долготах вокруг этого материка, можно сказать, что вокруг Антарктиды они тоже совершили кругосветное путешествие.

Как земной шар облететь? Если не считать мифических персонажей и сказочных героев, первыми людьми, облетевшими земной шар, были персонажи романа Жюль Верна «Вокруг света на воздушном шаре». На самом деле вокруг всего земного шара, тем более без посадки, обле-

теть на воздушном шаре очень сложно. В наше время осуществляются беспосадочные стратосферные полеты аэростатных зондов для измерений параметров магнитного поля Земли, которые с помощью высотных струйных течений совершают циклические широтные путешествия вдоль полярного круга, разумеется, в автоматическом режиме. Первая реализация пилотируемого кругосветного облёта была выполнена в 1929 году не на воздушном шаре, а на дирижабле. Это был германский дирижабль «Граф фон Цеппелин», который заполнялся водородом. Путешествие продолжалось 29 дней (естественно, с посадками). Самолёты (т. е. летательные аппараты тяжелее воздуха) смогли развиться до надлежащего уровня существенно позже; и облёт земного шара на самолёте был совершён только к середине 20 века (тоже, естественно, с посадками). Из отечественных лётчиков здесь же можно упомянуть перелёт Валерия Чкалова 1937 года из Москвы через Северный полюс в Канаду; за ним последовал перелёт Громова до Сан-Франциско. Но были и потери: в 1939 году самолёт, пилотируемый через Северный полюс Ляпишевским, потерпел катастрофу и исчез. В полном смысле слова «облететь земной шар» можно, конечно, в рамках космического полёта. Первый полёт в космос был совершён Юрием Алексеевичем Гагариным 12 апреля 1961 года, — в нашей стране с тех пор это событие празднуется как День космонавтики. Гагарин на корабле «Восток» совершил один виток вокруг Земли за 108 минут. Очень приятно, что многие участники Турнира не забыли истинных первопроходцев космоса, поскольку первыми живыми существами, полетевшими в космос и облетевшими Землю, были не люди, а всё-таки собаки. Это были знаменитые в нашей стране собаки Белка и Стрелка. Их полёт, собственно, и предназначался для подтверждения возможности самого пребывания живых существ в космосе в условиях невесомости, их успешного полёта и возвращения.

Как посмотреть на Землю со стороны? Прежде всего, нужно определить — что значит «со стороны»? Строго говоря, первыми людьми, которые посмотрели на земной шар со стороны, были братья Монгольфье, которые соорудили в 18 веке первый реально «работавший» воздушный шар, который наполнялся горячим воздухом, и совершили на нем первый воздушный полёт. Конечно, очень не высоко. Но, тем не менее, они оторвались от Земли и смотрели на неё хотя и с близкой, но со стороны. В 19 веке воздухоплавание развивалось довольно бурными темпами. К 1930-м годам начался шторм стратосферы: выполнялись полёты на аэростатах, заполненных гелием. Естественно, логическим завершением подъёма человека на большие высоты является

полёт в космическое пространство. (многие упоминали, что Гагарин первым посмотрел на Землю со стороны уже из космоса). Но для того, чтобы бросить первый взгляд уже совсем «со стороны», человеку нужно было добраться до поверхности другого небесного тела. Это произошло в 1969 году: американские астронавты Армстронг, Коллинз и Олдрин в рамках программы «Аполлон» совершили первый успешный полёт на Луну и смотрели с Луны на Землю. Широко известны слова Армстронга о том, что его первый шаг по поверхности Луны — это всего лишь небольшой шаг одного человека, но гигантский скачок всего Человечества.

В наше время запущенные Человечеством космические аппараты уже вышли далеко за пределы орбиты Плутона и находятся в дальних окрестностях Солнечной системы. Эти аппараты пока «живы»; и в известном смысле можно сказать, что эти плоды рук человеческих могут «смотреть со стороны» не только на нашу планету, не только на систему Земля-Луна, но и на всю нашу Солнечную планетную систему, в которой мы с вами живём.

Вопрос № 6. *Почему Гораций и Овидий называли Луну «трёхликое светило»? Почему у римлян Луна получила прозвище *Luna Fallax* («обманщица»)? Какой символ для молодой луны применяли древние египтяне?*

Комментарий. Очень многие участники Турнира давали самый простой и уже изначально верный ответ: Луну называли трёхликим светилем, конечно же, потому, что Луна меняет свои фазы. Правда, все, кто об этом писал, говорили о тех четырёх фазах Луны, которые мы выделяем сейчас, имея в виду Луну «растущую», «полную», «убывающую» и новолуние. Гораций и Овидий имели в виду несколько иное, о чём будет сказано ниже.

По поводу обидного прозвища «обманщица». Луна, действительно, даёт богатую почву для сомнений и подозрений в свой адрес, здесь также участники указывали целый ряд факторов. Прежде всего — это изменение её видимого внешнего облика. Поскольку при орбитальном движении Луны плавно изменяется угол между Землёй, Луной и Солнцем (т. н. фазовый угол Луны или угол ее освещённости), то также плавно меняется и доля освещённой поверхности Луны, т. е. её видимая фаза. Поэтому нам Луна представляется на небе каждый день разная, на следующий день внешний вид Луны уже будет существенно отличаться от сегодняшнего, а через 7 дней наступает как бы следующая выделенная фаза. Неслучайно даже в драме Шекспира Джульетта спе-

циально просит Ромео не клясться ей в верности, ссылаясь на Луну, «каждый день изменчивую».

Следующий элемент «обмана» — это то, что Луна, как спутник Земли, довольно быстро движется среди звёзд по небу: за один день перемещение Луны составляет около 13 градусов. Соответственно, Луна каждый день на небе видна в разных созвездиях. Именно поэтому Луной, хотя и очень ярким небесным светилом, тем не менее, никогда не пользовались в качестве ориентира, например, для того, чтобы определять направления на море (правда, на море Луну использовали для решения проблемы долготы, — но это другая история, из 18 века).

Кроме того, Луна каждый день столь же заметно меняет и время своего восхода. Момент её появления на небе может меняться почти на 1 час, день ото дня. Поэтому Луну никогда не использовали (и невозможно использовать) и для определения времени. Если вы, — житель древнего мира, — например, сегодня были в гостях и возвращаетесь вечером к себе домой, — то сегодня вам Луна дорогу освещает, а завтра, — она может вас серьёзно подвести. Взойдёт позже, — и вы либо заблудитесь в темноте, либо у вас могут оказаться какие-нибудь приключения по дороге.

Кроме этого, несмотря на то, что Луна является у нас вторым по яркости небесным объектом, её свет всегда воспринимался как весьма неверный. В первую очередь это связано с тем, что Солнце имеет яркость -26 звёздную величину, а самая яркая Луна, даже полная, — -13 звёздную величину. Соответственно, Луна всегда светит всё-таки в 400 тысяч раз слабее, чем Солнце. А когда Луна находится в ущербных фазах, — её свет становится ещё более слабым и неверным. Поэтому на Луну даже в качестве осветительного прибора полагаться невозможно.

Древние, конечно, не знали (это мы сейчас знаем), что Луна не является светилом как таковым; она светит не собственным светом, а отражённым светом Солнца. Его-то мы и видим в качестве фаз Луны. Поверхность Луны является очень неровной, очень пыльной, и общий коэффициент отражения от поверхности Луны (альbedo) составляет всего-навсего 7%. То есть Луна посылает нам $1/14$ часть того света, который она сама получает от Солнца.

Следующий момент состоит в том, что внешний вид нашего спутника крайне неоднороден. Луна покрыта своеобразными пятнами, именно поэтому всегда, у всех народов считалось, что Луна обладает каким-то «загадочным» ликом. Сейчас нам известно, что на Луне есть два типа рельефа, — это т. н. «горы» и «моря». Они различаются по своему образованию, составу и по своей внешней морфологии. Моря, —

это бывшие базальтовые разливы лавы, они более ровные; и нам они представляются более тёмными. Ну а разные народы мира, глядя на Луну, обнаруживали там совершенно различные образы. В некоторых случаях считалось, что Луна обладает какой-то «загадочной улыбкой». В некоторых культурах утверждается, что внешний вид Луны изображает кающегося Каина. В Китае, например, на Луне видят изображение т. н. «лунного зайца». По легенде, этот заяц принёс себя в жертву, — бросился в огонь и сам себя поджарил для того, чтобы проголодавшийся Будда мог утолить голод. В благодарность, соответственно, Будда, якобы, поместил его на видимую сторону Луны.

Следующий момент загадочности, связанный с Луной, состоит в том, что наш спутник всегда обращён в сторону Земли только одной своей стороной. Мы замечаем, что она не показывает нам свою обратную сторону, и не вращается вокруг своей оси. Вместе с тем, в разные свои фазы Луна «поворачивается»: растущий месяц смотрит сначала на восток (как буква Р), потом старый, — на запад (буква С). Такое вот сочетание видимого поведения являлось крайне необычным с точки зрения древнего человека, поскольку все остальные небесные светила ведут себя более привычным образом: светят либо постоянным светом, как Солнце (тогда ещё не было известно про пятна на Солнце), либо светят как планеты, — яркие точки (до изобретения телескопа не были известны диски планет и их фазы, например, у Венеры). Это обстоятельство настораживало и порождало «загадочность» внешнего вида Луны, поскольку объяснения этому видимому факту у древних людей не было.

Сейчас мы знаем, что Луна вращается вокруг своей оси, но период её собственного вращения синхронизован с периодом её орбитального вращения за счёт эффектов т. н. гравитационных резонансов. Луна, находясь в резонансе и участвуя в обоих вращениях с равной скоростью, тем самым остаётся направленной по отношению к Земле одной своей стороной. Этот эффект возник после того, как вращение Луны было заторможено и полностью остановлено впоследствии приливным воздействием со стороны Земли.

Следующим моментом, порождающим недоумение и страх у древних людей, были затмения Луны. В фазе полнолуния, когда Луна круглая и яркая, иногда случалось так, что Луна как бы «проваливалась» в какую-то тёмную яму, её закрывала таинственная тень. Как мы сейчас знаем, Луна входит в тень Земли от Солнца, и её закрывает конус тени Земли. Естественно, Луна теряет свет от Солнца и становится на какое-то время невидимой. У древних людей мифическим объяс-

нением исчезновения Луны было то, что какой-либо сердитый бог или небесный дракон пожирает её. К счастью, ненадолго, поскольку длительность лунных затмений составляет всего несколько часов. Затем Луна выходит из тени Земли и вновь сияет полным светом на небе. Но это знаем мы, а для древних факт поглощения Луны драконом был, конечно, ужасным небесным предзнаменованием, который вызывал многочисленные панические суждения. Тем более что Луна в полной фазе затмения получает часть света Солнца, прошедшего через земную атмосферу, и который приобретает красный цвет. Поэтому во время некоторых затмений Луна может быть видна в качестве тёмного кроваво-красного диска, что также древним людям оптимизма не внушало.

И, наконец, ещё один факт, который был известен всем народам, живущим на морских побережьях, но в научном мировоззрении был воспринят существенно позже, уже в эпоху Возрождения — это морские приливы и отливы. Было также известно, что временной график этих приливов, которым так или иначе подчинена жизнь рыбаков, связан с временем восхода Луны над горизонтом, то есть приливы синхронны с движением Луны по небу. Их величина зависит также и от фазы Луны: в новолуниях и полнолуниях приливы наиболее высокие. Но опять-таки сейчас мы знаем, что это связано с гравитационным воздействием со стороны Луны на Землю, в частности, — на её водную оболочку, — Мировой океан. По океану перемещается приливная волна, которая, естественно, синхронизована с орбитальным движением Луны. Но в науке этот факт был признан далеко не сразу. Известно, например, что Галилео Галилей (1564–1642), сделав грандиозные открытия в наблюдательной астрономии, тем не менее гипотезу Кеплера о связи приливов в море с движением Луны категорически отрицал и высмеивал.

Однако, давайте вернёмся в Рим, точнее, в Римскую республику, уточним, почему Луна трёхликая, хотя у неё 4 фазы, и почему она всё-таки обманщица. Прежде всего, древнеримские авторы — Гораций, Овидий и многие другие — называли Луну «трёхликое светило» потому, что в римском календаре действовали лунные месяцы и использовались 3 фазы Луны.

Во-первых, это новолуние; причём этот день имел собственное имя, — он назывался «календы», и с него начинался соответствующий месяц. День, когда Луна достигала первой четверти, назывался в римском календаре «ноны». И, наконец, день полнолуния назывался «иды». На протяжении всего лунного месяца только эти три дня имели соб-

ственные названия (календы, ноны, иды), а все остальные дни обозначались всего-навсего только порядковым номером, причём в обратном счёте. То есть, например, «день 15-й до календ», или до нон, или «день 7-й до ид». Вторичное собственное название имел только последний день в этом числовом ряду, который назывался «канун (соответствующего именного дня)». Римская республика жила по лунному месяцу. А нам известно, что период фаз Луны, то есть лунный месяц, не сопоставим с длительностью солнечного дня; он содержит 29,5305882... дней. Поэтому разные месяцы должны были иметь разную продолжительность — либо 29 дней, либо 30. Для того, чтобы определять, какую же продолжительность будет иметь данный конкретный месяц, в Римской республике существовали соответствующие жрецы (они назывались понтифики); они предсказывали (а, точнее, назначали) то число дней, которое будет содержать каждый очередной месяц. Причём назначать это число нужно как бы заранее, то есть после наступления ид текущего месяца объявлять, каким по счёту будет следующий день до календ следующего месяца. В результате простые римские граждане и другие жители этой республики испытывали существенные неудобства в пользовании таким неопределённым календарём (слово «календарь» и происходит от слова «календы», то есть «начало нового месяца»), потому что, во-первых, начало нового месяца связано с фазой новолуния, когда и Луны не видно, и на небе не присутствует никаких иных явных признаков, и, во-вторых, это назначение порядка дней происходит за 15 и более дней до календ.

А день календ для римских граждан имел самое существенное, можно сказать, животрепещущее значение, поскольку календы являлись днём платежа: в календы платили долги, получали все виды доходов, заключались крупные торговые операции, а самое главное — проходили выборы. И все эти действия так или иначе были привязаны к названию дня в месяце. Естественно, что если вы, например, ведёте крупные торговые операции, то вам очень сложно планировать свою деятельность, если вы даже не знаете, сколько дней будет в этом месяце. Или если вы, например, — крупный римский патриций, — и вам должны вернуть долги на несколько миллионов сестерциев, то, наверное, для вас будет существенно, когда наступят календы: через 2 дня или через 3. Завтра или послезавтра, — это разница, особенно для должностных лиц.

Кроме того, что такие неудобства порождал лунный месяц, ещё большие беспорядки вызывал весь годовой цикл лунно-солнечного календаря. Дело в том, что в Римской республике существовало как бы

два календаря: один — гражданский, другой — жреческий. Гражданский календарь начинался с 1 марта; и первые 4 месяца (март, апрель, май, июнь) имели собственные названия, посвящались соответствующим богам (Марсу, Априлу, богине Майе и богине Юноне). Следующие месяцы имели просто порядковые наименования: квинтилис (5), сикстилис (6), септембр (7), октобр (8), новембр (9) и децембр (10). Но жреческий календарь начинался не с 1 марта, а с 1 января, и в нём были ещё два месяца с собственными наименованиями — это месяц в честь бога Януса (двуликого — начало и конец года) — Януарий, и следующий за ним месяц Фебруар. Поскольку 12 лунных месяцев по своей продолжительности (354,37 дня) меньше одного солнечного года ($365^d,2422$) на $10^d,87$ (знаком d в астрономии обозначают дни, причём, если число дней дробное, то значок ставится перед десятичной запятой), то для того, чтобы счёт лунных месяцев приводить в соответствие с сезонами солнечного года, необходимо раз в 3 или 4 года в календарь добавлять 13-й месяц. И такой месяц (он назывался Мерцедоний, то есть «мерцающий») вставлялся между последних чисел февраля. Вот определить, в какой год этот месяц будет в февраль вставлен, а в какой — нет, — это также была функция жрецов Римской республики. Более или менее заранее они могли говорить, что, допустим, этот год будет содержать не 12, а 13 месяцев. Ну, теперь опять поставьте себя мысленно в ситуацию римского гражданина, который заранее не знает, сколько у него дней в этом и следующем месяце, сколько у него осталось дней до тех или иных календ, сколько у него осталась месяцев до, например, того или иного срока смены консула и до очередных выборов. (А что такое перенос выборов — мы с вами знаем из нашей новейшей истории.) А поскольку жрецами всё это относилось на поведение самой Луны, — что, дескать, это воля богов, — то не случайно, что римляне Луну, соответственно, во всём и винили. Каждая такая временная накладка, по дням или по месяцам календаря, вызывала каждый раз соответствующие эмоции. Вот за Луной и закрепилось прозвище «обманщица», поскольку на неё ни в чём нельзя полагаться, даже в таком деле, как счёт дней. Как говорил Вольтер: «Римские полководцы всегда побеждали, но никогда не знали, в какой день это случилось».

Теперь переместимся в Египет, и заметим, что в древнеегипетской цивилизации Луна (точнее, молодая Луна — тонкий месяц) всегда выступает либо в виде лодочки (это — своего рода небесное транспортное средство для богов), либо, как упоминали некоторые участники, в виде рогов священной коровы, на которых (на рогах) покоится то или иное светило. Важно подчеркнуть, что у египтян молодой тонкий месяц

всегда занимает горизонтальное расположение. Это связано с тем, что Египет находится на южных широтах: через Египет проходит (в районе Асуана) Тропик Рака, и там летом Солнце в полдень бывает вовсе в зените. Поэтому и Луна в своих ранних и поздних фазах в виде тонкого месяца на небе около горизонта на западе или на востоке располагается горизонтально, в то время как в средних широтах мы привыкли видеть месяц, расположенный почти вертикально.

Вопрос № 7. *Расставьте следующие понятия в логическую причинно-следственную зависимость: 7 дней каждой фазы Луны, 7 звёзд в Ковше Большой Медведицы, 7 видимых планет, 7 дней творения мира, 7 основных металлов, 7 цветов радуги, 7 небесных сфер. Когда возникла 7 дневная неделя? Правда ли, что Юлий Цезарь ввёл новый календарь (юлианский) для того, чтобы религиозные праздники приходились на определённые дни недели (желательно на субботу или воскресенье)?*

Комментарий. Седьмой вопрос, как и ожидалось, действительно оказался наиболее сложным для большинства участников Турнира, и вовсе не потому, что он занимает 7 место, а потому, что здесь собраны очень многие понятия, над которыми участникам предлагалось подумать, поразмышлять в основном над вопросом «почему так?». Возможно, додуматься позже. Варианты ответов, которые были написаны, — очень разные, но, как правило, всегда либо лапидарные, либо неверные. Многие ограничивались написанием того, что число 7 — это «магическое число»; многие пересказывали библейские легенды.

Трудность 7 вопроса состоит в том, что здесь перечислены понятия, которые являются напластованием очень многих произведений, обычаев, мифов, предрассудков, пришедших к нам из культур нескольких цивилизаций. А кроме того, имеют место определённые и очень важные природные (астрономические) совпадения, которые мы рассмотрим ниже.

Первая тема — это **7 миров**. Человечество в целом в своём интеллектуальном развитии до некоторой степени повторяет те этапы познания мира, которые совершает каждый маленький человек, родившийся на свет. По мере своего взросления человек (отдельный) и Человечество (в целом) познаёт окружающий мир: его структуры и взаимосвязи. Самый первый эффект, который отмечается, состоит в том, что действует сила тяжести. Ускорение свободного падения определяет падение всех предметов вниз; соответственно, происходит разделение на 3 положения: это направление вверх, положение в середине и направление

вниз. Эти направления выделяются сразу же, как только маленький ребёнок начинает держать голову или учиться ходить. Эти 3 объёма (верхний, средний, нижний) преобразовываются в первичном мифическом сознании человечества в 3 «мира»: верхний мир (небо, свет), средний мир (Земля, где мы живём), и нижний мир (ад и тьма). Направление «верх–низ» разделяет и качество понятий и предметов на «хорошее» и «плохое»; делит мир на «горный» и «дольный». («Да не все то, что сверху — от Бога, и народ зажигалки тушил. . . » В. Высоцкий).

После того, как человек начал ползать или ходить, он начинает познавать ближние окрестности мира. Это может быть кровать или логово, комната или пещера, это могут быть окружающие небоскрёбы или просто окрестная местность. В любом случае образуются ещё 4 направления: вправо–влево и вперёд–назад. Эти 4 направления становятся как бы 4 сторонами «малого», домашнего пространства. Когда человек привыкнет выходить из своей пещеры (комнаты, дома) в больший мир и многократно видеть окрестные ландшафты, он заметит следующие вещи. Во-первых, есть направление, где происходит появление (восход) всех светил, прежде всего Солнца; и восход его воспринимается как рождение (восток). Напротив, исчезновение Солнца и других светил под горизонтом воспринимается как смерть (заход на западе = гибель). Кроме этого, есть направление, с которого приходит наибольшее тепло и свет (юг), и направление, где царит холод и тьма (север). Таким образом, в самом первобытном сознании формируется понятие не просто четырёх направлений пространства, а четырёх сторон света, которые закреплены астрономическими наблюдениями и в повседневной жизни.

В древности люди представляли себе общее строение Земли тоже расположенной по 4 направлениям крестообразно (Север, Восток, Юг, Запад); более того, Земля представлялась им квадратной (отсюда происходит выражение «четыре угла Земли»). От такого ориентирования по 4 сторонам света в самых древних культурах возникает и такая геометрическая фигура, как крест. В свою очередь, наложение креста на кружочек (как примитивная схема Земли) составляет и сохранившийся до наших дней астрономический символ планеты Земля \oplus — это кружочек с крестом посередине. Отсюда же происходит и слово «окрестность».

Кроме этого, у живущих в средней полосе народов всегда были замечены 4 разных сезона: весна, лето, осень, зима. Эти 4 сезона «организовывали» всю жизнь древних народов, полностью определяли её ритм и структуру года. Отсюда происходит символ, отражающий коловращение времён, именно последовательный переход сезонов один в другой.

Это крест с загнутыми в одну сторону концами, известный как свастика. Этот символ существует во всех индоевропейских древних культурах; самые ранние его находки относятся к раскопкам города Мохенжо-Даро с возрастом около 5 тыс. лет. В современной Индии свастика также почитается как священный и очень значимый космологический символ смены времён года. К сожалению, в Европе в 20 веке этот символ получил неправильное и неудачное употребление.

Таким образом, 3 положения верхнего, среднего и нижнего миров и 4 направления сторон света образуют в сумме 7 «миров», которые можно мысленно (мифологически) выделить, причём один из них — это центральное положение — там, где мы находимся. Следует подчеркнуть, что выделение 7 миров в древнем мифологическом сознании относится к индоевропейским культурам и цивилизациям. Например, в Китае и у других последователей буддизма таким числом является 5: 4 стороны света и центр Земли ($4 + 1 = 5$).

Следующий момент — это **7 видимых планет**. Для того чтобы говорить о числе планет, их нужно, во-первых, создать, и, во-вторых, пересчитать. Вся наша Солнечная система образовалась как единый комплекс центральной звезды (Солнце, возраст около 5 млрд. лет) и многих планет вокруг неё (возраст Земли $(4,55 \pm 0,05) \cdot 10^9$ лет). В процессе развития газопылевого облака сформировались планетозимали (протопланеты). Из них затем образовались очень разные планеты по разным сценариям; на некоторых из них, возможно, возникла биологическая жизнь. На нашей планете жизнь развилась уже до состояния разумной жизни. И, в конце концов, теперь существуют наблюдатели (мы с вами), — те, кто могут эти планеты наблюдать и считать их. Для того, чтобы наша планетная система образовалась в том виде, как мы её сейчас знаем, необходимо сочетание определённых существенных, изначально заданных параметров. Прежде всего, это масса начального протопланетного облака и, соответственно, масса центральной звезды — Солнца. Менее массивные звёзды являются, как правило, двойными, и у них нет дисков и планетных систем. Более массивные звёзды являются очень яркими и горячими голубыми гигантами, и всё протопланетное облако, которое вокруг них первоначально могло быть, они своим мощным излучением разбрасывают в космическое пространство, — у них также нет планет. Кроме массы протопланетного облака, важным параметром является его химический состав, поскольку необходимо иметь достаточный набор тяжёлых элементов, из которых впоследствии будут построены планетные тела. И ещё один момент — наблюдаемое в нашей Солнечной системе расположение планет является закономерной систе-

мой. Существует закон геометрической прогрессии расстояний планет от Солнца, известный как закон Тициуса-Боде (см. вопрос № 5 за 2000 г.).

Кроме закономерных соотношений, которые создали нашу планетную систему, нужно подчеркнуть ещё и определённые особенности, которыми наша планетная система обладает. Во-первых, в ней планет известно достаточно много: с учётом Плутона, больших планет у нас 9. Строго говоря, регулярными планетами можно считать тела только до Нептуна включительно. Уже Плутон по своим физическим и динамическим параметрам является первым представителем «транснептуновых» объектов, т. е. малых тел на периферии Солнечной системы (40–50 а. е.), которые ещё не прошли стадию формирования собственно планетных тел. Их там много (уже открыто около 400, всего возможно до 10^5), они, как правило, меньшей массы (10^{24} – 10^{22} г) и размера (100–800 км), и состоят из замёрзших газов, воды и других летучих элементов. Они очень тёмные (альbedo $\approx 0,05$) и возможно имеют большое количество органических соединений. Нужно заметить, что в планетных системах около других звёзд мы находим, как правило, 1 планету; самое большое число, — 3 планеты, — обнаружено всего в нескольких системах из примерно 300 известных. Нам неизвестны планетные системы с большим числом планет, но это связано с недостатками имеющихся у нас сейчас наблюдательных методов. Если бы мы, занимаясь поисками планетных систем откуда-то извне, наблюдали бы Солнечную систему теми методами и с теми точностями, которыми мы сейчас располагаем, то было бы обнаружено, по-видимому, что у Солнца всего только 2 планеты, — это Юпитер и Сатурн. Дело в том, будучи наиболее массивными планетами, только они способны оказывать такое гравитационное влияние на центральную звезду (Солнце), которое можно было бы обнаружить наблюдениями извне. Будем надеяться, что в следующие десятилетия у нас появятся возможности обнаружения у других звёзд и малых, менее массивных планет, таких, как наша Земля. Тогда, конечно, число других экзопланет тоже возрастёт, и мы сможем более обстоятельно сравнивать нашу Солнечную систему с планетными системами других звезд.

Итак, на третьей от Солнца планете возникла жизнь, появились разумные существа — люди, и тем самым образовались наблюдатели неба. Наблюдение за небесными светилами Человечество начало ещё со времён каменного века (конец последнего оледенения 11000 лет, неолитическая революция произошла ориентировочно 13000 лет назад). Однако информацию о наиболее древних систематических наблюде-

ниях мы имеем только со времён цивилизации Шумера (5000 лет). Естественно, что для проведения систематических наблюдений, человечество должно было пройти определённые этапы своего развития. Должны были сформироваться оседлые земледельческие цивилизации, которые существуют на одном и том же месте длительное время, имеют письменность, способны фиксировать результаты наблюдений, а в структуре этих цивилизаций должны были выделиться специально назначенные для этого люди. Это были жрецы, то есть сотрудники той или иной религии или идеологии, которые и могли заниматься решением таких задач, как наблюдательная астрономия.

Древние астрономы установили суточное вращение звёздного неба, как целого, а на фоне неподвижных звёзд ими было замечено всего несколько объектов, которые изменяют своё положение. Шумеры называли их «дикими овцами» (по-гречески *πλαηετ* — «блуждающее светило»). Астрономические сведения шумеров и их космогонические мифы «Энума элиш» («Когда там, наверху...», 3 тыс. лет до н. э.), лунные календари жителей города Аккада (эпоха Саргона Древнего, 24 в. до н. э.), астрологические тексты эпохи царя Вавилона Хаммурапи (18 в. до н. э.) и знаменитый астрономический труд «Муль-Апин» («звезда-плуг», около 700 г. до н. э.) дошли до нас благодаря глиняным табличкам из библиотеки ассирийского царя Ашшурбанипала (669–663 до н. э.). Шумеры и вавилоняне описывают 7 планет, начиная с самого яркого небесного светила, — Солнца, на втором месте — Луна, потом — Марс, Меркурий, Юпитер, Венера и Сатурн.

Здесь нужно сделать несколько замечаний. Во-первых, нам известно, что между Марсом и Юпитером имеется некоторое вакантное положение, которое в современное время занимает пояс астероидов. По различным гипотезам (есть 2 взгляда на этот вопрос), астероиды могут быть первичным материалом, из которого планета на этом месте не успела сформироваться за счёт гравитационных возмущений со стороны Юпитера. Противоположная гипотеза говорит о том, что планета на этом месте существовала (есть даже название для этой планеты — «Фаэтон»), но потом, либо в результате внешнего удара, либо в результате бурных внутренних процессов, эта планета распалась на большое количество обломков, которые застыли в виде известных нам астероидов. Забавно отметить, что если бы планета Фаэтон сформировалась, то он заведомо вошёл бы в список наблюдаемых светил, и число видимых нами планет было бы другое. Яркость Фаэтона (если бы он существовал до сегодняшнего дня) могла быть сопоставимой с яркостью Марса.

Следующее замечание состоит в том, что для того чтобы мы видели

7 планет, необходимы определённые условия по отношению к нашей атмосфере. Атмосфера Земли стала прозрачной для астрономических наблюдений в видимом диапазоне только в относительно недавние геологические эпохи (несколько сот млн. лет); а раньше она имела другой химический состав. В раннем возрасте она была, скорее всего, похожа на атмосферу Венеры; во всяком случае, Земля была окутана прочным и сплошным аэрозолем (облачным покровом), который до озона (O₃) закрывал её от солнечного ультрафиолета и более энергичных фотонов.

Ещё одно замечание состоит в том, что число видимых нами планет определяется параметрами нашего собственного зрения, а наше зрение — плод достаточно длительной биологической эволюции (имеется в виду диапазон частот света, которые мы способны воспринимать своими глазами, и, самое главное, уровень чувствительности наших глаз; см. также вопрос № 2). Мы способны в наиболее тёмные ночи наблюдать невооружённым глазом звёзды до +6 звездной величины; по интенсивности они в ≈ 250 раз слабее, чем самые яркие звёзды, которые присутствуют на нашем небе. Но можно взять и какого-либо иного представителя нашей биосферы. У ночных хищников, для того, чтобы результативно охотиться в тёмноте, органы зрения имеют гораздо большую чувствительность: зрачок большего диаметра позволяет им собирать существенно больше света, и они воспринимают слабые световые сигналы намного лучше нас. Мы можем предположить, что чувствительность зрения, например, у филина может быть сравнима с тем, как мы видим окружающий мир ночью с помощью бинокля. И если бы у нас было такое зрение, то мы могли бы увидеть те объекты, для наблюдения которых потребовалось изобретение телескопа Г. Галилеем в 1609 г. После Сатурна мы наверняка могли бы видеть ещё и Уран. Кроме этого, известно, что Галилей в свой телескоп наблюдал планету Нептун, который попал в поле его зрения случайно, но был им документирован в декабре 1612 г. рядом с Юпитером (это выяснилось спустя почти 300 лет, после целенаправленного открытия Нептуна в 1846 г. и архивной обработки записей Галилея). Кроме того, мы могли бы видеть спутники Юпитера просто своими глазами, если бы наши глаза были более чувствительными. Таким образом, число видимых планет от 7 в этом случае могло бы увеличиться с учётом Фазтона до 10. А с учётом спутников Юпитера — даже до 14 (!). Но при этом понятно, что из числа видимых планет однозначно были бы исключены и Солнце, и Луна, как слишком яркие (собственно, Солнце и Луну мы планетами и не считаем).

Следующий вопрос — **7 дней фазы Луны**. Для всех живущих на Земле, и для человека тоже, Солнце (-26^m) является самым ярким световым источником, который определяет весь ритм биосферы — пробуждение утром, соответственно, дневную активность биологических существ, потом — ночной период, когда темно. Этот суточный ритм солнца «командует» всеми растениями и животными на Земле. Но следующий по яркости после солнца объект неба — это Луна (-13^m), наш спутник Земли. И ещё давно было замечено, что за период примерно 30 дней Луна существенно изменяет свой внешний облик. Сначала она видна в качестве тонкого месяца (растущего), потом она увеличивается в полный диск, затем она вновь становится ущербной и убывает. И наконец, наступает новолуние, когда Луна пропадает, и нам не видно её освещённой стороны. Для самых древних людей, которые жили собирательством, достаточно было суточного ритма, т. е. достаточно было одного Солнца. Для людей, перешедших к охоте и скотоводству, а затем к земледелию, уже было необходимо использование более длительных временных ритмов. И вот здесь как раз Луна и явилась очень подходящим объектом, по которому можно удобно считать интервалы по 30 дней. Со времён каменного века известны вырезанные на костях (возраст 8500 лет, Африка) и в пещерах (9000 лет, Испания) виды фаз Луны по дням, — счётчики дней, своего рода наиболее древние лунные календари (аналогичный штриховой календарь на зубе мамонта — находка времен ледникового периода 15000 лет). Шумерские астрономы путём длительных наблюдений установили, что длительность одной «луны» составляет 29,5 дней; таким образом, примерно по 7 дней приходится на интервал каждой из четырёх характерных фаз: молодую Луну (первая четверть), полную Луну, убывающую Луну (последняя четверть) и тёмную Луну (новолуние).

Рассмотрим развитие системы Земля–Луна во времени. Дело в том, что возраст этой системы составляет 4,5 млрд. лет, как и возраст всей Солнечной системы. Относительно возникновения Луны существуют две гипотезы. Первая предполагает, что в первичную Землю ударило какое-то крупное тело, сопоставимое с современным Марсом (это «импакт-теория», — столкновение планетозималий), после чего осталась «оббитая» Земля, а огромное количество мелкого вещества было выброшено в ближайшие окрестности, из которого впоследствии и собрался наш спутник Луна. Другая гипотеза говорит о том, что Земля и Луна формировались параллельно и одновременно, как два центра конденсации в пределах одного облака. В любом случае на первых этапах система Земля–Луна была гораздо более тесной, чем сей-

час. Луна находилась в 1,5–2 раза ближе к Земле, а Земля вращалась вокруг своей оси намного быстрее, — земные сутки тогда составляли 4–5 современных часов. Период обращения Луны вокруг Земли тогда составлял 15–20 современных суток. При этом месяц (то есть период между фазами Луны) мог содержать от 50 до 100 «дней» той эпохи. Соответственно, на каждую лунную фазу приходилось бы не 7, а 10–20 тех «дней». За счёт действия приливных эффектов между столь близко расположенными телами, как Земля и Луна, произошли следующие процессы. Во-первых, собственное вращение Луны вокруг оси синхронизовалось с её орбитальным вращением вокруг Земли; Луна своё вращение затормозила и как бы «остановилась», — и с тех пор (по-видимому, уже сотни млн. лет) повёрнута к Земле всегда одной стороной. Во-вторых, приливное действие Луны на Землю постоянно тормозит собственное вращение Земли; этот эффект измеряется современными методами и составляет $1,8 \cdot 10^{-8}$ Т (увеличение суток на 0,0015 секунд за 100 лет). Это торможение проявляется и как процесс уменьшения числа дней в году на геологических масштабах времени, который наблюдается по палеонтологическим данным: 420 «дней» в году 600 млн. лет назад, 400 дней — 400 млн., 390 дней — 300 млн., 385 дней — 200 млн., 375 дней — 100 млн., 365 дней — сейчас. И, кроме этого, происходит ещё третий процесс — это отдаление самой Луны, т. е. увеличение расстояния между Луной и Землёй, и как следствие, уменьшение скорости обращения Луны вокруг Земли. Расчёты небесной механики дают нам модель финального развития системы Земля–Луна, которая будет представлять собой примерно следующую картину. Земля и Луна будут вращаться синхронно, будучи повёрнуты друг к другу всегда одной стороной. Земля синхронизует своё вращение вокруг оси с орбитальным движением Луны, и Луна всегда будет видна только с одной стороны Земли. Соответственно, земной день и лунный месяц станут одним и тем же событием, они будут равны друг другу, их продолжительность составит около 45 современных суток (интересно, что на «обратной» стороне Земли при этом месяцев не будет вовсе). Луна отодвинется примерно в 1,5 раза дальше, чем она находится сейчас, и расстояние до неё будет больше 500 тыс. км. Естественно, что каждая фаза Луны в этом финальном состоянии будет составлять тоже 1/4 земного «дня» (или 6 «часов» той эпохи). Некоторым утешением нам должно служить то обстоятельство, что такое развитие системы Земля–Луна идёт весьма небыстрыми темпами, и финальное состояние будет достигнуто едва ли через 1 млрд. лет. Поэтому можно сказать, что длительность каждой фазы Луны в 7 земных дней, — это определённое совпадение, которое

мы имеем счастье наблюдать, и которое имеет место на протяжении нескольких десятков миллионов лет.

7 звёзд Большой Медведицы. Конфигурация звёзд Ковша Большой Медведицы (БМ) является настолько яркой и запоминающейся, настолько выделяется на фоне звёздного неба (современного), что Человечество обратило внимание на это созвездие ещё в каменном веке. Известны находки, когда звёзды БМ были вырезаны на кости или выбиты на камне (около 4000 лет до н. э.). Звёзды БМ обладают такими особенностями: они очень яркие ($1-2^m$); они являются незаходящими (всегда выше горизонта); и они находятся в северном направлении, т. е. показывают нам расположение оси мира. Надеемся, что большинству школьников известно стандартное правило ориентирования: если соединить две крайние звезды Ковша БМ (α и β), отмерить это расстояние 5 раз по прямой, ты мы попадём как раз на Полярную звезду (α УMi), — тем самым, найдём направление на Север.

Это созвездие (7 звёзд Ковша БМ) выделяли все цивилизации, которые нам известны. В Китае это созвездие называлось «Повозка Небесного Императора», и считалось, что оно показывает, как Великий Небесный Император (более старший, чем китайский великий земной император) на этой повозке объезжает всю Вселенную и смотрит, всё ли в порядке. У шумеров было транспортное средство более прозаического применения: «Повозка для поклажи». На небе Древнего Египта это созвездие изображалось в качестве ноги быка, — несколько специфическая форма, объединяющая эти 7 звёзд. В Древней Греции яркие звёзды, показывающие направление на север, ассоциировались с медведями, живущими в лесах дикой тогда Европы, и с тех пор созвездие и получило имя Медведицы (хотя оно не похоже на медведя). У славянский племён 7 звёзд БМ образовывали своего рода ковш, то есть бытовой предмет для питья. А для американских индейцев эти звёзды символизировали трёх охотников, которые постоянно преследуют лося или какую-то другую крупную добычу; за счёт того, что Ковш вращается вокруг Полюса Мира, казалось, что охотники вечно гонятся за своей добычей. Существует множество и других интерпретаций этого созвездия, но все народы Северного Полушария безусловно выделяли его именно в той конфигурации, которая нам известна как Ковш Большой Медведицы.

Теперь можно вспомнить о том, что ось вращения Земли не имеет постоянного направления в пространстве; она совершает поворот вокруг полюса эклиптики с периодом 26 тыс. лет. Этот процесс называется прецессией земной оси. Соответственно, Полюс Мира, вокруг которого

вращается всё звёздное небо, также перемещается среди звёзд, — он движется по некоторой незамкнутой кривой вокруг полюса эклиптики. Соответственно, примерно 8000 лет назад, когда Человечество впервые начало выделять яркие созвездия, оно не могло не заметить 7 звёзд БМ, в первую очередь потому, что в ту эпоху угловое расстояние от Ковша до Полюса Мира было в 3 раза меньше, чем сейчас. Большая Медведица располагалась всего в 10° от Полюса Мира (!). Интересно заметить, что через 4000 лет в будущем Полюс Мира, наоборот, удалится от Большой Медведицы на максимальное расстояние, и в 6000 году расстояние на небе от Ковша до Полюса Мира составит целых 60° . Тогда БМ уже не будет околополярным созвездием.

Следующий вопрос: почему же этих звёзд именно 7? Все звёзды на небе обладают той или иной величиной собственного движения: звёзды являются населением нашей Галактики; Галактика вращается; и под действием её гравитационного потенциала все звёзды свободно движутся в пространстве. Собственные движения звёзд, как правило, меньше 1 угловой секунды в год. Рекордсменом является знаменитая «летающая звезда Барнарда», которая получила такое прозвище за удивительно высокую скорость собственного перемещения по небу, — 10 угловых секунд в год. Звёзды Ковша БМ рекордсменами не являются, но и они имеют приличное собственное движение (до $0,5''$ /год) и за интервал времени ≈ 50 тыс. лет (как в прошлое, так и в будущее) конфигурация Ковша (внешний вид этого созвездия) существенно изменяется. Можно сказать, что 7 ярких звёзд БМ, расположенные вблизи Полюса Мира, — это конфигурация, которая в таком знаменитом и впечатляющем виде может наблюдаться только в этом прецессионном году, в котором мы с вами сейчас живём. (Прецессионный год — это интервал ≈ 26000 лет, за который ось вращения Земли вновь возвратится в то же пространственное положение). За период в несколько миллионов лет полностью меняется не только внешний вид нашего звёздного неба, но и значительно обновляется состав наших звёздных соседей. Многие звёзды из окрестностей Солнца удалятся на большие расстояния, и мы перестанем их видеть. Наоборот, из глубин Галактики к нам приблизятся какие-то другие звёзды, которых мы не видим сейчас, но которые будут сиять через несколько миллионов лет на небе Земли. Естественно, что спустя галактический год (это период обращения Солнца вокруг центра нашей Галактики ≈ 240 млн. лет, — характерный параметр вращения Галактики в целом), никого из известных нам сейчас звёзд поблизости уже не будет. Естественно, не будет и тех созвездий, которые мы знаем сейчас, не будет и 7 звёзд Ковша Большой Медведицы.

7 дней недели. Человечеству нужно было использовать разные способы деления интервалов времени. Самый короткий временной интервал, — это, естественно, световой день; он определяется восходом и заходом Солнца, а после него — ночь. Самый длинный интервал, который периодически повторяется, — год. Для всех народов, живущих в средних широтах, очень важны сезонные изменения. В году, как известно, 365 дней; но столь длинный числовой ряд (365) использовать в прямой форме непросто. Поэтому для организации своей деятельности людям всегда требовалось применять промежуточные временные циклы. Первым таким циклом, естественно, стал месяц, — интервал в 30 дней, за которые Луна повторяет свои фазы. По мере усложнения общественных связей потребовался ещё один промежуточный интервал для подсчёта дней — им стала неделя.

Чтобы в неделе оказалось 7 дней, должно было произойти 3 важных астрономических совпадения. Во-первых, это 7 дней каждой фазы Луны, которые существуют в настоящую эпоху, и которые были первоосновой для создания регулярного календаря. Второе совпадение — это то, что мы можем видеть на нашем небе именно 7 планет, используемых в счёте дней. Третье совпадение — это возможное выделение в мифах тех или иных народов и цивилизаций семи пространственных «миров», о которых говорилось выше. Наконец, четвёртый элемент, тоже вполне случайный, — это то, что именно 7 ярких звёзд БМ расположены так близко около Полюса Мира. Это многократное повторение цифры 7 в небесных событиях привело к тому, что цифра 7 закрепилась и в календаре.

Возникновение регулярных систем счёта дней из нескольких циклов (календарей) возможно только в рамках вполне устоявшихся цивилизаций, то есть в царствах; самое древнее упоминание семидневной недели (4000 лет назад) мы находим в Вавилонских таблицах. 7 дней недели получили свои названия по 7 планетам: 1-й день — день Солнца, 2 — Луны, и так далее до 7-го дня Сатурна. Забавно, что у вавилонян день Сатурна считался самым несчастливым, и в последний день недели они, как правило, ничего не делали («шаббат» по-вавилонски — «покой»). 4 недели ($4 \cdot 7 = 28$) составляют примерно период одной Луны. 12 Лун составляют примерно длительность одного года. Поскольку 12 лунных месяцев меньше, чем 365 дней солнечного года, в некоторые года неизбежно требуется вставлять дополнительный месяц. Число 13, — это номер дополнительного месяца, он всегда приводил к определённом дискомфорту и беспорядку в равномерном течении календарного времени; естественно, что 13 стало символом несчастья.

Интересно также заметить, что далеко не все цивилизации использовали 7-дневную неделю. Например, Древний Египет жил по отрезкам в 10 дней, — это два интервала по 5 дней, которые символизируются пальцами рук. Каждая 10-дневка (впоследствии у греков она получила название «декада») посвящалась тому или иному богу (естественно, не главных, а второстепенных). Мелкие боги Египта, как это часто изображено на папирусах и других рисунках, объединяются и сидят по трое, как школьники за партой, потому что 3 интервала по 10 дней составляют 30 дней (примерно 1 месяц). Соответственно, 12 «троек» составляют регулярный год в 360 дней. Строго говоря, лунных месяцев в Египте не было, как не было и 7-дневной недели. Просто 36 богов сменяли друг друга на посту счёта дней, и после 36 декад добавлялось ещё 5 праздничных дней в честь главных богов Египта, — получался год в 365 дней, который достаточно хорошо отражал длительность интервала между двумя последовательными разливами Нила. Египтяне не использовали Луну, потому что она не была им нужна в практической деятельности. Главным фактором, определяющим цикл жизни египетской цивилизации, был Нил, его разливы, и, соответственно, солнечный календарь 365 дней.

Неделей не пользовался и Древний Рим, в котором практиковался лунный календарь. При этом длина каждого лунного месяца не делилась на интервалы, а просто были выделены 3 дня с собственными названиями: «календы» (день около новолуния), «ноны» (5 или 7 день месяца, 1-я четверть Луны) и «иды» (13 или 15 день, полнолуние). Все остальные дни имели только порядковый номер, а недели не было (см. вопрос № 6). В китайской цивилизации минимальным циклом счёта дней является интервал 5 дней. Интересно вспомнить, что в СССР в 1930-е годы также были предприняты попытки упорядочения хозяйственной деятельности (попытки, естественно, чисто бюрократического характера), и у нас в стране были 5-дневки, 6-дневки и другие способы счёта дней. Но они довольно быстро вышли из употребления.

7 дней творения мира. Как сформировался окружающий нас мир? Вопросы создания (космогонии) мира всегда занимали мифическое сознание народов. У большинства древний народов в этом процессе участвовало много богов; можно привести в качестве примера мифы Древнего Египта, Вавилона. Очень интересные аспекты космогонии содержатся в индуизме, — как с помощью длинного змея боги взбивают первичное молоко, и из него образуется более твёрдое масло, символизирующее Землю; это довольно интересное отображение, отчасти напоминающее современные представления о концентрации вещества в

космосе и формировании планетных тел. Интересно отметить, что для понятия первичного хаоса, который присутствует, например, в мифах Древней Греции, также имеется определённое соответствие с современными представлениями о хаотичном состоянии первичного вещества, с последующими процессами его самоорганизации и построения из хаоса всё более и более сложных структур. Очень интересные мифы о сотворении мира содержатся, например, у инков. Но наиболее известными для нас являются легенды, которые были созданы в рамках иудаизма. Дело в том, что, во-первых, в ближайших цивилизациях (в Северной Африке, на Ближнем Востоке) иудаизм стал первой религией, в которой проводился достаточно чёткий монотеизм (единобожие). И естественно, что создание всего окружающего мира не могло осуществляться иначе, как путём сотворения самым главным богом по заданной программе, которая достаточно хорошо описана в Библии, то есть что он создавал в 1-й день, что во 2, в 3, и так далее. Совершенно очевидно, что идея о сотворении мира за 7 дней, — это прямая реплика от 7-дневной недели, которая к тому времени уже многие века существовала в Вавилоне. Вторым идеологическим элементом является переосмысление вавилонского вынужденного ничегонеделания (шаббат) и выделение последнего дня недели (соответственно, когда мир как бы сделан) в качестве дня благочестивых размышлений: нужно отвлечься от суеты и оглядеть плоды рук своих, постараться подвести некоторые итоги, то есть подумать о более высоких предметах, нежели те, которые занимают нас ежеминутно и ежедневно (по-еврейски — «шаббот», Saturday — день Сатурна по-английски).

Естественно, что концепции, изложенные выше, являются полностью мифологическими, они отражены в соответствующих произведениях тех или иных цивилизаций — в Торе, в Библии, в Калеюге, в Пополь-Вух, в мифах Греции. По научным представлениям, происхождение тех или иных явлений мира занимало существенно большие интервалы времени и происходило в несколько ином логическом порядке. В качестве примера можно сказать, что наиболее древние цивилизации человеческих объединений существуют около 6000 лет. Неолитическая революция, когда человек одомашнил животных и стал заниматься земледелием, относится в некоторых районах мира к 13000 лет назад. Появление Человека Умелого — примерно 40000 лет назад. Появление Homo Sapiens, как отдельного биологического вида — примерно 2,5 млн. лет назад. Около 600 млн. лет назад произошёл т. н. Кембрийский «взрыв», когда образовались многоклеточные организмы и многообразие биологических форм жизни на Земле резко увеличилось.

Примерно 4,5 млрд. лет тому назад образовалась Земля, вся Солнечная планетная система, и Солнце — центральная звезда. 15 или 20 млрд. лет назад произошло первоначальное расширение Вселенной, — она стала развиваться по сценарию Большого взрыва. Нужно также заметить, что свойства пространства-времени в ранней Вселенной существенно другие, нежели сейчас, и поэтому не имеет смысла измерять его в земных годах.

7 небесных сфер. Совершенно очевидно, что небесные сферы являются переложением идеи 7 наблюдаемых планет. Вавилонскими астрономами были проведены расчёты периода повторения планетных конфигураций, то есть их положений друг относительно друга. В Древней Греции впервые была построена связанная картина мира. Начиная с Пифагора (6 век до н. э.) развивается идея о том, что Вселенная состоит из нескольких вращающихся сфер, вложенных одна в другую по принципу матрёшки. Евдокс Книдский (408–355 до н. э.) впервые применил численные методы для расчёта планетных движений; он пытался также ввести параметры — размеры небесных сфер, на которых закреплены планеты. Небесные сферы представляют собой некоторые идеальные образования: они идеально круглые и вращаются идеально равномерным образом. Вся эта конструкция окружена итоговой сферой, на которой расположены неподвижные звёзды, и которая вращается также равномерно по своим законам. Впервые столь связную систему мира изложил в своих трудах Аристотель (384–322 до н. э.). Она получила название геоцентрической системы мира: Земля — в центре, вокруг неё — 7 небесных сфер с планетами плюс сфера неподвижных звёзд. Впоследствии эти 7 «этажей мира», в частности, нашли свою мифологическую интерпретацию и в 7 рангах «чинов небесных», — по старшинству между ангелами. Но даже в нашем лексиконе сохранилось такое выражение, как «быть на 7 небе», — наиболее возвышенное, радостное состояние, когда человек как бы отрешается от земных забот. Интересно отметить, что в гелиоцентрической системе мира Коперника (1543 год) также сохранены идеи небесных сфер, по которым планеты вращаются вокруг Солнца. Впервые только наблюдения кометы 1577 г., которые проводил Тихо Браге (1546–1601), показали, что комета движется совершенно «неправильным» образом, — она в ходе своего движения пересекает небесные сферы планет. После этих наблюдений стало понятно, что твёрдые небесные сферы в природе не существуют, что это — некоторые идеальные образования, не имеющие реального аналога. Можно сказать, что комета Тихо Браге своим хвостом разрушила небесные сферы, которые существовали до неё.

7 цветов радуги. Небесная радуга наблюдалась человечеством издревле, всегда привлекала к себе внимание и восхищала людей. Да и сейчас любой человек после дождя, откинув зонтик и увидев радугу, точно также восхищается ею, как и тысячелетия тому назад. В древних мифах существовала специальная богиня Ирида, которая занималась организацией радуги. Это же название — ирида — имеет и радужная оболочка зрачка глаза. В Библии приводится мифологическое описание того, что после организации всемирного потопа, когда Бог уничтожил большую часть человечества, он создал радугу для ознаменования своего более умиротворённого настроения, и как знак того, что больше всемирных потопов не будет. Конечно, это не так, поскольку «всемирные» или не-всемирные потопы в той или иной форме, к сожалению, будут. Совсем недавно, 26 декабря 2004 г. была очень серьёзная региональная катастрофа в Индийском океане (землетрясение 8,9 баллов и цунами 20 м), унесшая жизни сотен тысяч людей. Понятно также, что радуга существовала и до всемирного потопа, и будет существовать всегда, поскольку это есть не что иное, как процесс преломления солнечного света в капельках воды, и последующее разложение этого света в оптический световой спектр. Везде, где есть источник света и круглые капельки воды, будет и радуга (интересно посмотреть радугу на других планетах!).

В лабораторных условиях радугу впервые воспроизвёл опыт Ньютона 1666 г. Ньютон изучал прохождение солнечного луча света через прозрачные среды и предметы. Применяв трёхгранную призму из плотного стекла, он обнаружил, что солнечный луч разложился в непрерывный спектр. Кроме того, Ньютон добился и обратного процесса, — то есть ему удалось синтезировать белый свет из набора первоначально разложенных цветов. То, что спектр был разложен именно на 7 цветов, — это было некоторое условное решение, поскольку цвета полученного спектра соответствовали примерно 7 цветам, известным ранее из наблюдений живой и неживой природы. Естественно, что в радуге можно выделить как большее число, чем 7, так, вообще говоря, и меньшее число цветов. Опять же, в китайской цивилизации применяется 5 цветов, которые символизируют 5 сторон света. В системе технических цветов используется вообще всего 3 цвета — это система RGB (красный, зелёный, синий).

7 металлов. Человечество прошло (условно, конечно) 3 этапа своего развития по материаловедению, которые так и называются: каменный век (соответственно, орудия из камня); бронзовый век (первые попытки получения сплавов на основе меди, как наиболее доступного и легко-

плавкого металла); и, наконец, «железный» век, когда человечество научилось добывать, выплавлять и обрабатывать железо, создавать железные орудия труда и, в первую очередь, железное оружие. Можно упомянуть, что у древних философов структура вещества в мире определялась 4 стихиями: земля, вода, воздух, огонь, как базовых элементов вещества. Кроме того, с древности были известны ещё несколько металлов, в первую очередь это золото и серебро, которые в природе обнаруживались и в виде самородков, и в виде рудных образований. Эти металлы человечество также научилось добывать, и достаточно скоро серебро и золото стали драгоценными металлами, эквивалентами богатств. В средние века получила серьёзное развитие алхимия, попытки поиска первоэлементов, из которых построены все вещества, а также исследования превращений веществ друг в друга. И совершенно естественно, что опять таки по аналогии с 7 планетами были определены и 7 металлов, которые в алхимии получили названия «основных». Было установлено «соответствие» между металлом и той планетой, которой он соотнесён. Естественно, что с точки зрения современной науки это является неверным, это всего лишь историческое наследие. Металлов, как известно, существует не 7, их намного больше: современная таблица Менделеева включает уже больше ста элементов, из которых абсолютное большинство имеет металлические свойства. Из металлов, получивших практическое применение в 20 веке и неизвестных ранее, можно, например, назвать уран и алюминий, которые существенно повлияли на нашу жизнь.

Наконец, можно упомянуть многократные другие употребления числа 7 в нашей повседневной жизни и других применениях. Естественно, что все они являются репликами, то есть воспроизведениями 7-дневной недели, как базового цикла, и мифа о 7-дневном творении мира. «7 раз отмерь, один раз отрежь». «Семь шкур спузу...». «Работать до 7 пота». «7 вода на киселе». 7 UP, и др.

Календарь Юлия Цезаря. Вновь напомним, что в Риме не было недели. Отношение Римской республики к одной из своих провинций, которой была Иудея, применявшая 7-дневный счёт, были далеко не безоблачными, поскольку Рим в 63 г. до н. э. завоевал Иудею и присоединил к себе. В 46 г. до н. э. Юлий Цезарь принял решение о модификации римского календаря по схеме, предложенной александрийским астрономом Созигеном. Римский календарь был чисто лунным, и каждый новый месяц начинался с фазы новолуния (календы); для того, чтобы сохранить времена года, к 12 лунным месяцам периодически прибавлялся 13-й месяц Мерседоний (вставлялся внутрь февраля). Эта система была

крайне неудобна. Лунным календарём можно пользоваться в рамках небольшого образования, скажем, в греческом полисе, или в рамках какого-нибудь скотоводческого племени. А в рамках огромного государства, разбросанного на пространствах во многие тысячи километров, невозможно пользоваться календарём, который является столь непредсказуемым и столь нерегулярным. Задачи централизованного управления огромными территориями и огромными людскими массами, каковым стал Рим к 1 веку до н. э., потребовали введения регулярного, предсказуемого и рассчитываемого на любой день вперёд календаря. Таким календарём и стал юлианский солнечный календарь, который полностью отказался от фаз Луны и лунных периодов. Таким образом, день введения календаря Юлием Цезарем 1 января 45 г. до н. э. стал последним днём, когда даты гражданского календаря были привязаны к фазам Луны. Но, как дань традициям, в юлианском календаре сохранены 12 месяцев с теми же названиями, как и в прежнем, и были сохранены, естественно, собственные имена дней в месяце, т. е. календы, ноны, иды. Можно сказать, что переход от римского республиканского календаря к юлианскому, упорядочение всей единой государственной деятельности в одном ритме символизировало переход от республики к империи. Но, как известно, введение новых праздников — дело возможное, а вот отмена старых праздников, как правило, никогда ни у кого не получалась. И в том числе поэтому Юлий Цезарь 2 года спустя был убит заговорщиками в мартовские иды 44 года.

Естественно, что это был 44 г. до н. э., то есть за полвека до рождения Христа и за 70 лет до его воскресения. Таким образом, юлианский календарь никоим образом не связан с последующими мифическими религиозными событиями, и не мог быть связан. После введения юлианского календаря Римская империя продолжала вести счёт лет от основания Рима (по юлианскому календарю). В юлианском календаре точно также отсутствовала неделя; в то время как в Иудее сохранялся местный счёт дней: 7 дней недели, лунные месяца по истинным фазам, счёт лет от «сотворения мира». Нужно подчеркнуть, что для истинного лунного календаря началом нового месяца является вечер того дня, когда впервые может быть увиден тонкий серп молодой Луны. Как только произошёл факт отметки на небе тонкого серпа, тем самым наступает новый месяц древнееврейского (и мусульманского) календаря. Поэтому начало месяца привязано к молодой Луне, а начало суток точно также привязано к моменту появления первой звезды, ибо только в условиях гражданских сумерек можно определить — начался новый месяц или нет, начался ли новый день нового месяца.

В 753 г. от основания Рима в Иудее произошли определённые события, которые получили свое отражение и мифологическое изложение в Евангелии. Современная наука не располагает какими-либо безусловными подтверждениями того, что описанные события реально произошли; однако мы не можем и полностью отрицать этого (описанное возможно с определёнными, естественно, оговорками). В 30 году нашей эры по Евангелию произошло распятие Христа. Поскольку казнь проводилась по законам Иудеи, то, естественно, она произошла в пятницу накануне еврейской пасхи, поэтому у христиан имеется «страстная пятница» (день казни). Мифическое воскресение Христа произошло не в праздничный день евреев (Шаббот), а на следующий день после него, когда по Евангелию попытались обнаружить ранее погребённое тело и не нашли его. Соответственно, днём воскресения считается следующий день после субботы. Вообще говоря, это был первый день регулярной семидневной недели, день Солнца по-вавилонски. Поэтому счёт дней в неделе в еврейском календаре и в христианстве отличается на 1 день; начало недели происходит в одном случае в воскресенье, в другом случае — в понедельник.

Вопрос № 8. *Как можно узнать расстояния до планет, звезд и галактик? Кто это сделал впервые? Кто наиболее широко «раздвинул» нашу Вселенную?*

Ответ.

Комментарий. Прежде, чем отправляться в космос, рассмотрим измерения расстояний в ближайших окрестностях, поскольку нам это потом пригодится. Как всем известно, с помощью одного глаза мы не можем определить расстояние — оно остаётся неопределённым. В этом смысле, например, мифические сказочные одноглазые циклопы (существа с одним глазом посредине лба) оценивать расстояния правильно не могли. И если бы они существовали (в сказках), то могли бы действовать, только научившись определять расстояния до предметов на опыте, эмпирически, набив при этом себе много шишек на том же лбу.

В природе все хищные животные, кто охотится за быстродвижущимися объектами, применяют **бинокулярное зрение**, то есть имеют два глаза, причём они расставлены максимально широко, насколько это возможно. Два глаза, кроме этого, имеют весьма большое поле совместного зрения (перекрывание поля зрения обоих глаз). Бинокулярное зрение основано на принципе параллакса, который состоит в том, что при рассматривании объекта с разных точек зрения происходит его угловое смещение. Каждый глаз определяет своё направление на требуемый

объект относительно фона, который позади объекта. В свою очередь, мозг высокоразвитого существа суммирует эти два изображения от двух разных глаз и путём довольно сложной обработки образов определяет (оценивает) расстояние до объекта. В частности, поэтому, например, очень трудно оценивать расстояние до светящейся точки в темноте, — нет фона, на котором она была бы видна разными глазами. Точно также происходит существенная ошибка при определении расстояния до горизонтально натянутых проводов на фоне неба, поскольку образы этих проводов, получаемые от правого и левого глаза, полностью неотличимы друг от друга. Слияние этих образов вызывает и неопределённость в расстоянии. Точно также, если мы прицеливаемся — мы специально, сознательно закрываем один глаз. Тем самым мы выключаем наш механизм бинокулярного зрения и исключаем ошибки в углах; оставляем только один глаз — соответственно, только одну линию визирования на объект. Столяр, например, проверяет прямизну своей заготовки: он смотрит вдоль неё, прищуривая один глаз.

Пределы нашего бинокулярного зрения не настолько уж велики. Типичное расстояние между центрами глаз для взрослого человека составляет $b = 70$ мм. Соответственно, объект, находящийся от нас на удалении $R=7$ м, имеет отношение $R/b = 1/100$, и, соответственно, его смещение для разных глаз происходит на $\approx 0,5^\circ$ — это заметная величина соответствует видимому диску Солнца или Луны. Если же объект находится от нас на $R = 70$ м, относительное расстояние становится $1/1000$, и угловое смещение такого объекта составляет 3 угловые минуты. При удалении на 200 м бинокулярный эффект составляет $1'$ — это уже равно угловому разрешению наших глаз, и это предельное расстояние, на котором мы можем осуществлять своё бинокулярное зрение. Интересно отметить, что если мы чувствуем, что нам не хватает данного нам природой расстояния между глазами, и мы пытаемся оценить расстояние до объекта на больших расстояниях, то мы можем применить такие приёмы, как, например, покачать головой из стороны в сторону, или присесть, тем самым изменив свою точку зрения по высоте. В любом случае это приёмы, которые позволяют нам увеличить базу между разными точками зрения на один и тот же объект.

Из пределов бинокулярного зрения возникают и известные визуальные **парадоксы** оценки размеров предметов и расстояний до них (оптические обманы). Поскольку происходит бессознательная оценка величины углов или угловых размеров предметов, то их перевод в линейные размеры «по привычке» может приводить к ошибке в несколько раз. Для всех более далеких объектов эффект бинокулярного зрения

отсутствует, и дальние объекты воспринимаются нами как находящиеся на бесконечности. С этим также связан интересный астрономический эффект, т. н. видимый «эффект плоской Луны». Дело в том, что мы видим Луну не как шар, а в качестве плоского диска (блина), поскольку Луна находится очень далеко и бинокулярный эффект, который мы могли бы ощутить, является пренебрежимо малым.

Как измеряются **расстояния** на Земном шаре. Ну, на суше прежде всего используются ориентиры, которые и так расставлены вдоль дороги, по которой мы путешествуем. Как говорится, «язык до Киева доведёт». Есть и известные присказки русских народных сказок про Тридевятое царство и Тридесятое государство. Ещё можно вспомнить и Митрофанушку, который говорил, что незачем учить географию, коли извозчик куда надо доведёт. При путешествиях по морю какие-либо ориентиры на местности отсутствуют. И спросить некого. Соответственно, в морских путешествиях с древности расстояние измеряется в днях пути. Поскольку это весьма неточное измерение расстояния, то легко понять, почему для мореплавателей древних времён столь важно было увидеть сушу, то есть вовремя заметить приближение к земле и понять, что они приплыли туда, куда хотели, а не туда, куда их унесло бурей.

Многие участники Турнира (забавно отметить) предлагали такой же принцип древних мореплавателей для оценки расстояния до звёзд. Многие писали, что нужно слетать до какой-нибудь звезды, ну и, соответственно, померить расстояние туда и обратно. Понятно, что это нереально.

В астрономии для измерения расстояний до небесных объектов применяется метод параллакса, аналогичный тому, о чём мы говорили выше. Оценивается разница направлений (или угловое смещение) на фоне неподвижных звёзд с двух разных точек зрения. Самое простое — использовать для создания двух разных точек зрения размеры Земли. Максимальное удаление диаметрально-противоположных точек на поверхности Земли составляет ≈ 12500 км. Этот эффект называется **суточным параллаксом**. Наиболее часто суточный параллакс применяется для наблюдения движения Луны. При этом наблюдателю не требуется путешествовать по Земному шару, достаточно просто воспользоваться вращением Земли и за счёт суточного перемещения увидеть суточный параллакс Луны на фоне звёзд. С этим же эффектом связаны и две истории в астрономии, и обе — с именем Тихо Браге (1546–1601). Вечером 11 ноября 1572 г. Тихо Браге, выйдя из дома, неожиданно увидел необычайно яркую ($-4^m, 1$) звезду в Кассиопее, которой там раньше не было. Он измерил её положение относительно звёзд фона,

а утром, повторив измерения, заметил, что она не сдвинулась. Звезда, постепенно угасая, была видна 17 месяцев, и всё это время она сохраняла своё положение относительно неподвижных звёзд; отсюда Браге сделал естественный и правильный вывод о том, что она находится на очень большом удалении, существенно дальше, чем все планеты. Эту звезду видела вся Европа, и результат Браге, в противовес авторитету Аристотеля и церкви, показал, что и в небесах не все неизменно, перемены возможны. (Теперь мы знаем, что это была мощная вспышка сверхновой звезды 1 типа (абсолютная зв. вел. $M = -18^m$) на расстоянии 5,0 кпс ($15,4 \cdot 10^{21}$ см). Вскоре Тихо Браге реализовал и обратный пример, когда он наблюдал прохождение кометы 1577 г. по Солнечной системе. Комета, напротив, быстро перемещалась и, что самое важное, Браге сумел измерить её суточный параллакс (за счёт суточного вращения Земли). Отсюда он не просто сделал вывод о том, что комета находится очень близко, но и построил её орбиту. Из наблюдений кометы, кстати, последовал очень важный вывод о том, что поскольку она пересекает так называемые небесные сферы многих планет, то, по-видимому, никаких твёрдых хрустальных небесных сфер и не существует, что ещё больше противоречило установленным «небесным порядкам».

Второй метод определения расстояний, который можно применить в астрономии — это использование **законов Кеплера** для планетных орбит. Третий закон Кеплера гласит, что квадраты периодов обращения планет относятся друг к другу как кубы больших полуосей орбит. Для более точной проверки измерений размеров орбит планет, и, соответственно, для проверки численных значений этого третьего закона, было проведено специальное наблюдение во время великого противостояния Марса. В 1672 г. Французской Академией была организована экспедиция во Французскую Гвиану, в район города Кайена (Южная Америка, широта $+5^\circ$). Это, кстати, места, весьма знаменитые во Франции тем, что там находится французская каторга (своего рода аналог нашего Сахалина). В Кайену поехал Жан Рише, который и проводил наблюдения Марса во время великого противостояния. Одновременно проводились наблюдения и на Парижской обсерватории. За счёт имеющейся разницы широт между Парижем и Кайеной был измерен суточный параллакс Марса при наибольшем сближении его с Землёй, и тем самым удалось очень точно (8%) определить орбиту Марса, а следовательно, и расстояние от Земли до Солнца. После этого, для любых тел в Солнечной системе достаточно измерять периоды их обращения, чтобы определить точные размеры их орбит и вычислять расстояния до них.

Многие участники турнира правильно указывали на такой метод

определения расстояний, как **локация**. Действительно, если вы посылаете какой-либо сигнал до объекта, и потом этот сигнал от объекта отражается, то вы можете измерить время прохождения сигнала Δt по пути туда-обратно. Зная скорость v распространения сигнала в среде, вы сразу же получаете расстояние до объекта по простой формуле $R = v \cdot \Delta t / 2$. Для локации можно использовать любые волны. У нас на Земле обычно используются звуковые волны, например, в гидролокаторах. Использовать звук для локации в астрономии нельзя, — в безвоздушном пространстве звук не распространяется (это была ошибка многих участников). Для локации в космосе используются электромагнитные волны — световые и радиоволны. С радиолокацией связана одна очень интригующая астрономическая история, связанная также и с военными действиями. Дело в том, что в 1942 году шла «битва за Англию», и германские самолёты геринговской Люфтваффе волна за волной шли на Англию и бомбили Лондон, другие крупные города. Для обнаружения самолётов англичане применили метод радиолокации: посылка радиосигнала, и измерение расстояния. Затем на вражеские самолёты наводились истребители и шли бои в воздухе. Вскоре выяснилось, что германские самолёты предпочитали лететь на рассвете, и сигнал, отражённый от самолётов, терялся на фоне постороннего очень мощного шумового сигнала. Поначалу было непонятно, какая радиостанция излучает этот сигнал, маскирующий наступающие бомбардировщики. Естественно, перед ПВО была поставлена задача обнаружить эту радиостанцию, и авиация должна была её уничтожить. Однако, когда попытались определить расстояние до этой станции методом триангуляции с разных сторон, то выяснилось, что этот источник шумового сигнала находится на бесконечности. И тогда стало понятно, что этот радиосигнал излучает само Солнце. Понятно, что применять локацию к Солнцу бессмысленно — у него нет твёрдой поверхности, и, соответственно, радиосигнал от Солнца не отразится. Тем не менее, метод радиолокации успешно применяется по отношению к планетам, начиная с 1961 г. Наиболее продуктивно радиолокационные измерения проводились для Венеры; и с их помощью удалось наиболее точно измерить астрономическую единицу, как масштабный фактор нашей планетной системы ($a = 1,495979 \cdot 10^{13}$ см). Венера облучалась мощным коротким радиоимпульсом в сантиметровом диапазоне, потом принимался и анализировался ответный сигнал. Из радиолокационных данных удалось установить факт обратного вращения твёрдого тела самой Венеры (твёрдая оболочка Венеры иначе как радиолокационными методами с Земли вообще не видна), а также построить первые карты её поверхно-

сти. Локация применялась и в видимом свете с использованием зеркал телескопов ≈ 1 м и мощных импульсных лазеров только для одного естественного небесного объекта — для Луны. Причём более того — для того, чтобы осуществить лазерную локацию Луны, необходимо было, чтобы в процессе космических полётов на поверхности Луны были установлены многочисленные т. н. уголковые отражатели. Ими снабжались все посадочные модули миссии «Аполлон», а также все советские станции программы «Луна» и советские луноходы (которые так и остались на поверхности Луны). Сейчас на поверхности Луны имеется несколько десятков точек расположения этих оптических отражателей, и, посылая с Земли мощные импульсные лазерные сигналы, можно принимать отражённые сигналы. В оптическом диапазоне мы можем сформировать очень короткий импульс, и, вообще говоря, измерить расстояние от телескопа до отражателя на поверхности Луны с точностью около 1 см. Метод лазерной локации Луны позволил существенно уточнить все теории движения Луны, и сейчас мы знаем не просто орбиту, а характер движения нашего естественного спутника, можем рассчитывать его положение в пространстве с точностью также около 1 см. Лазерная локация применяется и для всех искусственных спутников Земли, как в ближнем космосе, так и на геостационарных орбитах. А для всех космических аппаратов, которые уходят в дальний космос, применяется радиоизмерение расстояний: автоответчик-ретранслятор, который принимает сигнал с Земли и посылает ответный сигнал, по времени прихода которого можно очень точно мерить расстояние до космического аппарата, который находится где-нибудь у совсем другой далёкой планеты.

Следующий метод определения расстояний — это метод **параллакс-звёзд**. Дело в том, что для того, чтобы измерить угловое смещение звёзд, надо использовать разные точки зрения, раздвинутые максимально широко. Для этого может использоваться орбита Земли вокруг Солнца. Соответственно, расстояние между разными точками зрения с противоположных точек земной орбиты составляет около 300 млн. км. Только используя столь большие смещения, удалось измерить параллаксы (угловые смещения) для ближайших звёзд. Дело в том, что со времён создания гелиоцентрических систем и у Коперника (1543 год), и тем более у его предшественника Аристарха Самосского (310–250 до н. э.), конечно, главным вопросом, главной наблюдательной проверкой гелиоцентрической системы был как раз вопрос: имеются или не имеются угловые смещения звёзд в зависимости от годовичного движения Земли? Их противники говорили, что раз таких смещений не наблюдается, то, соответственно, нельзя утверждать, что Земля дви-

жется в пространстве. На что сторонники гелиоцентрической системы возражали, что проблема состоит в том, что звёзды находятся очень далеко, и для них смещение Земли по орбите является пренебрежимо малым. Действительно это так и оказалось, поскольку впервые параллакс звезды 61 Лебеда ($0'',294$) удалось померить только в 1838 году Фридриху Бесселю (1784–1864) в Кёнинсбергской обсерватории. Чуть раньше в 1837 г. в Дерптской обсерватории Вильгельм Струве (Василий Яковлевич, 1793–1864) измерил параллакс для самой яркой звезды северного полушария — звезды Вега ($0'',125$). Также измерения звёздных параллаксов проводил Томас Гендерсон (1798–1844) и определил расстояние одной из ближайших к нам звёзд — α Центавра. На сегодняшний день известно, что самой ближней к Солнцу звездой является слабая звёздочка 12 звёздной величины, красный карлик в системе кратных звёзд, поэтому звезда получила своё названия Проксима Центавра, то есть «ближайшая». Но и у неё годичный параллакс составляет всего-навсего 0,762 угловые секунды. То есть даже ближайшие к Солнцу звёзды годичным параллаксом смещаются меньше, чем на угловую секунду, и метод угловых параллаксов мы можем применять только в ближайших окрестностях Солнца.

На больших расстояниях всего в нескольких случаях удалось использовать быстрый разлёт оболочек от взрывающихся новых или сверхновых звёзд. Было всего несколько совпадений, когда удалось в момент сброса оболочки звезды измерить спектральным методом её лучевую скорость, соответственно, определить скорость разлета оболочки. А потом эта оболочка расширялась, и спустя некоторое число лет, удалось её увидеть уже в виде пространственной туманности, и измерить её угловые размеры. Если мы знаем скорость v , с которой эта оболочка расширялась (мы её измерили вначале), знаем время Δt , за которое она расширилась, то, измерив её угловой размер ρ , до которого она «выросла», мы можем посчитать и расстояние до неё: $R = v \cdot \Delta t / \rho$.

Некоторым менее точным, но действенным методом определения расстояний были исследования звёздных потоков методами т. н. вековых параллаксов. Дело в том, что звёзды движутся не вполне хаотично — у них есть достаточно существенные групповые движения, которые известны как звёздные потоки. Измеряя собственные угловые движения звёзд на небе, можно такие звёздные потоки выявлять, и, соответственно, делать достаточно хорошие оценки расстояний до них.

Ещё можно привести пример, когда измерялись интенсивности радиолиний нейтрального водорода (это в радиодиапазоне) в зависимости от лучевой скорости этих линий (излучающего объекта) и направ-

ления вдоль плоскости Галактики, по разным долготам Галактики. Поскольку профиль линии существенно менялся, то в рамках модели спиральной структуры Галактики в целом и её кругового вращения эти профили линий удалось расшифровать, и таким образом была построена радиокарта всей нашей Галактики. Теперь нужно заметить, что все вышеизложенные методы являются методами геометрическими. То есть это или локация, или измерение угловых смещений, параллаксов, или прямые измерения расстояний с помощью лучевых скоростей. Так или иначе, это геометрические факторы.

Между тем, среди методов измерения расстояний в космосе наибольшее значение приобрели так называемые **фотометрические расстояния**, то есть расстояния, которые определяются по измерениям потока излучения от объектов. Дело в том, что если у нас есть, например, две свечи, расположенные одна на расстоянии R , другая — на расстоянии $2R$, то в соответствии с тем, что свет распределяется равномерно по всем направлениям, интенсивность, которую мы получим от более дальней свечи (расположенной в 2 раза дальше), будет в $2^2 = 4$ раза слабее, чем от ближней. Иными словами, для излучения выполняется закон обратных квадратов расстояний: $I \sim 1/R^2$. Это позволило использовать шкалу астрономических звёздных величин для определения расстояний. Ещё Гиппарх (160–125 до н. э.) ввёл понятие звёздной величины: все видимые звёзды на небе он разделил на 6 классов. Самые яркие назвал звёздами 1-й величины, самые слабые — звёздами 6-й величины. Он предполагал, что звёзды расположены на одинаковом расстоянии от нас, на сфере неподвижных звёзд, и видимая яркость звёзд определяется их собственным размером. Отсюда произошло понятие «звёздная величина». Теперь мы знаем, что видимая яркость звёзд зависит не только от их собственной светимости, но и, в большей мере, от расстояния до них. Сейчас измерение потоков света проводится более точно, чем в древности, но в целом шкала звёздных величин Гиппарха в астрономии сохранилась исторически. Её только уточнили измерениями, и условно установили, что звёзды, световые потоки от которых различаются в 100 раз, будут различаться ровно на 5 видимых звёздных величин. Такое условие было выбрано специально, чтобы примерно соответствовать прежней шкале. Соответственно, изменение видимой яркости на одну звёздную величину соответствует изменению светового потока в $\sqrt[5]{100} \approx 2,512$ раз. (число 2,512 известно как число Погсона). Следовательно, если у нас есть две одинаковые звезды, расстояния до которых различаются в 10 раз, то их видимая яркость будет различаться по закону обратных квадратов в 100 раз, то есть как раз на 5^m .

Таким образом, фотометрическими расстояниями удобно пользоваться, но возникает проблема, которая называется «проблема стандартной свечи». Дело в том, что этой шкалой можно пользоваться в том случае, если мы будем уверены, что звёзды (или другие объекты), которые находятся на очень разных расстояниях, и видимый свет которых различается очень сильно, сами по себе являются источниками излучения с одинаковой яркостью, т. н. стандартными свечами. Если это не так, то правильно определять расстояния мы, естественно, не сможем. Но астрономам очень повезло. Нашёлся такой специальный класс объектов, которые очень хорошо выполняют задачи стандартной свечи. Это переменные звёзды, которые называются **цефеиды** по имени наиболее известного своего представителя — звезды δ Цефея. Особенность этих звёзд состоит в том, что они изменяют свою яркость по регулярному закону, причем они пульсируют целиком, как звезда в целом с совершенно характерной зависимостью их блеска от времени. Когда-то они становятся ярче, потом — наоборот, слабее. Период этих пульсаций может составлять от часов до суток. Замечательной особенностью именно цефеид является их чёткая зависимость «период-светимость»: чем ярче звезда светится, тем у неё период больше. И эта зависимость была установлена очень точно по измеренным расстояниям (параллаксам). Благодаря этому у астрономов оказывается счастливая возможность измерять далёкие расстояния. Можно наблюдать цефеиду достаточно далеко (до 3 Мпс), и она будет выглядеть как очень слабая звёздочка. Но мы можем измерить её пульсации блеска и определить период этих пульсаций. По установленному периоду мы можем определить, какова её собственная светимость; а сравнивая истинную светимость с видимой звёздной величиной, мы по закону обратных квадратов легко можем найти с достаточной точностью расстояние до этой цефеиды. Благодаря цефеидам была установлена точная шкала расстояний во всей нашей Галактике.

Более того, при известных расстояниях до различных типов звёзд стали известны и особенности их светимостей, спектральных классов, зависимость светимости звёзд от их температуры, их спектра. Была установлена зависимость светимости звёзд от их массы. И вообще, благодаря установлению тригонометрических параллаксов в ближних окрестностях Солнца, а потом измерению фотометрических параллаксов — расстояний до цефеид, — для большого числа звёзд были установлены расстояния, а, соответственно, и их истинные собственные светимости. И большой объём этого наблюдательного материала позволил построить современную, очень развитую и достаточно точную физи-

ческую теорию нормальных звёзд. Мы знаем теперь о звёздах очень много. Более того, благодаря этой системе расстояний, удалось построить очень точную и подробную карту нашей Галактики. Мы теперь знаем, как наша Галактика устроена, где какие объекты расположены, как они движутся, какова спиральная структура нашей Галактики.

В 1923 г. Эдвин Хаббл (1889–1953) получил снимок туманности Андромеды на крупнейшем тогда рефлекторе 100 дюймов и ему удалось обнаружить на нём слабую переменную звезду. Она оказалась цефеидой! Естественно, что сравнив её видимую звёздную величину с известной зависимостью, Хабблу впервые удалось определить расстояние до туманности Андромеды (670 кпс, ≈ 2 млн. световых лет). Это был первый опыт измерения межгалактических расстояний. К настоящему времени обнаружено несколько тысяч цефеид в ближайших галактиках — в Магеллановых облаках, в Андромеде, в созвездии Треугольника и в других близких галактиках нашей Местной группы. При увеличении расстояний нам потребуется использовать всё более и более яркие объекты. И в дальнейшем для определения расстояний использовались уже не цефеиды, а наиболее яркие звёзды-гиганты, размеры наиболее ярких туманностей, а также взрывы сверхновых звёзд. Для более далёких галактик — там, где отдельных звёзд мы уже не можем различить, используются установленные зависимости интегральных характеристик галактик: их типичные размеры, типичные светимости, и по ним также определяются расстояния до галактик.

Наконец, на самом большом пространственном масштабе используется эффект Доплера — смещение длины волны света в зависимости от лучевой скорости. Дело в том, что Хаббл, наблюдая несколько десятков близких галактик, в 1929 г. экспериментально установил зависимость: скорость, с которой галактика удаляется от нас, прямо пропорциональна расстоянию до этой галактики. Первоначально предполагалось, что этот эффект является локальным, то есть остальные галактики как бы «разбегаются» из некоторой области пространства вокруг нашей Галактики. Но впоследствии выяснилось, что эффект присущ всей видимой Вселенной. И это не поведение отдельных галактик, которые «убегают» друг от друга, а процесс (получивший название «закон Хаббла») расширения всего пространства нашей Вселенной, в которой увеличиваются все расстояния, а не только расстояния от нашей Галактики. По спектру галактики определяется смещение линий спектра и, соответственно, лучевая скорость её удаления от нас, а по скорости удаления определяется расстояние до этой галактики. Закон Хаббла выполняется для большей части объёма известной нам Вселенной.

Только в самом конце 20 века, когда наблюдались яркие сверхновые звёзды в очень далёких галактиках, были обнаружены некоторые, незначительные по величине, отклонения от этого закона. На границах видимой Вселенной было обнаружено, что скорость убегания галактик увеличивается несколько быстрее. Это значит, что наша Вселенная не просто расширяется, а она расширяется с некоторым ускорением. Это ускорение галактик, ускорение расширения пространства Вселенной было впоследствии объяснено как отрицательная гравитация, или анти-тяготение. Сейчас это называется тёмной энергией вакуума, которая разгоняет нашу Вселенную.

Можно упомянуть также о том, что в последние годы для определения расстояний активно использовались гамма всплески. Предполагается, что наблюдаемые в рентгеновском и гамма диапазоне специфические всплески на далёких расстояниях — один из эффектов процесса превращения массивных звёзд в чёрные дыры. Это аналогично взрыву сверхновой звезды в оптическом диапазоне, только, соответственно, в рентгеновском и в гамма диапазоне. Достаточно длительное время такие гамма всплески также использовались в качестве объектов стандартной яркости, и по ним определялись расстояния. А в последнее время оказалось, что яркость гамма всплесков может существенно меняться. Были обнаружены аномально слабые гамма всплески, и тем самым опять возникла проблема стандартизации используемых свечей, то есть точного определения яркости астрономических явлений, используемых для определения расстояний.

Нужно заметить, что на предельно больших расстояниях (больше 500 Мпс) закон Хаббла напрямую уже нельзя использовать, поскольку наблюдаемое красное смещение в спектрах галактик, интерпретируемое как доплеровский эффект за счёт их удаления, уже может испытывать различные изменения в зависимости от той или иной космологической модели, применяемой для Вселенной в целом.

В заключении нужно подчеркнуть, что для определения расстояний, от наших ближайших окрестностей и до границ наблюдаемой Вселенной, мы вынуждены использовать многоступенчатую шкалу расстояний; каждая из этих «ступенек» построена на различных физических принципах, имеет свои зоны применимости, имеет свои опорные базовые объекты, имеет свои характерные точности.

Вопрос о том, кто нашу Вселенную максимально широко «раздвинул».

В древности считалось, что звёзды прикреплены к неподвижной сфере и вся Вселенная заключена в этой сфере неподвижных звёзд.

Однако и среди древних философов были взгляды о том, что Вселенная может быть не ограничена этой сферой. В эпоху Возрождения, после формулирования Коперником гелиоцентрической теории, важный философский вклад внёс Джордано Бруно (1548–1600), который развил взгляды о том, что Вселенная является бесконечной, что другие звёзды — это не просто светящиеся точки, а это такие же звёзды, как наше Солнце, и вокруг этих солнц вращаются другие планеты, обитаемые другими жителями. То есть идея не только бесконечности Вселенной, но и множественности миров. Следующим шагом явились грандиозные открытия в наблюдательной астрономии, которые сделала Галилео Галилей, направив в небо первый телескоп (1609) и воочию увидев многообразие небесных миров, сопоставимое с многообразием земной поверхности, — это горы на Луне, это фазы Венеры, это спутники Юпитера, это россыпь звёзд Млечного Пути (то есть светящаяся полоса Млечного Пути оказалась множеством слабых звёзд).

Важным шагом для Человечества в целом, конечно, явился выход в космическое пространство, полёт Юрия Алексеевича Гагарина 1961 г. и высадка на Луну американских астронавтов в 1969 г. Это знаменовало собой действительно шаг Человечества со своей планеты в космос. К настоящему времени наши космические аппараты побывали около всех планет Солнечной системы, и некоторые из них (например, «Пионер» и «Вояджер») движутся за пределы орбиты Плутона.

Наконец, в последнее время, благодаря развитию теории о строении многомерной Вселенной в целом, развиваются идеи о том, что наша видимая Вселенная является не единственной, и что наблюдаемое нами сейчас пространство, — это просто одна из реализаций пространства-времени, часть его с конкретным набором пространственных и временных координат. В большой Вселенной (Метавселенная), таких реализаций может быть много, и, более того, они даже могут быть между собой связаны тем или иным образом. Например, один из взглядов состоит в том, что наблюдаемые нами чёрные дыры — это не просто сингулярности в пространстве-времени, как они нам представляются отсюда «снаружи», а они могут организовывать так называемые «кратовые норы» или, соответственно, квантовые переходы, в том числе и в другие вселенные.

Вопрос № 9. *В Санкт-Петербурге ровно в 12 часов дня со стен Петропавловской крепости раздается выстрел из пушки. Теперь это всего лишь дань традиции, сохраняющейся с давнего времени (аналогичные выстрелы традиционно выполняются и в некоторых других городах*

России). А зачем в свое время понадобилось это вводить? Где ещё существуют подобные мероприятия? Как осуществлялось установление времени в городских и сельских поселениях в древности? На каких физических принципах основывалось действие часов в древности?

Комментарий. Комментарий к вопросу об организации времени начнём с того, что всё определяется плотностью населения. Если люди живут разрозненно, в деревнях или на пастбищах, то они, как правило, не нуждаются в точном времени, — они живут по природе. С солнцем встают, с солнцем ложатся спать. Точно также это было и в скотоводческих племенах, которые кочуют вместе со своей скотиной. В деревнях «будильниками» всегда являлись петухи, потому что они начинали свои крики ещё до рассвета. И вообще в деревенской жизни время достаточно неопределённое, а точного и не требуется. Ситуация изменилась, когда население выросло, и появились стационарные компактные многолюдные поселения, — первые города. Это случилось уже достаточно давно, ≈ 6000 лет назад. Совместное проживание больших масс людей (несколько тысяч и больше) уже потребовало более совершенной организации их времени. Но интересно заметить, что и сейчас в городах жарких стран цикл жизнедеятельности людей всё равно подчиняется циклам природы. В тропических зонах восход Солнца происходит очень быстро, там Солнце восходит перпендикулярно горизонту, продолжительность дня и ночи в зависимости от сезонов не меняется. Поэтому вся жизнь устроена по таким отметкам: это восход Солнца (соответственно, начало дня), в середине дня наступает сиеста (это период жаркого времени, когда никто не работает, все отдыхают), и вечерние часы активности до заката (а иногда ещё и продолжаются далеко в тёмное время суток). И такой уклад жизни в жарких странах существовал буквально до последнего века, — эпохи электронных будильников и кондиционеров.

Итак, в городах требуется синхронизация деятельности людей. Любой древний город, — это ещё и огороженное, защищённое от внешних врагов пространство. Есть городская стена и, соответственно, на этой стене есть стража. Вот по этим «стражам» (периодам дежурства) и отмеряли время ещё с самых древних царств, фактически с первых укреплённых городов. С первой утренней стражей городские ворота открывались, начиналась гражданская жизнь, с последней вечерней — всё закрывалось и движение прекращалось. Интересно отметить, что и в современной жизни этот обычай сохранился в виде такого исторического ритуала, как торжественная смена караула, которая происходит

в определенное время, например, каждый час и сопровождается определёнными церемониями, будь то в Москве или где-нибудь ещё около официальных и исторических мест в разных странах. Для того, чтобы обозначить смену одного отрезка времени другим (и убедиться, что предыдущая стража не спит), использовались громкие звуковые сигналы. Это мог быть крик, либо металлический гонг, диски разного рода. Например, очень красивые и звучные ритуальные гонги есть в религии синтоизма (Япония). В концентрационных лагерях системы ГУЛАГа для этой цели часто использовался кусок рельса.

Следующее сфера деятельности, где требуется синхронизация — это деятельность военных организаций, разного рода дружин, войск и армий, особенно во время военных действий. Военные используют тоже приспособления для громкого звука: трубы, горны и т. д. Интересно, что звук армейского горна использовался даже в начале космической эры, когда при организации старта первых ракет в космос горном подавали соответствующие сигналы. Такая вот связь древней истории с современностью. Военные также очень любят употреблять барабаны; известны, например, очень изопрённые упражнения по шагистике, которые практиковались в армии при Павле 1. Барабан совершенно необходим на галерах, — без слаженных движений гребцы просто все весла переломают.

В массовых религиозных действиях также требуется высокая степень синхронизации для того, чтобы большое количество людей (желательно всё местное население) следовало религиозным установкам. В христианстве для этого установилось употребление такого прибора, как колокол. Причём католические колокола раскачиваются целиком (язык у них свободно подвешенный), в православных колоколах наоборот — колокол свободно висит, а раскачивают язык колокола. В мусульманстве звуковым организатором является муэдзин, — специально выделенный человек, который поднимается на высокий минарет, чтобы его далеко было слышно, и оттуда громким голосом призывает правоверных к той или иной молитве. Поскольку молитв в течении суток 5, и они достаточно чётко привязаны к определённым моментам времени, то деятельность муэдзина очень похожа на деятельность современных сигналов точного времени. Опять таки интересно заметить, что в прошлом, 2004 году в городе Каире пришлось прибегнуть к услугам электронных муэдзинов. Современный Каир — многомиллионный город, там очень много мечетей, близко расположенных, а разные муэдзины, в силу разных человеческих причин, не всегда точно синхронизовывали свои призывы. В результате в Каире имела место определённая какофония

каждый раз при наступлении времени очередной молитвы. Чтобы этот процесс упорядочить, была введена единая по всему городу трансляция этих призывов — своего рода «электронный муэдзин». Наибольшей концентрации участников достигают церемонии индуизма: для омовения в водах реки Ганг в городе Варанаси собирается несколько миллионов человек одновременно, так что эти концентрации наблюдаются даже спутниками из космоса (как это организовано — уму непостижимо).

Вопрос о делении суток на часы. Естественно, что в крупных людских объединениях требуется более детальное разделение времени дня и более чёткое определение этих долей. Здесь мы пользуемся наследием Египта. В Древнем Египте использовалась десятиричная система, которая была базовой. И день, и ночь делились на 10 равных частей; $1/10$ часть дня определялась примерным делением полукруга движения солнечной тени на 10 секторов: 5 до полудня, и 5 после. К 10 «светлым» часам добавлялся ещё 1 час на восход и 1 час на закат. И того получалось 12 часов в дневной половине суток. А, соответственно, к 10 регулярным часам ночи добавлялся 1 час вечерних сумерек и 1 час утренней зари; всего тоже 12. В сумме получалось 24 часа в сутках, которыми мы и пользуемся до сих пор. Египет — страна южная⁸, поэтому там нет существенной разницы между продолжительностью дня и ночи, а также зависимости их продолжительности от сезона. Но севернее, в Греции, и тем более в средних широтах Земли, такая система создавала серьёзные неудобства, поскольку в зависимости от сезона длительность дня и ночи сильно меняется (см. вопрос № 3), и естественно, что часы дня и ночи становились весьма неодинаковыми по продолжительности. Когда много позднее были изобретены механические часы и стали широко применяться, на основе механических часов была создана более-менее равномерная (в течение суток) шкала времени. Но взамен возникло обратное неудобство — восход и закат Солнца в средних широтах стали происходить в разные моменты равномерного времени в зависимости от сезона.

Измерение времени предполагает, прежде всего, измерение отрезков времени, как наиболее коротких, так и более продолжительных. Короткие отрезки времени издревле измерялись с помощью песочных часов, в которых происходит плавное пересыпание песка из верхней ёмкости в нижнюю через маленькое отверстие. Подбором размеров отверстия осуществляется регулировка скорости этого процесса, а отмерив нужное количество песка, можно изготовить песочные часы, рассчитанные

⁸Разумеется, здесь важна близость к экватору, а не к Южному полюсу.

на тот или иной отрезок времени. Также использовались водяные часы, основанные на процессе перетекания воды (или равномерного капания). Клипсидра (водяные часы) были изобретены в Египте, и там же они достигли своего наиболее высокого технического воплощения. В своей лучшей реализации клипсидры были рассчитаны на равномерное измерение времени на протяжении всей ночи. С учётом постепенного понижения уровня воды, и изменения скорости её вытекания (зависящей от уровня), клипсидры специально имели не цилиндрическую, а слегка коническую форму, и были разделены отметками уровня на 10 регулярных часов ночи. С использованием клипсидры египетские жрецы-астрономы могли достаточно точно определять время ночью и, соответственно, наблюдать прохождение тех или иных звёзд, тех или иных созвездий через меридиан, их восход и заход. Благодаря высокому развитию наблюдательной астрономии в Египте, например, построенные там пирамиды очень точно ориентированы по сторонам света. Имеются также и изображения прохождения различных звёзд через меридиан в месте наблюдения (через середину неба) в зависимости от сезона и часов ночи.

Также в древности использовались огненные часы, — это приблизительно равномерный процесс горения какой либо линейной структуры (горящая верёвка или свеча, хотя раньше таких качественных и равномерно горящих свечей не было). Понятно, что огненные часы можно использовать для не слишком точного измерения коротких интервалов времени; на всю ночь их, естественно, не хватит. Интересно отметить, что пример достаточно точного измерения отрезка времени и синхронизации действий с помощью бикфордова шнура использован в одном из эпизодов кинофильма «Белое солнце пустыни».

Помимо измерения отрезков времени необходимо установить и общую шкалу времени, которая бы повторялась изо дня в день. Естественно, что шкала издревле устанавливалась по положению Солнца на небе. За счёт того, что Солнце перемещается по небу, возможно сделать солнечные часы, или гномон. Гномон в простейшем случае — это вертикально поставленный шест или палка. Когда Солнце поднималось максимально высоко, длина тени становилась минимальной, — это определяло момент полдня, — и, соответственно, определяло и направление с севера на юг. Движение Солнца по небу вызывало поворот тени гномона на различные углы, и поворот этой тени можно было отградуировать по часам дня. В Древнем Египте для определения времени по Солнцу в качестве гномона использовались гранитные обелиски, которые обычно устанавливались на площади перед храмами. Известны

такие обелиски высотой до 24 метров, что соответствует примерно 8 этажам современного дома. Дело в том, что чем выше обелиск, используемый в качестве гномона, тем больше скорость перемещения конца его тени по поверхности Земли, соответственно, и выше точность определения времени по Солнцу. Интересно отметить, что один такой обелиск из Гелиополя до сегодняшнего дня стоит на площади Святого Петра в Риме. Его привёз из Египта и поставил там ещё император Нерон (установил в цирке имени себя). Этот обелиск и сейчас работает в качестве солнечных часов перед собором Петра в Риме.

Механические часы стали изготавливаться людьми примерно с 14 века, и первоначально они базировались на принципе крутильного маятника; т. е. было коромысло с грузами, которое могло инерционно поворачиваться из стороны в сторону в горизонтальной плоскости. Примером таких средневековых часов является например, механизм часов собора города Солсбери (Англия), построенный в 1386 году, эксплуатировавшийся до 1790 г., и «тикающий» до сих пор (за 600 лет — около $5 \cdot 10^8$ колебаний). На основе таких механических устройств, которые, конечно, были весьма неточными, с ошибками в десятки минут за сутки, уже со времён эпохи Возрождения начали создаваться башенные часы. Эти механизмы устанавливались на высоких городских башнях, позднее там же устанавливались и круги со стрелками — прямой аналог солнечных часов, но в вертикальной плоскости. Кстати, первоначально башенные часы имели только 1 часовую стрелку, — аналог солнечной тени, а минутная стрелка появилась лишь в 17 веке. Естественно, что башенные часы — дорогое удовольствие, и применялись в городах. Позднее башенные часы стали снабжаться специальными колоколами, которые издавали звук в ровные часы, соответственно, получались куранты.

Наиболее полное решение в создании механических часов удалось осуществить только после того, когда были исследованы свойства математического маятника. Первым исследователем математического маятника был Галилео Галилей, а потом достаточно точную теорию составил Гюйгенс. Вот на основе математического маятника, то есть колебательного процесса в вертикальной плоскости под действием силы тяжести, стало возможным создание достаточно точных часовых механизмов, на основе которых уже и стали изготавливаться общепотребительные механические часы. Не один экземпляр на город, а в таком количестве, что они стали появляться уже в домах зажиточных горожан.

Использованию пушек для звуковых сигналов в России мы обязаны Петру Великому, который сильно развил отечественную артиллерию, и создал российский флот. Естественно, что пушки нашли своё применение

ние прежде всего для очень громких морских сигналов. (А. С. Пушкин, «Сказка о Царе Салтане»: «Пушки с пристани палят, кораблю пристать велят»). Также со времён Петра выстрел из пушки (а не колокол) использовался в качестве сигнала об опасности, поскольку в Санкт-Петербурге периодически случались наводнения, о чём подавался предупредительный сигнал. Кроме этого, и Санкт-Петербург с момента основания, и многие другие города существовали в режиме военного лагеря, крепости. По границам государства Петром также создавались крепости, создавались и морские порты. Естественно, в крупной военной крепости необходима синхронизация времени совместных действий всех находящихся там людей. Можно даже сказать, что синхронизация времени с помощью пушек символизировала переход от Царства к режиму Российской империи, как синхронизация календаря Юлием Цезарем символизировала переход от Республики к Римской империи.

Особое значение имел так называемый полуденный выстрел, который осуществлялся ровно в 12 часов местного времени. Не совсем были правы те, кто писал в своих ответах на Турнире, что выстрел в 12 часов дня служит только для оповещения бедных. Им должны были пользоваться не те, у кого часов нет (конечно, простые горожане по этому выстрелу тоже определяли время, примерно деля день «до выстрела» и «после»). Главное назначение этого выстрела было гораздо более конкретное и точное, оно состояло в том, чтобы все, у кого часы есть, смогли бы по этому выстрелу свои часы поверить, то есть определить неточность хода своих часов. Это сигнал точного времени 18 века.

Такой полуденный выстрел указом Петра 1 был введён для всех морских портов, и до сегодняшнего дня выстрелы из пушек осуществляются в Мурманске, Владивостоке, Севастополе, Кронштадте. Полуденный выстрел имеет особое значение для морских судов, для флота, поскольку на борту каждого корабля необходимо осуществлять независимое хранение времени. Это необходимо для решения проблемы долготы и определения положения корабля в открытом море. Как известно, разница долгот порта отправления, откуда корабль вышел, и его действительного положения в открытом море — это и есть как раз разница моментов времени полудня в порту отправления и местного полудня на той долготе, где он находится. Понятно, что без создания и без наличия точного хронометра на борту корабля нормальное функционирование океанского флота невозможно, невозможны и уверенные перемещения кораблей в открытом море. Например, «Золотой флот» Испании, который в 16 веке вёз богатства из Америки (огромное количество золота, серебра, за которым охотились пираты), не обладал возможностью точ-

ного определения своей долготы (в то время не было технологии точных морских хронометров). Поэтому испанские галеоны были вынуждены пользоваться местными береговыми ориентирами, и приближаться на опасное расстояние к берегам и подводным рифам. Из-за этого столь большое количество кораблей Испании нашло свою гибель на рифах Нового Света.

Интересно также отметить, что Санкт-Петербург являлся столицей Империи, и в нём, как столичном имперском городе, осуществлялась подача звуковых сигналов выстрелами из пушек и во многих торжественных случаях. Пушки стреляли при приёме высоких гостей, при рождении наследников, и т. д. и т. п. Была масса предлогов, когда осуществлялся пушечный салют. Наибольшего размаха пальба достигла при более поздних начальниках, особенно при Николае I (что очень похоже на современную новогоднюю ночь). У столичных чиновников, говорят, даже выработалась привычка — при очередном выстреле пушки они бросались сверять свои часы, ну а потом только понимали, что это не полуденный сигнал, а салют по какому-то другому поводу.

Порядок осуществления полуденного выстрела Пётр I придумал после того, как увидел аналогичную процедуру, осуществляющуюся в Гринвиче, во время своего путешествия в Англию в 1719 г. Дело в том, что Гринвичская обсерватория около Лондона была создана (в 1675 году) специально для того, чтобы обеспечивать британский флот в первую очередь системой точного времени и координат. В Гринвиче был выработан и специальный сигнал точного времени, устроенный следующим образом. На крыше обсерватории был установлен высокий деревянный шест, как мачта корабля (который существует до сих пор), и на этой мачте был подъёмный шар диаметром 3 м красного цвета (чтобы его было лучше и издалека видно). С помощью каната за 3 минуты до момента времени шар подтягивался вверх, а точно в момент 13 часов местного (гринвичского) времени верёвка отпускалась, и шар падал вниз.

Почему не использовался, например, звуковой сигнал — выстрел из пушки? Во-первых, потому что рядом, буквально под горой, находится загородный королевский дворец Гринвич, а стрелять вблизи дворца не принято. Во-вторых, потому что выстрел — это сигнал звуковой, и он распространяется со скоростью звука, всего-навсего 330 м/с. Широко известен, например, эффект запаздывания между временем вспышки молнии и приходом грома (3 секунды на 1 км). Поэтому использовать не звуковой, а именно визуальный сигнал, — падение шара, гораздо более точно (ошибка меньше секунды). Гринвичская обсерватория нахо-

дится на одном из холмов на правом берегу Темзы, и момент падения шара могли наблюдать капитаны и штурманы всех судов, которые в этот момент стояли в доках Темзы. Ниже Лондона, до впадения Темзы в океан, находится так называемый Докленд, то есть район (акватория), куда суда со всего мира приходили, привозили свои товары, где они ремонтировались и осуществляли другие технические дела. Это был их порт приписки и порт отправления. Соответственно, каждый день, за несколько минут до 1 часа дня гринвичского времени все капитаны судов дисциплинированно брали зрительную трубу и наблюдали момент падения шара, определяя поправку хронометра на своём корабле. А дальше, с выверенными часами они могли уже уверенно могли отправляться в дальние морские плавания, вплоть до кругосветных (Пётр же правильно рассудил, что для своих без выстрела не обойтись — всё проспят).

Современные системы единого времени построены следующим образом. За основу по-прежнему взята 1 секунда. Она исторически, ещё со времён Древнего Вавилона, составляла длительность суток, разделённую на 24 часа, каждый час по 60-ричной вавилонской системе разделён на 60 первых малых долей (минуты), каждая минута разделена ещё раз на 60 вторых малых частей (секунд). Но современная секунда определяется уже не вращением Земли, а методами атомной физики, и составляет 9192631770 колебаний излучения при переходе между линиями сверхтонкой структуры в атоме цезия ^{133}Cs . Это — базовая единица не только шкалы времени, но и всех физических измерений современного мира. Сама шкала времени, хотя и сохранила признаки часов, минут и секунд, которыми мы пользуемся в гражданском времени (это наше наследие возраста ≈ 4000 лет), однако для хранения шкалы точного времени используются современные атомные стандарты частоты, относительная погрешность которых составляет 10^{-16} . Поскольку Земля вращается неравномерно, то в гражданское время приходится иногда вносить специальные поправки, так называемые дополнительные секунды. Они позволяют привести в соответствие атомную шкалу времени и реальное вращение планеты Земля. Также существуют системы распространения сигналов точного времени. Наиболее известная населению — это система «6 точек», которая передаётся каждый час по радио, мы их слышим в виде 6 коротких звуковых сигналов. Начало 6-го сигнала соответствует ровному часу всемирного, поясного и местного гражданского времени. Но в современном мире сигналы точного времени распространяются при любой радиотрансляции, поскольку любой передатчик, выходящий в эфир, непременно по сигналам точного времени

синхронизован, и он несёт в своём сигнале те или иные строгие временные привязки. Сейчас наиболее развитыми системами являются спутниковые навигационные системы, — система GPS в США и ГЛОНАСС в России, содержащие несколько десятков спутников, находящихся на околоземных орбитах таким образом, чтобы в каждый момент времени в каждой точке на поверхности Земли над горизонтом было видно не меньше 3 спутников этой системы. Получая сигналы от трёх разных спутников с разных направлений и расшифровывая их, имеется возможность определить момент времени (с точностью до 10^{-6} секунды), а также своё местоположение на Земле (с точностью до сантиметров).

Вопрос № 10. *После Афин–2004 очередную Олимпиаду решили провести на Луне (бег, прыжки, метание, плавание, и т. д.). Какие лунные рекорды превзойдут аналогичные земные достижения и на сколько? В каких видах спорта прогресса не ждать? А как Вы отнесётесь к идее провести на Луне чемпионат мира по футболу?*

Комментарий. Конечно, большое спасибо всем участникам, которые напомнили, что следующая Олимпиада будет всё-таки в Пекине в 2008 году, а Олимпиада 2012 года, как мы надеемся, пройдёт в Москве. Понятно, что Олимпиада на Луне — это тема с известной долей шутки. Но во всякой шутке есть доля шутки, остальное — истина. Во всяком случае, в 2004 году Человечество отметило 35-ю годовщину знаменательного события, когда нога человека ступила на поверхность Луны. В 1969 году команда американских астронавтов в рамках программы «Аполлон» прилунилась, и Человечество достигло соседнего небесного тела. Вне всякого сомнения, несмотря на то, что программа «Аполлон» была заторможена по финансовым соображениям (она поглощала колоссальное количество денег), совершенно очевидно, что прогресс неудержим, и рано или поздно (причём скорее рано, нежели поздно) мы будем с вами свидетелями того, каких высот достигнет присутствие человечества на Луне. В том числе, скорее всего, люди займутся там и спортом тоже.

Итак, какие принципиальные отличия возникают в том случае, если мы с Земли перемещаемся на Луну? Во-первых, как многие правильно отмечали, на Луне **отсутствует атмосфера**; а, соответственно, для того, чтобы на Луне что-то делать, необходим скафандр, обеспечивающий давление в 1 атмосферу, обеспечивающий газообмен для нашего дыхания, терморегуляцию и защиту от солнечного излучения. Короче говоря, нужен автономный космический скафандр со всеми системами жизнеобеспечения. Но в таком скафандре, что называется, не побе-

гаешь. Второй вариант — это создать ограниченное пространство на Луне, — своего рода купол с воздухом. Но здесь тоже есть большая проблема, поскольку, в куполе, очевидно, нужно создать нормальное атмосферное давление, а 1 атм. создаёт давление в 1 тонну на каждый квадратный метр поверхности. Соответственно, если бы мы захотели проводить Олимпиаду в привычных нам масштабах и закрыть куполом на Луне, скажем, стадион, то при размерах $100 \times 100 \text{ м}^2$ этот купол будет подниматься вверх давлением накачанной под него атмосферы с усилием 10000 тонн. Трудно представить себе конструкцию, которая в этих условиях не оторвалась бы от поверхности Луны и не улетела бы в космос. Неслучайно, что реальные объёмы на орбитальных станциях, где люди существуют в условиях открытого космоса, имеют характерный размер всего около 10 м, а дальше идут перегородки и т. д. Поэтому и на Луне, если дело дойдёт до строительства лунных баз, это будут, скорее всего, либо системы «нор» и подземных помещений (выработок), либо это будут не слишком большие по объёму сооружения на поверхности.

Второй принципиальный момент, который также очень многие отмечали правильно, — что на Луне сила тяготения, и, соответственно, **ускорение свободного падения** ($1,622 \text{ м/с}^2$) примерно в 6 раз меньше, чем на Земле. Многие, правда, ошибались и говорили, что на Луне гравитации вовсе нет. Но если бы это было так, то вопрос о проведении каких-то игр вообще отпал бы, поскольку в открытом космосе большинство спортивных упражнений невозможны. Итак, гравитация на Луне в 6 раз слабее, но есть. Соответственно, как нам известно из кинематических уравнений движения брошенного тела в поле силы тяжести, любое тело, которое мы бросим, в условиях в 6 раз меньшего g полетит в 6 раз выше (H) и в 6 раз дальше (S), чем если бы это было на Земле.

$$S = \frac{v_0^2 \sin(2\alpha)}{g} \quad H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g}$$

где v_0 — начальная скорость, α — угол бросания (между направлением броска и горизонтальной поверхностью).

Нужно также отметить, что уменьшение на Луне веса предметов отнюдь не означает уменьшения их массы (в чём также многие ошибались). Имеет место тождественное соответствие между инерционной и гравитационной массами тел. Тело, перенесённое с Земли на Луну, будет иметь точно такую же массу, но вес его уменьшится в 6 раз. Если мы применяем это тело в качестве спортивного снаряда для **метания**

и прикладываем к нему такую же мускульную силу, то под действием этой силы тело приобретёт такое же ускорение, и в итоге броска такую же скорость, как и на Земле. Будучи брошенным с такой же скоростью, очевидно, тело улетит в 6 раз дальше. Напомним, что на Луне нет сопротивления воздуха, но все скорости метания достаточно малы, и сопротивлением воздуха на Земле можно пренебречь.

Из кинематики также известно, что наибольшая дальность бросания достигается в том случае, когда направление броска имеет угол 45° к горизонту. Соответственно, как мы на Земле бросаем под 45° на наибольшее расстояние, так же мы это будем делать и на Луне. Правда, надо заметить, что точный учёт такого фактора, как разность высоты точки бросания и точки падения предмета, приводит к поправкам, а не просто к увеличению в 6 раз земных рекордов по метанию. Дело в том, что любой метательный предмет (ядро, диск, копьё, молот) стартует в свой полёт либо от плеч спортсмена, либо с высоты его вытянутой руки (копьё), — точка броска находится примерно на высоте 2 м. А вот падает снаряд на землю, — на уровень 0 м. Значит, точка броска и точка падения различаются по вертикали на 2 м. Это означает, что если на Земле мы бросаем ядро на 20 м, то на Луне, с учётом разности высот, оно улетело бы не на $20 \cdot 6 = 120$ м, а всего на 110 м (что тоже неплохо).

Рассмотрим **прыжки** в длину аналогично метанию, поскольку здесь идёт не бросание предмета, а «бросание» самого спортсмена (его центра тяжести). Надо учесть, что при прыжках в длину начальная высота центра тяжести спортсмена составляет примерно 1 м (у людей центр тяжести расположен примерно в середине живота). Соответственно, если длина прыжка на Земле была 5 м, при тех же физических параметрах и массе спортсмен на Луне прыгнет в длину не на $5 \cdot 6 = 30$ м, а на 25 м. Особенно это заметно при прыжках в высоту. Дело в том, что тут опять-таки нужно увеличивать не высоту от поверхности до планки, а высоту, на которую поднимается центр тяжести спортсмена. Если на Земле мы прыгаем на 2 м в высоту, то на Луне мы, казалось бы, можем прыгнуть на $2 \cdot 6 = 12$ м (это примерно высота 4-этажного дома). Это не получится, поскольку на Земле центр тяжести перемещается вверх всего лишь на 1 м, и, соответственно, рекорд по прыжкам в высоту на Луне составит $1 \cdot 6 + 1 = 7$ м. Что тоже неплохо — это высота большого фонарного столба.

Следующий спортивный раздел — бег — мы начнём с **ходьбы**. Опыт американских астронавтов, которые шагали по поверхности Луны, показывает, что ходить им удавалось очень медленно и с большим трудом. Понятно, что они были в тяжёлых и неудобных скафандрах

(но, в конце концов, они в них тренировались на Земле). Главный фактор здесь, конечно, — это уменьшение g . Доводилось слышать объяснение, что ходьба, — это такой процесс, когда ноги человека находятся в свободном колебательном режиме, как математический маятник или как маятник у часов. Соответственно, человек перебирает ногами и поэтому идёт. Это объяснение, конечно же, неверно. Ноги — это сложный костно-мышечный механизм с переменными параметрами, и свободным маятником ноги человека считать никак невозможно. На самом деле ходьба представляет собой серию падений нашего тела вперёд на выпрямленной опоре ноги. В этом отношении наша ходьба аналогична падению подрубленного дерева, которое падает, опираясь на свой комель, из вертикального положения падает в горизонтальное. Мы при ходьбе не падаем до асфальта (хотя такое тоже бывает), потому что успеваем, как правило, подставить другую ногу впереди себя. Подставляем мы её в согнутом положении, а после этого подставленную ногу мы начинаем выпрямлять, поднимая тем самым наш центр тяжести вверх; и дальше происходит следующий этап падения на следующей ноге-опоре. Таким образом, весь процесс ходьбы составляет попеременные процессы сначала падения вперёд на прямой опорной ноге и подставление сменной ноги, затем подъём центра тяжести вверх на прежний уровень высоты путём разгибания второй опорной ноги.

Полезно посмотреть на скорость ходьбы: она определяется ускорением свободного падения. В конечном счёте скорость ходьбы — это произведение длины одного шага на частоту шагания; а частота шаганий — это есть ни что иное, как частота подъёмов нашего центра тяжести вверх. В процессе ходьбы центр тяжести нашего тела описывает в пространстве своего рода синусоидальные колебания вверх-вниз: это падение с опорной ноги и затем подъём на другой опоре, и одновременно движение вперёд. Если мы увеличиваем частоту наших шаганий, то мы тем самым на каждом шаге увеличиваем скорость разгибания опорной ноги, следовательно, скорость подъёма центра тяжести тела. Это означает, что увеличивая скорость ходьбы всё больше и больше, мы достигнем такой скорости подъёма нашего тела, что произойдёт отрыв ноги-опоры от поверхности земли. А тем самым мы с ходьбы перейдём на **бег**. Ходьба отличается от бега именно тем, что при ходьбе всегда существует контакт одной из опорных ног с поверхностью. При беге существуют периоды подскоков, когда задняя опорная нога уже оторвалась от поверхности, а переднюю ногу мы ещё не поставили. Очень забавно, например, посмотреть на спортивную ходьбу на Земле. Спортсмены стараются, естественно, уменьшить время на дистанции, то есть

увеличить свою скорость. Но они обязаны (по правилам) сохранять контакт ноги с землёй. Естественно, они увеличивают частоту шагов (спортивная ходьба, — это ходьба с очень высокой частотой). Но для того, чтобы центр тяжести тела не поднялся слишком быстро и высоко (чтобы опорная нога не оторвалась от земли), они вынуждены минимизировать высоту качаний центра тяжести своего тела за счёт специальной походки, которая и отличает спортивную ходьбу от обычной. Спортивная ходьба очень быстрая, и происходит как бы быстрое переваливание корпуса с одной опорной ноги на другую.

Теперь посмотрим, что будет происходить на Луне. Когда ускорение свободного падения сильно уменьшилось (в 6 раз), то скорость, при которой на Земле у нас случается переход с ходьбы на бег, тоже уменьшится в 6 раз. Это означает, что на существенно меньших скоростях ходьбы у нас опорные ноги начнут отрываться от поверхности, и мы уже будем подсакивать, т. е. «побежим» против воли. Наша ходьба сразу же превратится по сути дела в серию прыжков в длину. Вообще, бег на Луне скорее всего будет очень похож на технику тройного прыжка, выполняемого на Земле. Дальше возникает ещё одна проблема. Для того, чтобы на Луне всё-таки начать бежать, нам нужно разогнаться, ведь на точке старта мы находимся с нулевой скоростью. Для того, чтобы хорошо разогнаться на Земле, спринтеры, бегущие на короткую дистанцию (для них очень важно именно быстрое ускорение, быстрый разгон), специально принимают т. н. «низкий старт»: упираются ногами в колодки, и, быстро распрямляя ноги, отталкиваясь от опор, бросают своё тело не столько вверх, сколько почти полностью вперёд. Это позволяет спортсменам быстро увеличить скорость своего тела. На Луне, поскольку вес тела спортсмена будет в 6 раз меньше, то при разгоне (начальной фазе бега) не удастся обеспечить такого соприкосновения с опорой, достаточной силы отталкивания от опоры. И поэтому разгон на Луне будет существенно медленнее. При сильном отталкивании от поверхности спортсмен просто подлетит вверх и будет парить над поверхностью, не сможет разогнаться. Так что результаты спринтерского бега на короткие дистанции на Луне будут существенно хуже, чем земные рекорды. Другое дело — бег на длинные дистанции. Если мы рассмотрим, например, марафонскую дистанцию (42 км), то там главная проблема не в том, чтобы быстро разогнаться, а чтобы в течении нескольких часов долго и выносливо бежать, не сбавляя темпа. Это бег на выносливость. А здесь уменьшение силы тяжести на Луне может способствовать определённому выигрышу просто в экономии сил спортсмена. И тогда, осуществляя бег на Луне на длинную дистанцию, вполне

возможно, что спортсмены будут меньше уставать, и, соответственно, смогут преодолеть такую же дистанцию за лучшее время, чем на Земле (естественно, проигрывая земным спортсменам начальные фазы бега).

На Земле существуют животные, которые очень хорошо реализовали бег в виде прыжков с двух ног одновременно. Это кенгуру. Они не меняют опорную ногу, а работают двумя опорными лапами одновременно, и, соответственно, прыгают вперёд. Весь их бег представляет собой серию прыжков. На Луне как раз такая техника обеспечивает наилучший результат по достижению скорости. Недаром у американских астронавтов, которые попрактиковались в перемещении на лунной поверхности, была очень медленная ходьба (именно ходьба), но как только они попытались бежать, у них чётко получилось, что наилучшая скорость достигалась именно в серии прыжков по технике кенгуру. Соответственно, и марафонские дистанции на Луне, по видимому, спортсмены также будут бегать, очень напоминая бег кенгуру на Земле.

Но нужно специально подчеркнуть, что уменьшение g , помимо кажущихся выигрышей, делает, самое главное, необходимыми длительные тренировки. Потому что невозможно, попав в другое поле тяжести (в данном случае меньшее, как на Луне), прямо сразу же начать ставить мировые рекорды. Потребуется очень длительный период привыкания, выработка новых приёмов, которые может быть мы сейчас даже неспособны придумать. Вся наша опорная система, костный скелет, мышечная система, все наши нервные импульсы, которые управляют согласованным движением наших мышц во время движения, вся наша техника локомоции, которую мы, как представители соответствующего животного царства, имеем — они полностью отработаны путём длительной эволюции на этой планете, они приспособлены наилучшим образом именно к данному значению $g_0 = 9,80665 \text{ м/с}^2$, которое есть на Земле. Переход на Луну потребует существенно перестраивать нашу технику движений. И в этом отношении, например, переход к бегу по технике кенгуру — это, может быть, ещё не самое худшее и не самое смешное.

На Луне, совершенно очевидно, очень хорошо разовьётся художественная **гимнастика**. Поскольку большинство упражнений, которые спортсмены выполняют на Земле, на Луне, в условиях в 6 раз меньшего веса и существенно большей высоты и длины прыжков, конечно, можно будет выполнять существенно легче и «заковыристее». И наверняка можно будет придумать массу других интересных упражнений, которые на Земле просто невозможны. Точно также продвинется вперёд и достигнет невиданных высот техника упражнений на коне, на брусках, на кольцах, в акробатике. Вообще, надо сказать, что на Луне

может быть и не столь интересно будет проводить спортивные состязания, но совершенно очевидно, что лунный **цирк** будет просто вне конкуренции по сравнению с земным, поскольку все те представления по жонглированию, по прыжкам на батуте, по другим цирковым номерам будут, конечно, намного более зрелищными, интересными. Это наверняка стоит посмотреть. Например, можно предположить, что вольтижировщики смогут выполнять на Луне сальто на лошади.

Что касается **борьбы** (всех единоборств), то на Луне, по видимому, борьба не слишком состоится просто потому, что при уменьшении веса спортсмена в 6 раз практически любой участник соревнований своего соперника сможет, что называется, просто поднять «одной левой». В этих условиях соревнования по единоборствам как бы немножечко теряют смысл.

Но не по **тяжёлой атлетике**. Если бы мы просто применили коэффициент 6 и увеличили вес поднимаемых снарядов в 6 раз, то, скажем, известно, что наибольшие силачи могут в статическом режиме удерживать груз в 500 кг. Тогда на Луне они с лёгкостью держали бы на плечах трёхтонный грузовик. Но принципиально важно то, что такие вещи возможны в статическом режиме, когда груз неподвижен. А в соревнованиях по тяжёлой атлетике штангу нужно поднять с поверхности Земли (Луны) либо рывком, либо толчком на высоту своего роста. А вот для того, чтобы поднять (оторвать) штангу, ей нужно придать ускорение вверх. И вот здесь инерционная масса снаряда тяжёлой атлетики сыграет, конечно, злую шутку. Дело в том, что весить-то штанга будет в 6 раз меньше, а для того, чтобы её рывком поднять, нужно прикладывать мощные усилия вверх. И можно посчитать, что для того, чтобы штангу поднять рывком примерно с таким же ускорением, как и ускорение свободного падения, то получится, что на Луне спортсмены смогут поднять штангу всего в 1,7 раз большей массы, чем на Земле. То есть, если на Земле спортсмен поднимает 200 кг железа, то на Луне он таким же рывком сможет поднять немногим больше — всего-навсего 340 кг.

Теперь перейдём к **водным** видам спорта. Очень многие правильно замечали, что на Луне нет воды. Естественно, если на планете нет атмосферы, то нет и жидкой (водной) оболочки тоже. Если мы просто разольём воду на поверхности Луны, то в дневное время она очень быстро испарится под лучами Солнца (температура поверхности до 120 °С), а лунной ночью она замёрзнет (–150 °С) и останется в замёрзшем состоянии до наступления следующего лунного дня. Поэтому открытый бассейн на Луне не построишь и в таком бассейне на Луне не поплаваешь. На Луне есть «моря», но, однако, лунные «моря» — это всего лишь

застывшая базальтовая лава. Поэтому будем надеяться, что нам удастся тем или иным способом создать на Луне бассейн, куда мы нальём воду (здесь уже чётко потребуется какое-то укрытие — купол или помещение с атмосферным давлением, — безусловно это будет искусственное сооружение). Если мы с помощью специальных инженерных решений бассейн построили и налили в него воду, то, можем, казалось бы, приступить к водным видам спорта.

Первое соображение состоит в том, что сила Архимеда будет действовать в такой же пропорции, и, соответственно, если спортсмен погружается в воду, то он погружается в неё на такой же уровень, как если бы он погрузился в неё на Земле. Условно говоря, на положение ватерлинии спортсмена изменение g не влияет. Но, опять таки, нужно сделать замечание, что это справедливо только для статического режима, а водный спорт статический режим не предполагает. Например, игроки в **водное поло** (на Земле), когда защищают свои ворота, с помощью очень мощного рывка мышц и резкого движения ног в воде выпрыгивают из воды иногда на высоту 30–50 см. Если они такое же действие совершат в бассейне на Луне, то они смогут выпрыгнуть из воды на высоту 2–3 метра. И в этом смысле лунные игроки в водное поло будут очень похожи на играющих китов на Земле. Более того, дрессированные дельфины демонстрируют такой трюк, как танец на хвосте. То есть они, энергично работая хвостом в воде, удерживают почти полностью своё тело вертикально над водой. В принципе, игроки в водное поло на Луне также могут, прилагая достаточно энергичные усилия ногами в воде, по сути дела просто бегать по поверхности воды. (Не по поверхности, конечно, а удерживать своё тело над водой, погружаясь в неё не более чем по колено, — за счёт энергичных движений ногами, постоянно отталкивая воду вниз). Это как бы плюс. Но при этом нужно помнить, что те брызги, которые спортсмены поднимут, также полетят в 6 раз выше и в 6 раз дальше. Поэтому зрителям в водных видах спорта (напомним, что бассейн должен быть маленький — большого купола у нас не получалось) придётся сидеть на трибунах в плащах и с зонтиками.

Прыжки в воду всегда ограничиваются таким параметром, как скорость удара об воду, поэтому на Земле применяется самое большее 10-метровая вышка. На Луне, за счёт меньшего g , высоту вышки, с которой можно прыгать в воду, можно увеличить до 60 м. Соответственно, за время падения около 8 секунд спортсмен может совершить огромное количество разных пируэтов, оборотов, переворотов в воздухе. Короче говоря, прыжки в воду на Луне могут позволить себе

быть столь же зрелищными, как и лунный цирк. Но сразу же одно замечание, одно «но». Дело в том, что спортсмен, прыгающий в воду, естественно, потом входит в воду вертикально вниз и погружается в неё. То есть он совершает «нырок» — довольно глубокий. На Земле этот нырок занимает у спортсмена 3 или 4 секунды. Но поскольку на Луне сила Архимеда станет существенно меньше (в 6 раз), то время, которое потребуется спортсмену для того, чтобы вынырнуть потом из толщи воды на поверхность, может существенно увеличиться, скажем, до 30 секунд. И поэтому спортсмен должен это иметь в виду, чтобы всё-таки успеть на поверхность воды выбраться и не захлебнуться.

Теперь посмотрим на **пловцов**. Предположим, что пловец вначале расположит своё тело горизонтально на поверхности воды. Вода будет иметь ту же плотность, ту же вязкость и то же сопротивление движению тела, и в принципе при затрате такой же мышечной энергии, как и на Земле, спортсмен мог бы развивать в воде такую же скорость. Здесь мы существенного выигрыша сразу не видим. Но есть масса интересных побочных факторов. Во-первых, спортсмены, которые плывут в бассейне, обычно поднимают волны. Для земных условий типичная высота такой волны в бассейне — примерно 30 см. При уменьшении ускорения свободного падения высота волны вырастет пропорционально. Это значит, что следом за каждым пловцом, который будет плыть в лунном бассейне, будет идти т. н. «спутная» волна, высота которой составит примерно 2 м. И спортсмену придётся потратить больше энергии для того, чтобы такое водное сооружение, идущее за ним следом, поддерживать и продвигаться от него вперёд, а не попасть под него. Интересно заметить, что уменьшение веса пловца в 6 раз позволяет пловцам, в принципе, перейти на принципиально иную технику движения на поверхности воды. Эта техника аналогична переходу (на Земле) от судов полного погружения к глиссерам. То есть спортсмен может, на начальном этапе резко выбросив своё тело из воды вперёд, перейти затем на режим глиссирования на груди. При этом резко уменьшится сопротивление воды, и увеличится скорость движения. Пловец, резко погружая в воду только свои конечности и глиссируя на своём теле по поверхности воды, будет очень похож на быстро бегающую водомерку по поверхности водоёма, или на тропических летучих рыб (они точно также с помощью плавников отрываются от поверхности воды).

Теперь посмотрим на **футболистов**. Первая проблема, с которой столкнутся организаторы матча, — это проблема ровной площадки. Поскольку поверхность Луны вся изрыта кратерами метеоритов, причём размеры этих кратеров могут быть совершенно любыми, то, в бук-

вальном смысле слова, на Луне не найдёшь ровного места. Поэтому первое, что придётся делать — это ровнять площадку. Второе соображение состоит в следующем: мы можем использовать тот же мяч такого же диаметра, такой же упругости. Но естественно, если уж мы играем на открытом «воздухе» (которого нет), то давление, которое мы в этот мяч накачаем, естественно, должно быть на 1 атмосферу меньше, чем в земном мяче. В принципе, мяч может также сохранить и свои механические свойства при разных температурах. Если мы наносим по мячу удар ногой такой же силы, как и на Земле, то он приобретает такую же скорость. Но, двигаясь с такой же скоростью, как на Земле, мяч полетит в 6 раз выше и в 6 раз дальше. Это означает, что максимальная дальность полёта мяча может достигать 600 м.

Размеры поля, которые мы должны будем задействовать для лунного футбола, составят примерно полкилометра на полкилометра (к вопросу о ровной площадке). Меньше никак не получится — иначе мяч будет постоянно вылетать за пределы поля. Естественно, потребуется пропорционально (в 6 раз) увеличить размеры ворот. Что наверняка составит большую проблему для вратарей, если скорость мяча такая же, ведь резко прыгать на Луне нелегко. Но, самое главное, — с точки зрения кинематики игра в футбол представляет собой быстрые перемены направления и скорости движения (ускорения). То есть возможность осуществлять резкие манёвры в движении. А быстрый бег на поверхности Луны, как мы выяснили раньше, возможен только «методом кенгуру» (прыжки двумя ногами). Причём в высоту можно прыгать до 7 метров. Поэтому техника игроков, естественно, существенно изменится. Они будут бегать совсем не так, как земные футболисты, а будут в основном совершать разнообразные прыжки из стороны в сторону, и друг на друга. Кроме этого, в 6 раз увеличится и время полёта мяча при каждом пасае. Соответственно, если мы мысленно посмотрим на всё это лунное футбольное поле (например, возьмём видеокамеру, которая охватывает поле целиком), окинем взором всю эту игру (с соответствующим уменьшением размеров), то мы увидим, что на поле размерами 0,5 км летает мячик, который относительно уменьшился в 6 раз. По полю прыгают невысокие кенгуру, которые в 6 раз меньше наших земных футболистов. Игра идёт в 6 раз медленнее, как в замедленном кино. И в общем понятно, что такая игра возможно будет даже и интересна кому-то. Но уж во всяком случае, это будет не футбол, это будет что-то совсем другое.

Информация о наборе в некоторые московские школы и классы с углублённым изучением предметов на 2005/2006 учебный год.

Информация предоставлена школами в МЦНМО.

Оперативная информация о московских школах и классах с углублённым изучением предметов публикуется на www.msste.ru/schools

Школа	Телефон	Адрес	Набираемые классы (2005/2006 уч.г.)	Собеседования и экзамены в 2004/2005 уч. г.	Дополнительная информация
2	137-17-69 137-69-31	ул. Фогиевой, 18. м. «Октябрьская», «Ленинский проспект», «Университет», далее до остановки «Универмаг Москва»)	7 физико-математ. 8 физико-математ. 8 программир. добор в 9 и 10	приём заявл. с 15 марта по 15 апреля экзамены — апрель-май	http://www.school2.ru
25	939-39-35 938-00-25	Университетский пр., 7, м. «Университет»	8 и 10 матем. 8 и 10 эконом. 10 социально-гум.	экзамены с 21 по 30 марта	http://school-25.nm.ru
54	245-99-72 245-54-25	ул. Доватора 5/9, м. «Спортивная»	8 гум.и мат.(проф.) 9 математический	апрель-май	
57	291-85-72 291-54-58	Малый Знаменский пер., 7/10, строение 5 (м. «Боровицкая», «Кропоткинская»)	8 математический 9 математический 9 гуманитарный	математические по средам с 6 апреля; гуманитарный по понедельн. с 4 апреля	http://www.sch57.msk.ru
91	290-35-58	ул. Поварская, 14 (м. «Арбатская»)	9 математический	собеседования в апреле	http://www.91.ru

179	292-48-51 292-01-05	ул. Большая Дмитровка, д. 5/6, строение 7 (м. «Охотный ряд», «Театральная», проход через Георгиевский переулок).	7 естеств.-научн. 8 матем-физ-инф, 9 математический	март-апрель	http://179.mioo.ru
218	976-19-85	Дмитровское шоссе, 5а (м. «Дмитровская», «Тимирязевская»)	набор в 8 кл. по инд. уч. планам с возможным углуб. изучением матем., физ., инф., биол., хим., рус. и ин. яз.; добор в 9 и 10 кл.	запись на собеседование с 15 марта по телефону	http://218.nm.ru sch218.edu@mtu-net.ru
463	312-33-51 112-34-19	Судостроительная ул., 10, к. 1 (м. «Коломенская»)	8 физико-математ. 5 гимназический	вступ. экзамены 5 кл.: март-июнь 8 кл.: 1-й тур в конце февраля	http://www.abifu.ru/schools/school463.esp
520	123-60-50 123-63-60	ул. Винокурова, 19, м. «Академи- ческая», «Нагорная»	9 биологический добор в 10 биол.	апрель	
1101	339-77-39	ул. Академика Варги, 34 (около маг. «Лейциг»)	7 математический добор в 8, 9, 10 математические	по средам в 15.00 с апреля	sch1101@mtu-net.ru http://shkola1101.narod.ru
1134	932-08-01 932-00-00	у.л. Раменки 15, корп. 1, м. «Про- спект Вернадского», авт. 715 до ост. «Универсам»	9 физ-матем. добор 10 физ-мат.	апрель-май	sch1134@mtu-net.ru
1511	324-29-21 932-00-00	Пролетарский просп., д. 6 корп 3.	9 физ-матем. 10 физ-матем. 10 гуманитарн.	приём заявл. с 24 фев. по 1 марта, собес. в марте	http://www.1511.ru nauka1511@fromru.com

1514	131–80–38	ул. Крупской, 12 (м. «Университет», трол. 34, 28, авт. 1 до ост. «Улица Крупской» — 2-я ост.)	5 гимназический 8 математический 8 гитарный 9 культуролог. добор в 8, 9, 10	конец март–май	http://www.1september.ru/ru/gim1514
1543	433–16–44 434–26–44	ул. 26-и Бакинских комиссаров, 3 к. 5, м. «Юго-Западная», 10 мин. пешком до маг. «Польская мода»	8 математический 8 гитарный 8 биологический 8 физ-хим 5 гимназический добор 9, 10	март–апрель	http://www.1543.ru
1553	959–99–50	Донская ул., д. 37, м. «Шаболовская»	8	первое собес. 30.01.2005 в 10.00	http://www.1553.ru mail@1553.ru
1580 (и 537)	316–59–66 316–50–22	Балаклавский просп., 6а (5–7 минут пешком от м. «Чертановская»)	8 физ-маг. (ш. 537) 10 и 11 физ-маг.	экс. (маг., физ., р.яз.) с 25 марта, запись с февраля	http://www.1580.ru
2007	716–29–35 716–27–51	ул. Горчакова, д. 9 корп. 1, рядом с м. «ул. Горчакова»	8, 9 физ-матем.	собес. по матем. с 10 марта по четв. в 16.00	http://www.fms2007.ru
СУНЦ МГУ	445–11–08	Кременчугская ул., дом 11, м. «Кутузовская», далее авт. 91, 157 до ост. «Улица Алексея Свиридова», или м. «Университет», далее авт. 103	10 физико-матем. 10 химический 10 биологич. 11 физико-матем.	Экзамены: Моск.рег. 2 тура: 17.04.2004 письм 24.04.2004 устн. Др. регионы: апрель–май	http://www.pms.ru

Оглавление

Предисловие	3
Конкурс по математике	11
Задания	11
Решения к заданиям конкурса по математике	12
Конкурс по математическим играм	16
Условия игр	16
Решения математических игр	17
Конкурс по физике	23
Задания	23
Ответы и решения к заданиям конкурса по физике	25
Конкурс по химии	35
Задания	35
Решения задач конкурса по химии	37
Конкурс по биологии	42
Задания	42
Ответы на вопросы конкурса по биологии	43
Конкурс по лингвистике	56
Задачи	56
Решения задач конкурса по лингвистике	58
Конкурс по литературе	62
Задания	62
Ответы и комментарии к заданиям конкурса по литературе	64
Конкурс по истории	76
Вопросы и задания	76
Ответы, решения и комментарии к заданиям конкурса по истории	80
Конкурс по астрономии и наукам о Земле	98
Вопросы	98
Ответы и комментарии к вопросам конкурса по астрономии и наукам о Земле	99
Информация о наборе в некоторые московские школы и классы с углублённым изучением предметов на 2004/2005 уч. г.	189

ISBN 5-94057-180-8



9 785940 571803 >

XXVII Турнир

имени М. В. Ломоносова



26 сентября 2004 года

Задания. Решения. Комментарии