

35-й Турнир имени М. В. Ломоносова 30 сентября 2012 года. Задания. Решения. Комментарии / Сост. А. К. Кулыгин. — М.: МЦНМО, 2014. — 224 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:

П. М. Аркадьев (лингвистика), В. В. Бровер (лингвистика), Л. С. Булушова (физика), С. А. Бурлак (лингвистика), С. Д. Варламов (физика), Т. И. Голенищева-Кутузова (математика), Т. О. Зверева (биология), Т. В. Караваева (математика), В. А. Клепцын (математические игры), Е. И. Кудрявцева (биология), А. К. Кулыгин (физика, астрономия и науки о Земле), С. В. Луцкина (химия), Г. А. Мерзон (математика), А. С. Панина (лингвистика), Е. Г. Петраш (биология), А. Ч. Пиперски (лингвистика), И. В. Раскина (математика, математические игры), А. М. Романов (астрономия и науки о Земле), З. П. Свитанько (химия), А. Н. Семёнов (биология), А. Л. Семёнов (математика), С. Ю. Синельников (биология), С. Г. Смирнов (история), Б. Р. Френкин (математика), А. В. Хачатурян (математические игры), И. К. Чернышева (литература), Н. А. Шапиро (литература), А. В. Шаповалов (математика, математические игры), Н. Е. Шатовская (астрономия и науки о Земле), К. Н. Шатохина (биология), Д. Е. Щербаков (физика), И. В. Яценко (математика), John Horton Conway (математические игры).

*XXXV Турнир имени М. В. Ломоносова 30 сентября 2012 года  
был организован и проведён при поддержке  
Департамента образования города Москвы,  
Фонда некоммерческих программ «Династия»,  
компаний «Яндекс», компьютерного супермаркета «Никс»,  
Русского фонда содействия образованию и науке,  
Благотворительного фонда содействия образованию «Дар».*

Все опубликованные в настоящем издании материалы распространяются свободно, могут копироваться и использоваться в учебном процессе без ограничений. Желательны (в случаях, когда это уместно) ссылки на источник.

Электронная версия: <http://www.turlom.info>

# XXXV Турнир имени М. В. Ломоносова

30 сентября 2012 года

Задания. Решения. Комментарии

Москва

Издательство МЦНМО

2014

# Предисловие

Турнир имени М. В. Ломоносова — ежегодное многопредметное соревнование по математике, математическим играм, физике, астрономии и наукам о Земле, химии, биологии, истории, лингвистике, литературе. Цель Турнира — дать участникам материал для размышлений и подтолкнуть интересующихся к серьёзным занятиям.

Задания ориентированы на учащихся 6–11 классов. Можно, конечно, прийти и школьникам более младших классов (только задания для них, возможно, покажутся сложноватыми) — вообще, в Турнире может принять участие любой школьник. Программа во всех местах проведения турнира одинакова. Конкурсы по всем предметам проводятся одновременно в разных аудиториях в течение 5–6 часов. Дети (кроме учащихся 11 класса) имеют возможность свободно переходить из аудитории в аудиторию, самостоятельно выбирая предметы и решая, сколько времени потратить на каждый выбранный предмет. Учащиеся 11 классов получают все задания сразу и выполняют их, находясь всё время турнира в одной аудитории.

Задания по всем предметам выполняются письменно (а по математическим играм, кроме того, в некоторых местах проведения турнира организуется устный приём заданий для желающих школьников).

Всем желающим также предоставляется возможность заочного участия: получить задания Турнира и сдать свои решения на проверку по сети «Интернет» (критерии проверки те же, школьники награждаются грамотами «за успешное заочное участие»).

Первый Турнир имени М. В. Ломоносова был организован в Москве в 1978 году.

В настоящее время в соответствии с действующим Положением (опубликовано: <http://olympiads.mccme.ru/turlom/polozhenije.pdf>) Турнир проводится ежегодно Московским центром непрерывного математического образования, Московским государственным университетом имени М. В. Ломоносова, Московским институтом открытого образования, Российской Академией наук, Московским авиационным институтом (национальный исследовательский университет), Московским государственным технологическим университетом «СТАНКИН», другими образовательными учреждениями, научными и образовательными организациями. Координирует проведение Турнира Московский центр непрерывного математического образования (МЦНМО).

Традиционная дата проведения Турнира имени М. В. Ломоносова — последнее воскресенье перед первой субботой октября каждого учебного года.

XXXV Турнир имени М. В. Ломоносова состоялся в воскресенье 30 сентября 2012 года. Турнир проводился очно в 44 регионах Российской Федерации, а также на Украине, в Казахстане и Киргизии.

Всего очное участие в турнире приняли 45501 учащихся, из них 10217 были награждены Грамотами за успешное выступление.

Класс	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Прочее	Всего
Участников	123	57	159	1180	5356	6250	7402	7904	7738	9428		3	45501
Грамот	1	3	21	59	214	1151	1995	1822	1836	1313	1802	0	10217

В таблице участники разделены по классам в соответствии с тем, по каким критериям оценивались их результаты. Если по месту учёбы участника используется не традиционная для российских школ нумерации классов «1–11», а какая-либо другая, для участника определялся наиболее подходящий номер класса по возрасту и учебной программе.

Всего было сдано участниками и проверено 109138 работ по различным предметам.

Традиционно среди участников не определяются лучшие (1, 2 и 3 места). Грамотами с формулировкой «за успешное выступление на конкурсе по ... (предмету)» награждались все школьники, успешно справившиеся с заданием по этому предмету (или по нескольким предметам — тогда все эти предметы перечисляются в грамоте).

Ещё одна традиция турнира — балл многоборья. Он даётся за «промежуточные» результаты по предметам, когда в работе достигнуты определённые успехи, но грамоту за это участник не получил. Если у одного участника окажется 2 или больше таких баллов — его участие в разных конкурсах будет отмечено грамотой «за успешное выступление по многоборью». Ученикам начальной школы (1–4 классы), участвовавшим в турнире наравне со старшеклассниками, для награждения достаточно получить балл многоборья только по одному предмету.

Все материалы Турнира имени М. В. Ломоносова (выданные школьникам задания, переводы всех заданий на английский язык, материалы про олимпиады и кружки, результаты проверки работ участников, статистические данные, ответы и решения с комментариями, критерии проверки работ, критерии награждения, списки участников, награждённых Грамотами за успешное выступление, Положение о Турнире) занимают достаточно большой объём. Не все они помещаются в бумажный отчёт. С любыми из этих материалов можно ознакомиться на [www-сайте](http://www-site)

турнира <http://www.turlom.info> (публикация всех материалов, прозрачность при подведении итогов — один из основных принципов работы организаторов Турнира). Там же опубликована и электронная версия сборника заданий, предисловие к которому вы сейчас читаете.

В данном сборнике содержатся все задания, ответы и комментарии к ним всех конкурсов по разным предметам XXXV Турнира имени М. В. Ломоносова, состоявшегося 30 сентября 2012 года, а также статистика результатов, дающая представление о вариантах по предметам в целом и отдельных заданиях с точки зрения школьников (насколько эти задания оказались сложными, интересными и удачными). Отметим наиболее интересные задания и темы.

6 июня 2012 года наблюдалось редкое астрономическое явление — прохождение Венеры по диску Солнца. Следующий раз такое случится только в 2117 году. Не так часто такое явление наблюдалось и раньше, но результаты таких наблюдений оказались определяющими для развития современной астрономии и естествознания. Наблюдая это явление, люди смогли впервые узнать размеры Солнечной системы (радиусы орбит планет и размеры самих планет), «разметить» координатами всю поверхность Земли, узнать, что на Венере, так же, как и на Земле, есть атмосфера. Этой теме посвящено **задание № 5** конкурса **по астрономии и наукам о Земле**.

Оказывается, прямоугольный лист бумаги определённого размера можно сложить в 3 слоя так, чтобы получился треугольник, — в этом состоит **задача № 5** конкурса **по математике**.

**Задание № 2** конкурса **по математическим играм** с сюжетом, посвящённым размену монет, представляет собой достаточно серьёзное исследование по теории чисел (представление одних натуральных чисел в виде суммы других). Первые пункты этого задания очень простые, а решение последних пунктов вполне может стать подсказкой к пока ещё открытым вопросам (в том числе указанным в конце решения).

Число  $\pi$  может встретиться в самых неожиданных ситуациях. По внешнему виду бесконечной квадратной решётки резисторов сопротивлением  $R$  никогда не подумаешь, что сопротивление между противоположными углами одного «квадратика» из резисторов равно  $2R/\pi$ . Этот вопрос разбирается в **задаче № 9** конкурса **по физике**.

В **задаче № 1** конкурса **по истории** участникам Турнира предлагалось составить «цепочку» из звеньев «ученик→учитель» между великим математиком Давидом Гильбертом и самим участником Турнира.

Составление подобных цепочек является важным этапом изучения многих исторических событий. Ведь участники этих событий, как правило, действовали не сами по себе. Они получали информацию от других людей (непосредственно, или по цепочке, в том числе из письменных источников), находились в определённой зависимости друг от друга, имели то или иное мнение и ту или иную жизненную позицию, сформировавшиеся под влиянием других людей, получили то или иное образование. Всё это непосредственным образом влияло на их поступки и, в конечном счёте, роль в истории.

В предложенном задании как раз предлагается провести историческое мини-исследование такого типа. Результаты оказываются неожиданными: если участник Турнира увлекается шахматами, то в цепочке «ученик→учитель» между ним и Д. Гильбертом будет всего один промежуточный человек.

Все мы привыкли использовать зубы для жевания пищи. Понятно, что зубами можно охотиться, защищаться или сражаться — и строение зубов у таких животных специально приспособлено для этих целей. Зубами также можно рыть землю и даже строить запруды. А у морского млекопитающего под названием нарвал имеется зуб (бивень) длиной 2–3 метра, относительно гибкий и закрученный в спираль. Такой бивень чаще всего бывает только один с левой стороны и только у самцов. Его назначение не вполне понятно. Животным с необычными зубами посвящено **задание № 5 конкурса по биологии**.

**Задание № 2 конкурса по лингвистике** посвящено числительным и счётным словам тайского языка. Счётные слова (лаксананам) в этом языке употребляются при счёте предметов после указания предмета и количества. Всего таких слов в языке около 100, а выбор конкретного счётного слова зависит от типа предмета. В данной задаче так различаются люди (*кхон*), звери (*туа*) и цветы (*дож*).

На первый взгляд такая система счёта устроена не очень логично. Так, в одной категории со зверями оказываются не только насекомые и рыбы, но и столы, стулья, письменные принадлежности и гвозди. А вместе с цветущими растениями оказались фейерверки и прочие эффекты пиротехники.

Но в результате речь оказывается не только более сложной, но и более информативной. Примером как раз и служит предложенная задача, где нужно было догадаться о наличии счётных слов и проанализировать их. И эту задачу действительно решили правильно 2496 участников Турнира.

Отличительная черта конкурса по **литературе** — тексты ответов и решений в основном подготовлены не жюри, а написаны самими участниками в конкурсных работах. Задача жюри здесь — подобрать для публикации наиболее удачные, точные, содержательные и интересные ответы, дополнить, уточнить и прокомментировать их. Как показывает опыт, серьёзные литературоведческие тексты, написанные взрослыми, с точки зрения школьников часто оказываются сложными для чтения и понимания, а иногда и просто скучными. Литературный конкурс Ломоносовского турнира предоставляет уникальную возможность исправить эту ситуацию. Среди работ нескольких тысяч участников из разных классов, разных школ и регионов обязательно находятся очень хорошие работы. Собранные вместе, они позволяют составить решения заданий литературного конкурса намного лучше, понятнее и интереснее для школьников, чем это получилось бы у жюри самостоятельно.

На сайте <http://turlom.olimpiada.ru> с 7 июня по 17 сентября 2012 года принимались в электронной форме заявки от всех желающих организаций, готовых организовать и провести Турнир на своей территории в любом регионе (как в Российской Федерации, так и за её пределами). Большинство заявок на проведение турнира было удовлетворено.

XXXV Турнир имени М. В. Ломоносова состоялся в воскресенье 30 сентября 2012 года в 116 населённых пунктах в Российской Федерации: г. Алексин Тульской обл., с. Амга Республики Саха-Якутия, г. Апатиты Мурманской обл., г. Армавир Краснодарского края, г. Астрахань, г. Белгород, г. Березники Пермского края, с. Бестях Хангаласского улуса Республики Саха-Якутия, с. Борискино-Игар Клявлинского р-на Самарской обл., г. Брянск, д. Веледниково Истринского р-на Московской обл., с. Верхневиллойск Республики Саха-Якутия, г. Видное Московской обл., г. Виллойск Республики Саха-Якутия, г. Владикавказ, г. Волгоград, г. Волгодонск Ростовской обл., г. Волжский Волгоградской обл., пгт. Волжский Самарской обл., г. Губкин Белгородской обл., г. Гусь-Хрустальный Владимирской обл., г. Дмитров Московской обл., станица Должанская Ейского р-на Краснодарского края, г. Ейск Краснодарского края, г. Железнодорожск Курской обл., г. Железнодорожный Московской обл., д. Жуковка Одинцовского р-на Московской обл., г. Заречный Пензенской обл., г. Златоуст Челябинской обл., г. Иваново, г. Ижевск, г. Иркутск, п. Каменоломни Октябрьского р-на Ростовской обл., с. Кинель-Черкассы Самарской обл., г. Клин Московской обл., г. Клинцы Брянской обл., г. Ковров Владимирской обл., г. Коломна Московской обл., п. Косицы Севского р-на Брянской обл., г. Кострома,

г. Краснодар, г. Красноярск, г. Курск, г. Лебедянь Липецкой обл., с. Ленокское Ставропольского края, п. Локоть Брасовского р-на Брянской обл., г. Люберцы Московской обл., с. Маган Республики Саха-Якутия, г. Магнитогорск Челябинской обл., г. Миасс Челябинской обл., г. Морозовск Ростовской обл., г. Москва, п. Мохсоголдох Хангаласского р-на Республики Саха-Якутия, г. Мурманск, г. Набережные Челны Республики Татарстан, г. Нальчик, с. Намцы Республики Саха-Якутия, г. Нелидово Тверской обл., г. Нерюнгри Республики Саха-Якутия, г. Нижний Новгород, п. Нижний-Бестях Мегино-Кангаласского улуса Республики Саха-Якутия, г. Новосибирск, г. Новоуральск Свердловской обл., г. Обнинск Калужской обл., п. Огниково Истринского р-на Московской обл., г. Озёры Московской обл., г. Олёмнинск Республики Саха-Якутия, г. Оренбург, г. Орехово-Зуево Московской обл., г. Осинники Кемеровской обл., г. Павлово Нижегородской обл., г. Пенза, г. Пермь, пгт. Погар Брянской обл., г. Подольск Московской обл., г. Прокопьевск Кемеровской обл., г. Протвино Московской обл., г. Пущино Московской обл., г. Раменское Московской обл., г. Самара, г. Санкт-Петербург, г. Саранск, г. Саратов Нижегородской обл., п. Сахарного завода Лебедянского р-на Липецкой обл., г. Севск Брянской обл., г. Сергиев Посад Московской обл., г. Сердобск Пензенской обл., пгт. Советский Республики Марий Эл, г. Сочи Краснодарского края, с. Старое Шайгово Республики Мордовия, г. Старый Оскол Белгородской обл., г. Стерлитамак Республики Башкортостан, г. Ступино Московской обл., с. Сунтар Республики Саха-Якутия, г. Сураж Брянской обл., г. Сызрань Самарской обл., г. Тверь, г. Тольятти Самарской обл., с. Тюнгюлю Мегино-Кангаласского улуса Республики Саха-Якутия, с. Уват Тюменской обл., г. Ульяновск, г. Уфа, г. Ухта Республики Коми, г. Фрязино Московской обл., п. Хандыга Томпонского р-на Республики Саха-Якутия, г. Химки Московской обл., с. Чапаево Хангаласского улуса Республики Саха-Якутия, г. Чебоксары, г. Челябинск, г. Череповец Вологодской обл., с. Чурапча Республики Саха-Якутия, г. Шебекино Белгородской обл., с. Ытык-Кюёль Таттинского улуса Республики Саха-Якутия, г. Электросталь Московской обл., г. Юбилейный Московской обл., г. Якутск.

А также за пределами Российской Федерации — в городах Астана, Байконур, Бишкек, Донецк и Севастополь.

Всего было 256 мест проведения (считались только те места, откуда на проверку в центральный оргкомитет в Москву была прислана хотя бы одна работа).

В частности, 50 мест проведения было организовано в Москве (вузы: МГУ, ВШЭ, МИЭМ ВШЭ, СТАНКИН, МИРЭА, МГПУ; школы, гимна-



зии, лицеи: 172, 261, 373, 444, 463, 464, 481, 520, 853, 905, 1018, 1350, 1368, 1392, 1506, 1513, 1537, 1538, 1540, 1544, 1547, 1551, 1552, 1564, 1567, 1568, 1594, 1619, 1641, 1678, 1747, 1788, 1791, 1927, 2005, 2007, 2011, «Интеллектуал», Лицей города Троицка), 38 мест — в Московской области, 28 мест — в Республике Саха-Якутия, 15 мест — в Брянской области.

Список мест проведения XXXV Турнира имени М. В. Ломоносова 30.09.2012 с информацией для участников опубликован по адресу: <http://reg.olimpiada.ru/register/turlom-2012-places/public-list/default>

В существенной части регионов Российской Федерации все желающие школьники получили реальную возможность принять участие в Турнире и воспользовались такой возможностью. Надеемся, что учителя и энтузиасты работы со школьниками — организаторы Турнира в регионах — также получили ценный положительный опыт от проделанной работы.

Также была проведена интернет-версия Турнира<sup>1</sup>, в которой могли принять участие все желающие школьники, располагающие подключённым к сети Интернет компьютером, выполняя те же задания, что и очные участники. Работы проверялись по тем же критериям, участники награждались

Статистика заочного участия в Турнире имени М. В. Ломоносова в 2012 году:

Класс	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Всего
Участников	1	6	12	18	144	615	937	899	1009	1101	837	5579
Грамот	0	6	10	15	69	284	474	369	386	255	169	2037

(Всего 5579 участников (сдавших на проверку решение хотя бы одного задания); всего проверено 15057 работ по различным предметам.)

Как обычно, заочных участников оказалось существенно меньше, чем очных (более чем в 8 раз). Понять, почему так получается, организаторы не могут.

С 2011 года все задания Турнира сопровождаются переводами на английский язык. Решения также можно сдавать как на русском, так и на английском языке (хотя этой возможностью пользуется совсем немного участников).

С 2010 года для всех желающих участников Турнира организована возможность просмотреть на сайте Турнира свои отсканированные работы, а также подробную информацию о проверке своих работ. Всем

---

<sup>1</sup>Заочные интернет-версии Ломоносовского турнира проводятся начиная с 2006 года.

желающим участникам предлагалось заранее скачать с сайта Турнира и распечатать специальные бланки для выполнения работ, самостоятельно напечатать их на принтере и принести с собой на Турнир. Эти бланки, содержащие специальные машиночитаемые коды, сканировались, автоматически сортировались и проверялись жюри на экране компьютера. Каждый школьник, зная номер своего бланка, может посмотреть как оригинальные файлы, полученные при сканировании работ, так и ознакомиться с действиями жюри, которые выполнялись в процессе одной или нескольких последовательных проверок его работ (сразу после выполнения таких проверок). Все остальные работы, выполненные на обычной бумаге, проверялись как обычно.

Открытая публикация полных результатов — ещё одна из традиций турнира. Именно на этом этапе выясняется и исправляется большое количество недоразумений и ошибок.

Полная итоговая таблица результатов Турнира опубликована по адресу <http://olympiads.mccme.ru/turlom/2012/rezultaty/> — она содержит номера регистрационных карточек участников, класс и полный набор оценок каждого участника (по каждому заданию каждого предмета)<sup>2</sup>. Там же приведён список участников, награждённых Грамотами за успешное выступление.

Торжественное закрытие Турнира, вручение грамот и призов школьникам, принимавшим участие в турнире в Москве и Московском регионе, состоялось 23 декабря 2012 года в Московском государственном университете. По традиции собравшимся школьникам были прочитаны лекции по материалам заданий Турнира (по астрономии и истории). Призёров Турнира поздравили представители Московского государственного университета и Департамента образования города Москвы.

XXXV Турнир имени М. В. Ломоносова 30 сентября 2012 года был организован и проведён при поддержке Департамента образования города Москвы, Фонда некоммерческих программ «Династия», компании «Яндекс», компьютерного супермаркета «Никс», Русского фонда содействия образованию и науке, Благотворительного фонда содействия образованию «Дар».

Оргкомитет благодарит всех, кто в этом году принял участие в организации турнира. По нашим оценкам это более 2000 человек — сотрудников и руководителей принимающих организаций, школьных учителей,

---

<sup>2</sup>По желанию участников (ответ на соответствующий вопрос в регистрационной анкете) в таблице также указывается фамилия, имя и школа.

студентов, аспирантов, научных работников, и многих других — всех принимавших участие в составлении и обсуждении заданий, организации турнира на местах, дежурстве в аудиториях, проведении заочной интернет-версии турнира, проверке работ, организации торжественного закрытия, подготовке к печати настоящего сборника материалов турнира.

Электронная версия настоящего издания, а также материалы турниров этого (2012) года и предыдущих лет (начиная с самого первого Ломоносовского турнира 1978 года) опубликованы в интернете по адресам:

<http://turlom.info>

<http://turlom.olimpiada.ru>

<http://www.mccme.ru/olympiads/turlom>

<http://ТУРЛОМ.РФ>

Все материалы Турнира распространяются без ограничений и могут свободно использоваться в образовательных целях.

Следующие Турниры имени М. В. Ломоносова, напоминаем, планируется провести в традиционные сроки:

**в воскресенье 29 сентября 2013 года**

**в воскресенье 28 сентября 2014 года**

**в воскресенье 27 сентября 2015 года**

Приглашаем всех желающих школьников!

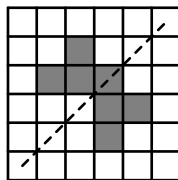
# Конкурс по математике

## Задания

В скобках указано, каким классам рекомендуется задача (решать задачи более старших классов также разрешается, решение задач более младших классов при подведении итогов не учитывается).

1. (6–7) Мартышка, Осёл и Козёл затеяли сыграть трио. Уселись чинно в ряд, Мартышка справа. Ударили в смычки, дерут, а толку нет. Поменялись местами, при этом Осёл оказался в центре. А трио всё нейдёт на лад. Пересели ещё раз. При этом оказалось, что каждый из трёх «музыкантов» успел посидеть и слева, и справа, и в центре. Кто где сидел на третий раз?

2. (6–8) На клетчатом листе бумаги было закрашено несколько клеток так, что получившаяся фигура не имела осей симметрии. Ваня закрасил ещё одну клетку. Могло ли у получившейся фигуры оказаться 4 оси симметрии? (Пример фигуры с одной осью симметрии приведён на рисунке, ось симметрии показана пунктиром.)



3. (6–8) Кое-кто в классе смотрит футбол, кое-кто — мультики, но нет таких, кто не смотрит ни то, ни другое. У любителей мультиков средний балл по математике меньше 4, у любителей футбола — тоже меньше 4. Может ли средний балл всего класса по математике быть больше 4? (Среднее нескольких чисел — это сумма этих чисел, делённая на их количество.)

4. (7–11) Говорящие весы произносят вес, округлив его до целого числа килограммов (по правилам округления: если дробная часть меньше 0,5, то число округляется вниз, а иначе — вверх; например, 3,5 округляется до 4). Вася утверждает, что, взвешиваясь на этих весах с одинаковыми бутылками, он получил такие ответы весов:

На весах:	Вася и 5 бутылок	Вася и 10 бутылок	Вася и 14 бутылок
Ответ весов:	«22 килограмма»	«25 килограмм»	«28 килограмм»

Могло ли такое быть? Если да, приведите пример подходящих для этого значений веса Васи и веса одной бутылки.

5. (8–11) Равнобедренный треугольник с углом  $120^\circ$  сложен ровно из трёх слоёв бумаги. Треугольник развернули — и получился прямоугольник. Нарисуйте такой прямоугольник и покажите пунктиром линии сгиба.

6. (9–11) В каждой клетке клетчатого квадрата  $7 \times 7$  стоит по числу. Сумма чисел в каждом квадратике  $2 \times 2$  и  $3 \times 3$  равна 0. Докажите, что сумма чисел в 24 клетках, расположенных по периметру квадрата, тоже равна 0.

7. (9–10) Верно ли, что в вершинах любого треугольника можно расставить положительные числа так, чтобы сумма чисел в концах каждой стороны треугольника равнялась длине этой стороны?

8. (11) Докажите, что можно на каждом ребре произвольного тетраэдра записать по неотрицательному числу так, чтобы сумма чисел на сторонах каждой грани численно равнялась её площади.

## Решения к заданиям конкурса по математике

**Задача 1. Ответ.** Слева направо: Козёл, Мартышка, Осёл.

Сперва Мартышка сидит справа, потом — не справа и не в центре (там Осёл), т. е. слева, в конце — не справа и не слева — значит, в центре.

Осёл сперва сидит не справа (там Мартышка) и не в центре (он там сядет потом), т. е. слева, потом — в центре, в конце — справа.

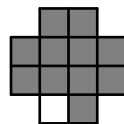
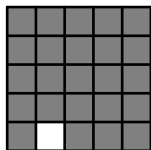
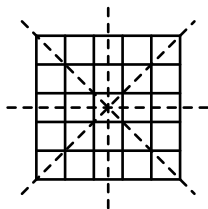
Козлу остаётся последовательно центр, справа, слева.

**Задача 2. Ответ.** Могло — см. рисунок ниже.

*Комментарий.* Для того, чтобы построить пример, достаточно взять какую-нибудь фигуру с 4 осями симметрии и выкинуть из неё клетку, не лежащую ни на одной из этих осей.

Например, 4 оси симметрии имеет квадрат: две диагонали и две прямые, проходящие через середины противоположных сторон. Так получается ответ, приведённый на рисунке в центре.

Есть и другие (например, ещё один приведён на рисунке справа).



**Задача 3. Ответ.** Может.

Например, пусть есть два человека, которые имеют по математике 5 и смотрят только мультфильмы, три человека, у которых по математике 3, а смотрят они и то, и другое, и, наконец, ещё два человека, у которых по математике тоже 5, но смотрят они только футбол.

Тогда средний балл любой из двух групп равен

$$(5 \cdot 2 + 3 \cdot 3) : 5 = 19 : 5 < 4,$$

но общий средний балл равен

$$(5 \cdot 4 + 3 \cdot 3) : 7 = 29 : 7 > 4.$$

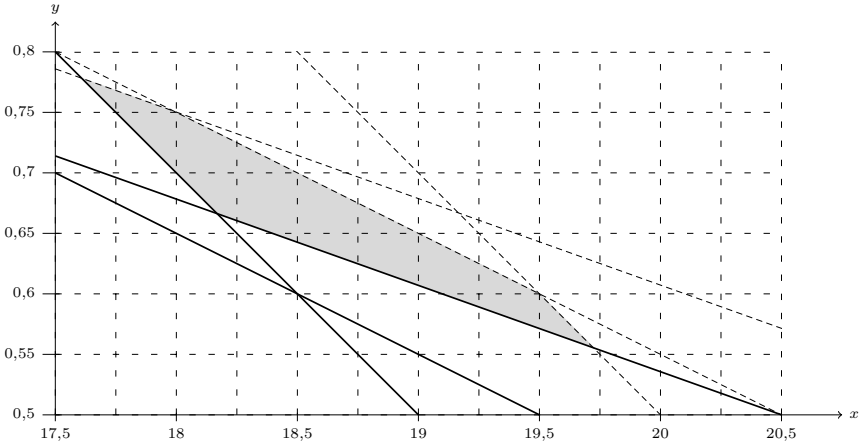
*Комментарий.* Естественно, если нет людей, смотрящих и футбол, и мультфильмы, то средний балл всего класса будет меньше 4.

**Задача 4. Ответ.** Да. Например, если Вася весит 18 кг, а бутылка — между 700 и 750 г.

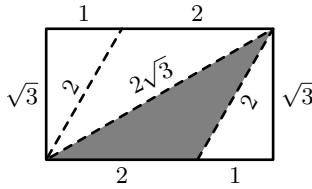
*Комментарий.* Пусть Вася весит  $x$  кг, а бутылка —  $y$  кг. Условие состоит в том, что

$$\begin{cases} 21,5 \leq x + 5y < 22,5 \\ 24,5 \leq x + 10y < 25,5 \\ 27,5 \leq x + 14y < 28,5 \end{cases}$$

Если подставить в эту систему, например,  $x = 18$ , то на  $y$  получится условие  $0,7 \leq y < 0,75$ , что соответствует ответу выше. Подходят и другие веса — все они изображены на рисунке ниже (в виде закрашенного многоугольника).



**Задача 5.**



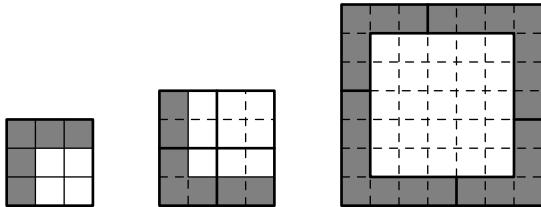
На рисунке закрашен упомянутый в условии задачи равнобедренный треугольник с углом  $120^\circ$ .

**Задача 6.**

**Первое решение.** Так как равна нулю сумма и в квадрате  $3 \times 3$ , и во входящем него квадратике  $2 \times 2$ , равна нулю и сумма в остающемся уголке из 5 клеток.

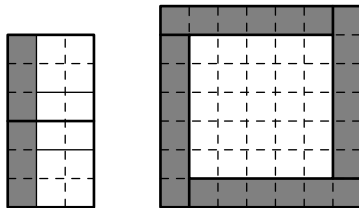
Но по аналогичной причине равна нулю сумма чисел в уголке из 7 клеток, получающемся выкидыванием из квадрата  $4 \times 4$  (т. е. 4 квадратов  $2 \times 2$ ) квадрата  $3 \times 3$ .

Осталось заметить, что из уголков двух таких видов легко составить рамку квадрата  $7 \times 7$ .



**Второе решение.** Из 2 квадратов  $3 \times 3$  можно составить прямоугольник  $3 \times 6$ , а из трёх квадратиков  $2 \times 2$  — прямоугольник  $2 \times 6$ . Поэтому сумма чисел в любом прямоугольнике  $1 \times 6$  равна нулю.

Осталось заметить, что из четырёх прямоугольников  $1 \times 6$  можно составить рамку квадрата  $7 \times 7$ .



*Комментарий.* Может возникнуть подозрение, что из условия данной задачи следует, что вообще все числа таблицы должны быть равны 0. Это не так, что подтверждается следующим примером.

1	-1	1	-1	1	-1	1
2	-2	2	-2	2	-2	2
-3	3	-3	3	-3	3	-3
1	-1	1	-1	1	-1	1
2	-2	2	-2	2	-2	2
-3	3	-3	3	-3	3	-3
1	-1	1	-1	1	-1	1

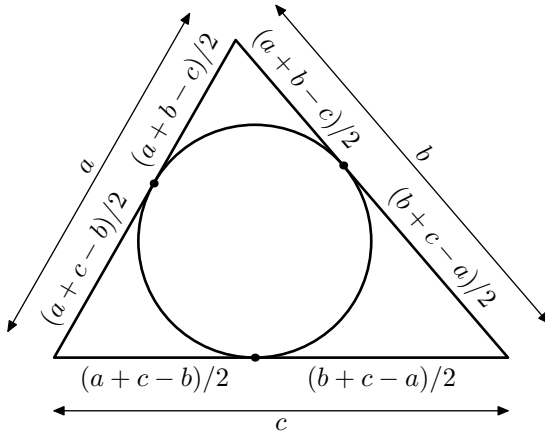
**Задача 7.** Пусть  $a$ ,  $b$  и  $c$  — стороны треугольника.

**Первое решение.** Нетрудно проверить, что в вершинах можно поставить числа

$$\frac{a + b - c}{2}, \quad \frac{b + c - a}{2}, \quad \frac{c + a - b}{2}$$

(они положительны в силу неравенства треугольника).

**Второе решение.** Можно решить задачу и геометрически. Впишем в треугольник окружность.



Отрезки, примыкающие к одной вершине, равны (как касательные, проведённые к данной окружности из данной точки).



Поставим в каждую вершину длину соответствующего отрезка. Поскольку каждая сторона составлена из двух таких отрезков, условие задачи выполнено.

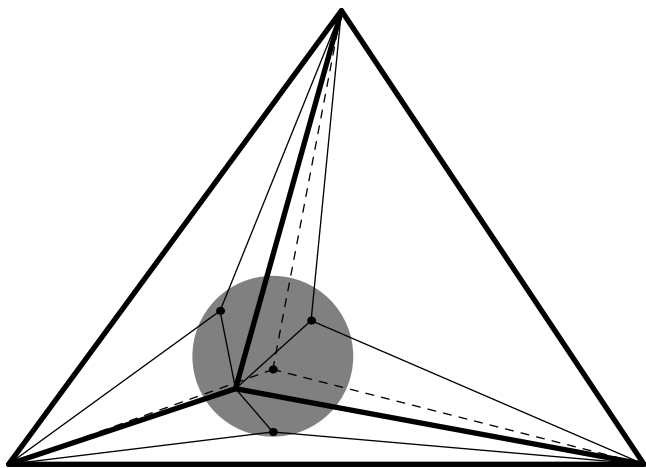
Отметим, что длины этих отрезков — это как раз числа из предыдущего решения.

### Задача 8.

**Первое решение.** Прочитав второе решение задачи 7, можно догадаться и как решать задачу 8.

Впишем в тетраэдр сферу и рассмотрим все треугольники, образованные какой-то парой вершин тетраэдра и точкой касания сферы с гранью, содержащей эти вершины. К каждому ребру тетраэдра примыкает по два таких треугольника. Они равны по трём сторонам — а значит, равновелики.

Напишем на каждом ребре площадь примыкающего к нему треугольника. Сумма чисел на сторонах грани — это сумма площадей трёх треугольников, на которые эта грань разбивается, т. е. как раз площадь грани.



Жирными линиями на рисунке показаны рёбра тетраэдра, жирными точками — точки касания граней тетраэдра и вписанной в тетраэдр сферы. Проекция этой сферы на плоскость рисунка закрашена серым цветом. Тонкими линиями показано упомянутое в решении разбиение граней тетраэдра на треугольники (для «невидимой» грани это разбиение показано пунктиром).

**Второе решение.** Пусть площадь наименьшей грани равна  $s$ . Напишем на ребре, общем для наименьшей и наибольшей граней, число  $s$ , а на остальных двух рёбрах наименьшей грани — по нулю. Тогда на оставшихся трёх рёбрах всегда можно расставить неотрицательные числа требуемым образом.

Действительно, пусть площадь наибольшей грани равна  $S$ , а площади двух оставшихся граней —  $a$  и  $b$ . На одном ребре наибольшей грани уже написано число  $s$ . Напишем на двух других  $\frac{1}{2}(S - b + a - s)$  и  $\frac{1}{2}(S - a + b - s)$  (каждое из них неотрицательно как сумма двух неотрицательных чисел). Наконец, на единственном пока ещё пустом ребре напишем число  $\frac{1}{2}(a + b + s - S)$  (это число неотрицательно, так как проекции трёх граней покрывают четверть, а площадь грани не меньше площади её проекции на другую грань).

Нетрудно проверить, что условие задачи выполнено:

$$s = s + 0 + 0;$$

$$S = s + \frac{1}{2}(S - b + a - s) + \frac{1}{2}(S - a + b - s);$$

$$a = 0 + \frac{1}{2}(S - b + a - s) + \frac{1}{2}(a + b + s - S);$$

$$b = 0 + \frac{1}{2}(S - a + b - s) + \frac{1}{2}(a + b + s - S).$$

*Задания для конкурса по математике предложили и подготовили:*

Т. И. Голенищева–Кутузова,

Т. В. Караваева,

Г. А. Мерзон (№ 5),

И. В. Раскина (№ 1),

А. Л. Семёнов (№ 4),

Б. Р. Френкин,

А. В. Шаповалов (№ 3, 6, 8),

И. В. Яценко (№ 2, 4).

## Критерии проверки и награждения

По результатам проверки каждого задания ставилась одна из следующих оценок (перечислены в порядке убывания):

«+» — задача решена полностью;

«±» — задача решена с недочётами, не влияющими на общий ход решения;

« $\mp$ » — задача не решена, но имеются содержательные продвижения;

«-» — задача не решена;

за задачу, к решению которой участник не приступал, ставился «0».

Так как по одному ответу невозможно определить, в какой степени участник решил задачу, за верный ответ без решения ставится оценка «-». (Естественно, это не относится к задаче № 2, в которой по условию требовалось лишь привести пример.)

### Комментарии по задачам

**1.** Если в решении хотя и было указано, в каком порядке «музыканты» сидели каждый раз, но не объяснялось, почему такая рассадка единственная возможная, ставилась оценка «±».

За верный ответ без решения ставилась оценка « $\mp$ ».

**2.** Если фигура до закрасивания клетки уже имела оси симметрии *или* фигура после закрасивания клетки имела не 4 оси симметрии (и то, и другое противоречит условию), ставилась оценка не выше « $\mp$ ».

**3.** Из условия задачи не следует, что каждый ученик смотрит *или только* футбол, *или только* мультики. Если в решении утверждалось, что каждый ученик смотрит только что-то одно, за задачу ставилась оценка «-».

**4.** Для решения задачи нужно было:

— привести пример веса Васи и бутылки,

— проверить, что такие веса действительно удовлетворяют условию задачи.

Если последняя проверка не делалась, ставилась оценка «±».

Если приводилось несколько примеров, среди которых были как правильные, так и неправильные, ставилась оценка « $\mp$ ».

**5.** В полном решении из чертежа должно быть ясно, какой именно прямоугольник используется. Например, достаточно было указать отношение сторон прямоугольника или углы между линиями сгиба.

Если последнее сделано не было, ставилась оценка «±», если было сделано неверно — оценка не выше « $\mp$ ».

**6.** Доказательство того, что сумма чисел в «уголке» из 5 или 7 клеток равна нулю, оценивалось не ниже « $\mp$ ».

Отметим, что из условия задачи не следует ни то, что все числа в таблице равны 0, ни даже то, что сумма всех этих чисел равна 0 (соответствующий пример приводится в комментарии к решению).

**7.** Для решения задачи нужно было:

— объяснить, как расставить в вершинах числа с нужными суммами,

— доказать положительность этих чисел.

За только первую часть ставилась оценка « $\mp$ », за только вторую — оценка « $-$ ».

**8.** Как и в предыдущей задаче, существенная часть решения — доказательство положительности расставленных на рёбрах чисел. За решения, в которых она отсутствовала, ставилась оценка не выше « $\mp$ ».

**Критерии награждения** При награждении учитывались только задачи своего и более старших классов. Задачи, предназначенные для более младших классов (чем тот, в котором учится участник турнира), проверялись и оценивались, но не учитывались при награждении.

При подведении итогов решёнными считаются задачи, за которые выставлены оценки « $+$ » и « $\pm$ ».

Оценка «e» (балл многоборья) ставилась в следующих случаях:

— в 9 классе и младше решено не менее 1 задачи

— в 10 классе и старше решено не менее 2 задач

Оценка «v» (грамота за успешное выступление на конкурсе по математике) ставилась в следующих случаях:

— в 9 классе и младше решено не менее 2 задач

— в 10 классе и старше решено не менее 3 задач

В случае, если поставлена оценка «v», оценка «e» не ставится.

## Статистика

Приводим статистику решаемости задач конкурса по математике. Такая статистика даёт интересную дополнительную информацию о задачах (и задании конкурса по математике в целом): насколько трудными оказались задачи, какие задачи оказались наиболее предпочтительными для школьников, и т. п. Учтены все работы по математике, сданные школьниками (в том числе и нулевые). Школьники, не сдавшие работ по математике, в этой статистике не учтены.

Сведения о количестве школьников по классам, получивших грамоту по математике («v»), получивших балл многоборья («e»), а также общем количестве сданных работ по математике.

Класс	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Всего
Всего	0	13	31	125	856	4006	4445	4613	4404	4044	4819	27358
«e»	0	1	5	35	380	2050	2191	1032	1233	503	932	8362
«v»	0	1	1	1	42	383	815	475	462	192	404	2776

Сведения о количестве решённых задач участниками разных классов (решёнными в данной таблице считаются задачи своего или более старшего класса, за которые поставлены оценки «+!», «+», «+.» и «±»).

Класс	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0 задач	0	11	25	89	434	1573	1439	3106	2709	1945	1594
1 задача	0	1	5	35	380	2050	2191	1032	1233	1404	1889
2 задачи	0	1	1	1	36	321	599	322	334	503	932
3 задачи	0	0	0	0	6	51	180	114	95	144	377
4 задачи	0	0	0	0	0	9	26	37	31	48	27
5 задач	0	0	0	0	0	1	7	1	2	0	
6 задач	0	0	0	0	0	1	2	1			
7 задач	0	0	0	0	0	0	1	0			
8 задач	0	0	0	0	0	0	0				

Сведения о распределении оценок по задачам. Оценки «+!», «+», «+.» и «±» считались как по классам, для которых рекомендована задача, так и по младшим классам; оценки «∓», «-», «-» и «0» считались только по классам, соответствующим задаче.

Оценка	Номера задач // количество участников							
	1	2	3	4	5	6	7	8
+!	0	0	0	1	0	1	0	0
+	1408	1038	261	5359	1802	1142	358	39
+.	3	1	0	4	1	0	0	0
±	4209	72	51	2883	1303	47	32	4
+/2	0	0	0	0	0	0	0	0
∓	1939	2883	150	405	85	828	356	48
-.	0	1	2	0	0	0	0	1
-	1016	6028	10375	10642	8410	4813	4880	1011
0	330	3073	2231	3341	6359	6477	2847	3719
Всего	8905	13096	13070	22635	17960	13308	8473	4822

# Конкурс по математическим играм

## Условия игр

Выберите игру, которая вас больше заинтересовала, и попробуйте придумать для одного из игроков (первого или второго) стратегию, гарантирующую ему победу независимо от ходов соперника. Постарайтесь не только указать, как следует ходить, но и объяснить, почему при этом неизбежен выигрыш. Ответ без пояснений не учитывается.

Не пытайтесь решить все задания, сохраните время и силы для других конкурсов. Хороший анализ даже только одной игры позволит считать ваше участие в конкурсе успешным.

**1. «Полоска из прямоугольника».** Дан бумажный прямоугольник  $m \times n$  клеточек ( $n > 1$  и  $m > 1$ ). Первый игрок разрезает прямоугольник на два прямоугольника по линии сетки. Второй делает то же с одним из получившихся прямоугольников, затем снова ходит первый (выбирает любой имеющийся в данный момент прямоугольник и разрезает его на два прямоугольника по линии сетки) и так далее. Побеждает тот, кто после своего хода из всех получившихся частей может сложить полоску шириной в 1 клетку. Кто — начинающий или его соперник — победит в этой игре, как бы ни играл его партнёр? Рассмотрите случаи:

- а) Среди чисел  $n$  и  $m$  есть хотя бы одно чётное;
- б) Числа  $n$  и  $m$  нечётные.

**2. «Чеканка монет».** В одном королевстве два казначея по очереди чеканят монеты. Каждым ходом казначей чеканит монету номиналом в  $N$  золотых ( $N$  — натуральное число), то есть вводит в обращение большое число таких монет. Изначально никаких монет нет. Очередным ходом разрешается чеканить монету только такого номинала, который нельзя набрать уже имеющимися в обращении монетами. Проигрывает тот, кому приходится выпускать монету номиналом 1 золотой.

а) Докажите, что если первый казначей первым ходом отчеканит монету в 2 или 3 золотых, то он проиграет.

б) Выгодно ли первому казначею начинать с чеканки монеты 4 золотых?

в) Выгодно ли первому казначею начинать с чеканки монеты 6 золотых?

г) Первый казначей выпустил монету в 5 золотых, а второй — в 6 золотых. Как теперь первый может выиграть?

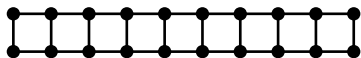
д) Пусть первый казначей выпустил монету в 5 золотых, а второй — в  $k$  золотых. Докажите, что теперь первый может отчеканить монету в  $4k - 5$  золотых и не может никакую большего номинала.

е) Докажите, что первый казначей выигрывает, начиная с монеты в 5 золотых. (*Указание.* Пусть второй ответил монетой в  $k$  золотых, а первый выпустил монету в  $4k - 5$  золотых. Если он при этом побеждает, то задача решена. Если же второй казначей может победить, отчеканив в ответ монету в  $m$  золотых, значит, чеканить  $4k - 5$  со стороны первого было опрометчивым ходом. А как следовало поступить?)

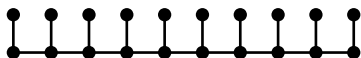
**3. «Колонизаторы».** На карте точками отмечены города, некоторые соединены дорогами. Играют двое. За ход каждый игрок захватывает один город, который не был никем захвачен ранее. Нельзя захватывать город, соединённый дорогой с городом противника. Проигрывает тот, кто не сможет сделать свой ход по правилам игры.

Кто — начинающий или его соперник — победит в этой игре, как бы ни играл его партнёр?

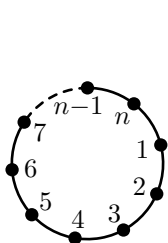
а) Рассмотрите карту с 20-ю городами, показанную на рисунке:



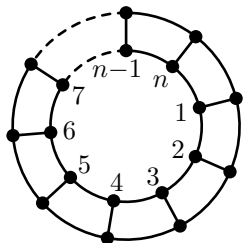
б) Рассмотрите карту с 20-ю городами, показанную на рисунке:



в) Пусть  $n$  городов расположены в виде кольца, как показано на рисунке. Кто — начинающий или его соперник — победит в зависимости от  $n$ ?



Карта к пункту «в».



Карта к пункту «г».

г) Пусть  $2n$  городов расположены в виде двойного кольца, как показано на рисунке. Кто — начинающий или его соперник — победит в зависимости от  $n$ ?

## Решения

### 1. «Полоска из прямоугольника».

а) Побеждает первый, разрезая прямоугольник пополам и затем проводя разрезы, симметричные разрезам второго игрока относительно линии, по которой он провёл самый первый разрез.

б) Побеждает второй, проводя разрезы, симметричные разрезам первого игрока относительно центра доски.

В обоих случаях понятно, что игрок, пользующийся симметричной стратегией, всегда имеет возможность так пойти: ситуация перед ходом соперника симметрична, поэтому, если соперник по правилам разрезает одну из частей, наш игрок всегда может так же разрезать симметричную часть. Победить соперник после своего хода не может: если бы это было так, то часть, которую он разрезает, была бы последней не-полоской. Но в пункте «а» всегда есть такая же симметричная часть. А в пункте «б» либо есть такая же симметричная часть, либо первый разрезает прямоугольник, содержащий центр симметрии исходного прямоугольника. Но тогда длины обеих его сторон нечётны (так как отрезались парами одинаковые прямоугольники) и поэтому не равны 2.

### 2. «Чеканка монет».

а) Второй может отчеканить вторую из упомянутых в условии монет. Очевидно, первому тогда останется только чеканить 1 золотой.

б) Нет. Второй может отчеканить 6 золотых и выиграть. В самом деле, первый после такого хода может выпустить монету 2 золотых, а также любого нечётного номинала. Выпускать 1 никому не выгодно, 2 и 3 тоже (см. п. «а»).

Остальные монеты можно разбить на пары: (5; 7), (9; 11), (13; 15) и так далее. Теперь в какую пару ни пойдёт первый, второй ходит в неё же. При этом из множества допустимых ходов исключается эта пара и все ббльшие. Далее этот приём нужно повторить несколько раз.

в) Нет. Нужно отчеканить 4 золотых и далее действовать как в предыдущем пункте.

г) После указанных ходов первый может отчеканить 19 золотых. Тогда у второго останутся такие возможности: 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 13, 14. Первые три хода бессмысленны, а остальные можно разбить на пары (4; 7), (8; 9), (13; 14) и действовать так же, как в пункте «б».

д) Случаи  $k < 4$  разбираются непосредственно.



Если  $k \geq 4$ , то покажем, что максимальное непредставимое число есть  $4k - 5$ . В самом деле, если  $5a + kb = 4k - 5$ , то  $5(a + 1) = k(4 - b)$ . Поскольку  $\text{НОД}(k; 5) = 1$ , то  $(4 - b)$  кратно 5, при этом  $b \geq 0$  и  $4 - b > 0$ . Эти условия несовместимы.

Покажем теперь, как набрать любое число золотых, большее  $4k - 5$ , монетами по 5 и  $k$  золотых.

Понятно, что достаточно показать это лишь для первых пяти чисел после  $4k - 5$ . Число  $k$  при делении на 5 может давать остатки от 1 до 4. Нетрудно проверить, что в каждом из четырёх случаев числа  $k$ ,  $2k$ ,  $3k$  и  $4k$  при делении на 5 будут давать все остатки от 1 до 4 в каком-то порядке. Это значит, что при любом  $i$  от 1 до 4 одно из чисел  $(k - i)$ ,  $(2k - i)$ ,  $(3k - i)$  или  $(4k - i)$  будет делиться на 5 (заметим, что  $k \geq 4$ , то есть все эти числа неотрицательны). То есть, при всяком  $i$  мы сможем одну из этих сумм набрать монетами по 5 золотых, а потом, если нужно, добавить несколько монет по  $k$  золотых, чтобы получилось ровно  $(4k - i)$ . Таким образом мы набираем суммы  $(4k - 4)$ ,  $(4k - 3)$ ,  $(4k - 2)$  и  $(4k - 1)$ . Сумма же  $4k$  набирается очевидным способом.

е) Воспользуемся указанием. Если первый казначей, отчеканив монету  $(4k - 5)$ , проиграет после того, как второй отчеканит монету  $m$ , ему следует применить стратегию соперника и сразу чеканить  $m$ . Известно, что соперник выигрывает, если отчеканены монеты 5,  $k$ ,  $(4k - 5)$  и  $m$ . Но, оказывается, сумма  $(4k - 5)$  набирается монетами 5,  $k$  и  $m$ , так что первый, сразу отчеканив  $m$ , попадает в выигрышное положение. Осталось доказать только что сформулированное утверждение.

Для доказательства все целые числа от 0 до  $5k$  разобьём на два класса: «хорошие» вида  $5a + kb$ , где  $a, b \geq 0$ , и «плохие» (все остальные).

Найдём количество хороших чисел. Выпишем все числа вида  $5a + kb$ , где  $a, b \geq 0$ ,  $a \leq k$ ,  $b \leq 5$ . Все эти числа хорошие и «почти все различны»: именно, если  $5x + ky = 5x_1 + ky_1$ , то можно считать, что  $5(x - x_1) = k(y_1 - y) \geq 0$ , а тогда  $(y_1 - y)$  кратно 5. Если  $y_1 = y$ , то  $x_1 = x$ , то есть числа совпадают, если же нет, то  $y_1 - y \geq 5$ , то есть  $y_1 \geq 5$ , но тогда  $y_1 = 5$ .

Отсюда нетрудно получить, что  $y = 0$ ,  $x_1 = 0$  и  $x = k$ . То есть, среди указанных  $6(k + 1)$  чисел совпадают только два:  $5k + k \cdot 0$  и  $5 \cdot 0 + k \cdot 5$ . Остальные же  $6(k + 1) - 2$  числа различны и разбиваются на пары  $(5a + kb; 5(k - a) + k(5 - b))$ , причём сумма чисел в каждой паре равна  $10k$ . Заметим, что ровно одно число в паре лежит в нашем диапазоне (от 0 до  $5k$ ), то есть в этом диапазоне ровно  $3(k + 1) - 1 + 1 = 3(k + 1)$  хорошее число.

Как уже показано ранее, хороши числа от  $4k - 4$  до  $5k$  включительно, их ровно  $k + 5$ . Итак, в диапазоне от 0 до  $4k - 5$  ровно  $3(k + 1) - k - 5 = 2k - 2$  хороших чисел. Но всего там чисел  $4k - 4$ , то есть ровно половина из них хорошие. Все числа от 0 до  $4k - 5$  разбиваются на пары, дающие в сумме  $4k - 5$ . Оба числа в паре не могут быть хорошими, иначе  $(4k - 5)$  было бы хорошим. Значит, в каждой паре есть по крайней мере одно плохое число. Но плохих чисел столько же, сколько и пар, так что плохое число в паре ровно одно. Поэтому, если число  $m$  плохое, то  $(4k - 5 - m)$  — хорошее, а тогда  $4k - 5 = 5x + ky + m$ , что и требовалось.

**Примечание.** В изложенном выше решении пункта «в» мы доказали наличие выигрышной стратегии у первого игрока (что и требовалось в задании), но саму эту выигрышную стратегию не построили. Мы не выяснили, когда вторым своим ходом первому игроку нужно чеканить монету  $(4k - 5)$ , а когда  $m$ , а также — как вычислить подходящее  $m$ .

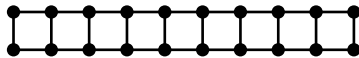
Число  $(4k - 5)$  является последним, которое нельзя разменять монетами достоинством 5 и  $k$  (см. решение пункта «д»). Тем самым для любого конкретного  $k$  игровую ситуацию можно полностью исследовать перебором конечного количества вариантов и, в частности, найти подходящее число  $m$ . Но какой-либо достаточно простой формулы для нахождения  $m(k)$  на момент написания данного текста неизвестно.

Также известно, что первый игрок выигрывает, если он начинает игру не только с монеты достоинством 5, но и вообще с любого простого числа, большего 3. Напротив, первый игрок проигрывает, если начнёт игру с числа, имеющего простой делитель, больший 3.

А, например, если первый игрок первым ходом отчеканит монету достоинством 16, то про дальнейший ход игры (наличие выигрышной стратегии у первого или у второго игрока) ничего не известно.

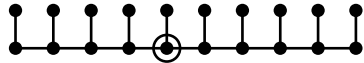
### 3. «Колонизаторы».

а) Победит второй игрок, отвечая симметрично относительно центра симметрии картинке. Очевидно, что у него всегда будет ход, причём этот ход не нарушит правил, иначе бы правила нарушал предыдущий ход соперника.



Подобные рассуждения применимы и в других пунктах этой задачи, там, где рассматривается симметричная стратегия.

б) Победит начинающий. Он может сначала захватить город, отмеченный кружочком, а затем на каждый ход второго отвечать симметрично относительно оси симметрии картинки.



в) При  $n = 2$  победит первый, при чётном  $n > 2$  победит второй — он может отвечать симметрично первому относительно центра картинки.

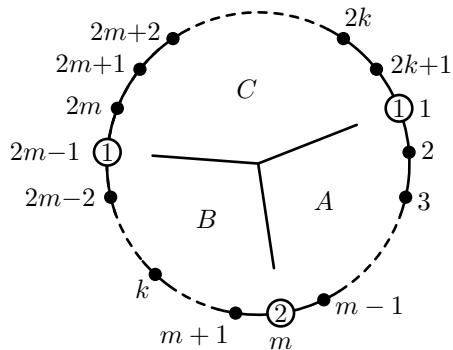
При нечётном  $n$  победит первый игрок.

Докажем это индукцией по  $n$ .

Для  $n = 1$  и  $n = 3$  решение очевидно.

Пусть при  $n < 2k + 1$  выигрышная стратегия за первого игрока найдена. Рассмотрим  $n = 2k + 1$ . Первым ходом мы захватываем город № 1. Пусть соперник сделал свой ход, захватив город №  $m$ . Можно считать<sup>3</sup>, что  $2 < m \leq k$ . Тогда мы захватываем город №  $(2m - 1)$ .

Теперь захвачено 3 города (на рисунке показаны кружочками; цифрой в кружочке указано, кто захватил этот город), которые делят игровое поле на 3 сектора:  $A$ ,  $B$  и  $C$ . Незахваченные города на рисунке обозначены жирными точками. Очередной ход — у второго игрока.



Сектора  $A$  и  $B$  имеют одинаковую структуру, в каждом из них имеется  $(m - 2)$  незахваченных городов. Если второй игрок

делает какой-то ход в одном из этих секторов, первый тут же отвечает аналогичным ходом в другом секторе, то есть захватывает город, расположенный на таком же расстоянии от города №  $m$ , что и город, только что захваченный соперником.

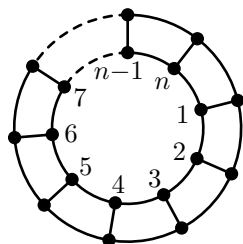
Что касается оставшейся части игрового поля, то, мысленно объединив захваченные первым игроком города № 1 и №  $(2m - 1)$ , можно заметить, что сектор  $C$  эквивалентен исходной игре с количеством городов  $n = 2(k - m + 1) + 1 = (2k + 1) - 2(m - 1)$ , где первым игроком уже сделан первый ход. Это число положительное, нечётное и меньше  $2k + 1$ . Следовательно, здесь у первого игрока по предположению индукции есть выигрышная стратегия.

<sup>3</sup>Если это не так, то достаточно поменять направление нумерации городов на противоположное.

Таким образом, игра распалась на независимые фрагменты, в каждом из которых у первого игрока есть выигрышная стратегия. Следовательно, выигрышная стратегия также есть и в игре в целом.

г) При чётном  $n$  победит второй игрок. На каждый ход первого он может определить центрально-симметричный город и занять соответствующий ему, но на другом кольце.

При нечётном  $n$  победит начинающий. Первым ходом он занимает любой город  $X$ , затем рассматривает прямую  $l$ , проходящую через  $X$  и центр кольца. Если теперь соперник занимает какой-то город, первый игрок отражает его симметрично относительно прямой  $l$ , но занимает не определённый таким образом город, а смежный с ним город на другом кольце.



*Примечание.* Игровое поле в этом случае можно представить себе как цилиндр, на краях оснований которого друг над другом расположены города (одно из оснований соответствует внутреннему кольцу, а другое — внешнему).

Соответственно, при чётном  $n$  ходы делаются симметрично относительно центра цилиндра.

При нечётном  $n$  ходы делаются симметрично относительно прямой, проходящей через центр цилиндра и середину дороги, соединяющей город  $X$  и смежный с ним город на другом кольце (другом основании цилиндра). По правилам игры второй игрок не может симметрично ответить на первый ход первого игрока (эти города соединены дорогой), и вынужден сделать какой-нибудь другой ход. В дальнейшем же по правилам игры на все возможные ходы второго игрока возможны симметричные ответы первого игрока.

Задания для конкурса по математическим играм предложили:

№ 1 — А. В. Шаповалов,

№ 2 — John Horton Conway (Принстон, США),

№ 3 — И. В. Раскина.

Тексты заданий и решений подготовили:

А. В. Хачатурян, В. А. Клепцын.

## Критерии оценивания

За каждую задачу ставится от 0 до 20 баллов: сумма баллов за пункты этой задачи или 20 баллов (если сумма по пунктам больше 20).

Если из решения видно, что школьник неправильно понимает условия задачи (и само понятие стратегии) — за задачу ставится 0 баллов.

### 1. «Полоска из прямоугольника».

а) Стоимость пункта — 8 баллов.

- Дан только ответ (побеждает такой-то игрок) — 0 баллов.
- Написано только «симметрично» или «повторять ходы» и дан верный ответ — 3 балла.
- Указан только 1-ый ход первого игрока и дан верный ответ — 2 балла.
- Указана стратегия только для одного случая (например, только для чётных сторон исходного прямоугольника), которая не годится для второго случая — 3 балла (с доказательством — 4 балла).
- Описан первый ход первого игрока (разрезание доски пополам) и описана стратегия: «симметрично» или «повторять ходы» и дан верный ответ — 6–7 баллов.
- Дано полное описание и обоснование стратегии, почему каждый раз у первого игрока будет ход — 8 баллов.

б) Стоимость пункта — 12 баллов.

- Дан только ответ (побеждает такой-то игрок) — 0 баллов.
- Написано только «симметрично» или «повторять ходы» и дан верный ответ — 3 балла, [но не более 3 баллов в сумме за одно лишь слово «симметрия» в обоих пунктах].
- Описано решение с помощью центральной симметрии — до 11 баллов.
- Описано решение по индукции без базы индукции — до 9 баллов.
- Описано решение по индукции с базой индукции — до 11 баллов.
- Описано одно из вышеуказанных решений и дано полное объяснение выигрышности стратегии (т. е. наличия у 2-го игрока хода) — 12 баллов.

### 2. «Чеканка монет».

а) Стоимость пункта — 4 балла.

- Объяснена проигрышность этих позиций соответствующей стратегией 2-ого игрока: на «2» отвечать «3», на «3» отвечать «2» — 3 балла.
- Разобран только один из двух начальных ходов (например, только проигрышность хода «2») — 2 балла.
- В задаче доказано, что любое натуральное число большее единицы можно набрать монетами «2» и «3» — +1 балл.

б) и в) — до 12 баллов в сумме.

г) Стоимость пункта — 12 баллов.

- Выписаны допустимые ходы (1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 13, 14, 19), быть может, без (1, 2, 3) — 4 балла.
- Указаны допустимые ходы и показано, что других нет — 6 баллов.
- Указан третий ход 1-го игрока — 4 балла.
- Указан третий ход 1-го игрока и доказано, что он приводит к победе — 12 баллов.

д) Стоимость пункта — 10 баллов.

е) Стоимость пункта — 20 баллов.

### 3. «Колонизаторы».

(Ставится не более 3 баллов в сумме за одно лишь упоминание симметрии в ответах на все пункты.)

а) Стоимость пункта — 5 баллов.

- Слово «симметрия» и верный ответ — 3 балла.
- Указана стратегия центральной симметрии — 4 балла.
- Дано обоснование стратегии (почему у второго всегда есть ход) — 5 баллов.

б) Стоимость пункта — 5 баллов.

- Слово «симметрия» и верный ответ — 3 балла.
- Указан 1-ый ход первого игрока и осевая симметрия и дан верный ответ — 4 балла.
- Дано обоснование стратегии (почему у первого всегда есть ход) — 5 баллов.

в) Стоимость пункта — 10 баллов.

Для чётного  $n$ :

- Слово «симметрия» и верный ответ — 2 балла.
- Указание на центрально симметричную стратегию и верный ответ — 3 балла.

Для нечётного  $n$ :

- Описание стратегии — до 7 баллов.

г) Стоимость пункта — 10 баллов.

Для чётного  $n$ :

- Слово «симметрия» и верный ответ — 2 балла.
- Описание симметричной стратегии — 3 балла.

Для нечётного  $n$ :

- Описание стратегии — до 7 баллов.

## Критерии награждения

Конкурс по математическим играм проводился письменно, а в некоторых местах проведения — также и устно (для желающих участников).

Результаты устных ответов по каждому заданию переводятся в баллы в соответствии с критериями проверки письменных работ. (Если участник сдавал задание устно несколько раз — за каждый пункт каждого задания учитывается лучшая из всех полученных оценок.) Если какое-либо задание участник сдавал и устно, и письменно, учитывается наилучшая (из двух) оценка в баллах за это задание.

При награждении учитывалась сумма баллов по всем заданиям и класс, в котором учится участник.

Оценки «е» и «v» ставились в соответствии с таблицей (нужно было набрать указанную в таблице или бóльшую сумму баллов).

Класс	«е» (балл многоборья)	«v» (грамота)
5 и младше	3	10
6	4	15
7	4	15
8	4	15
9	6	15
10	6	15
11	не предусмотрено	не предусмотрено

В случае, если поставлена оценка «v», оценка «е» не ставится.

## Инструкция проводящим устный конкурс «Математические игры»

Уважаемые коллеги! Перед Вами задания конкурса «Математические игры» Турнира Ломоносова 2012 года. Мы рекомендуем вам по возможности провести этот конкурс в устной форме для учеников не старше восьмого класса. Ученикам 9–11 классов дайте задания для письменной работы и посадите их в специальную аудиторию. Если нет возможности провести конкурс устно, дайте письменные задания и младшим ребятам, но всё же, пожалуйста, постарайтесь организовать для них устный конкурс — младшеклассники, как показывает печальный опыт прошлых лет, очень плохо записывают решения заданий по играм.

Мы советуем проводить устный конкурс по матиграм приблизительно так. В выделенной аудитории назначаются «сеансы игр» — например, каждый час или, если аудитория невелика, каждые 45 минут.

Расписание «сеансов» вывешивается на дверях. Перед началом сеанса в аудиторию запускаются участники и рассаживаются за парты, лучше по двое. Не допускайте перенаселения, посоветуйте тем, кто не помещается, посетить иные конкурсы, а на этот прийти к другому сеансу.

На каждом сеансе ведущие (их нужно примерно по одному на 10–15 школьников) могут выбрать одну игру из предложенных ниже. Перед тем, как рассказать правила, можно кратко объяснить, что такое математическая игра, что такое стратегия, привести пример на самых известных играх, например «крестики-нолики 3 × 3» или «двое берут из кучи по 1 или 2 камня». Когда школьники поймут, в чём заключается конкурс, расскажите им правила и задания одной из трёх игр, добейтесь, чтобы правила были понятны, потом раздайте реквизит (об этом подробнее написано ниже) и попросить их сыграть друг с другом или с вами несколько партий, чтобы понять суть игры. С желающим объяснить решение какого-либо пункта задания негромко побеседуйте. Потребуйте, чтобы он не просто «обыграл» Вас, а внятно объяснил стратегию. **Сданную задачу отметьте в протоколе.**

Участнику можно предложить перейти в аудиторию, где проходит письменный конкурс

- если он затрудняется изложить решение устно,
- если он уже решил предложенную игру и хочет решать другие,
- если по каким-то причинам Вы бы хотели, чтобы его решение подверглось внешней проверке,
- если, наконец, он бузит и мешает Вам работать.

Многие дети, кстати, не настолько жаждают решить и сдать задачу, они приходят просто поиграть. Дайте им эту возможность, поиграйте с ними, устройте турнир по какой-то игре. Шутите, улыбайтесь, создавайте праздничную атмосферу. Самых заядлых игроков можно оставить на повторный сеанс, но сначала напомните о других конкурсах.

## **О подготовке и реквизите**

Чтобы конкурс прошёл хорошо, к нему надо подготовиться.

Во-первых, **прорешайте заранее задания**, чтобы уверенно играть с детьми, когда надо, поддаваясь, когда надо, побеждая.

Во-вторых, распечатайте бланк протокола, распечатайте и имейте несколько экземпляров заданий.

В-третьих, заранее подготовьте реквизит.



**Для игры № 1** можно заготовить бумажные прямоугольники, расчерченные на квадратные клеточки, и во время игры разрезать их по линиям разметки ножницами. А можно и не резать, а только помечать места предполагаемых разрезов более жирными линиями поверх разметки.

**Для игры № 2** особого реквизита не требуется, только ручка и бумага.

**Для игры № 3** распечатайте картинки с графами-заданиями в достаточном количестве. Вы можете играть с детьми, помечая захваченные города на картинках (тогда распечатать надо будет достаточно много картинок), а можете использовать фишки двух видов, заготовив их заранее (в роли фишек могут выступать любые мелкие предметы).

Не пожалейте времени на изготовление реквизита — оно окупится радостью маленьких участников Турнира.

## **О записи результатов**

**В протоколе отражайте сданные школьниками задания.** Принимайте задачи строго, требуйте объяснения правильности стратегии. Не подсказывайте явно, но незаметно слегка помогите участнику, если видите, что он понимает суть решения, но не может точно её выразить. Бывает так, что маленький участник очень ловко играет в игру, в разные её варианты, но объяснить ничего толком не может. Отметьте это словами в протоколе, такого малыша тоже можно будет поощрить. Протокол(ы) сдайте старшему по точке проведения Турнира.

Спасибо Вам!

## **Статистика**

В приведённой статистике учтены все письменные работы по математическим играм, сданные школьниками, а также все устные ответы, кроме абсолютно нулевых.

При наличии нескольких устных ответов за каждый пункт каждой задачи учтён лучший результат. При наличии как устного, так и письменного ответа по каждой задаче учтена лучшая оценка (наибольшее количество баллов).

Сведения о количестве школьников по классам, получивших грамоту по математическим играм («v») и получивших балл многобо-

рья («е»), а также общем количестве участников конкурса по математическим играм (количестве сданных работ и/или устных ответов).

Класс	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Всего
Всего	0	11	19	62	419	1415	1316	986	862	506	175	5771
«е»	0	0	1	0	32	64	50	55	24	18	—	244
«v»	0	0	1	2	18	48	62	70	36	32	—	269

Сведения о распределении суммы баллов по классам. (Знаками «е» и «v» показаны границы соответствующих критериев награждения.)

Сумма баллов	Количество участников по классам с такой суммой											Всего
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
0	0	11	17	60	367	1244	1103	769	702	374	131	4778
1	0	0	0	0	0	1	4	3	2	4	1	15
2	0	0	0	0	2	27	39	31	25	14	7	145
3	e 0	e 0	e 1	e 0	e 13	31	58	58	57	46	15	279
4	0	0	0	0	6	e 24	e 15	e 22	14	18	5	104
5	0	0	0	0	7	10	3	3	2	0	2	27
6	0	0	0	0	0	6	5	5	e 8	e 4	2	30
7	0	0	0	0	3	2	3	3	2	3	0	16
8	0	0	0	0	2	3	3	2	2	4	0	16
9	0	0	0	0	1	2	3	0	4	0	0	10
10	v 0	v 0	v 0	v 0	v 3	14	9	11	1	2	0	40
11	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2
12	0	0	0	0	0	2	4	2	2	3	2	15
13	0	0	0	0	1	0	1	1	2	2	1	8
14	0	0	0	0	0	1	4	5	2	0	0	12
15	0	0	0	1	2	v 2	v 3	v 5	v 2	v 1	0	16
16	0	0	0	0	0	0	4	8	1	2	1	16
17	0	0	0	0	0	3	0	2	2	0	1	8
18	0	0	1	0	1	0	5	5	5	3	0	20
19	0	0	0	0	1	0	0	4	1	1	1	8
20	0	0	0	1	5	22	17	18	9	9	3	84
21	0	0	0	0	1	0	1	3	1	1	1	8
22	0	0	0	0	0	1	1	0	2	0	0	4
23	0	0	0	0	0	4	1	0	2	3	0	10
24	0	0	0	0	0	2	3	4	0	1	0	10
25	0	0	0	0	0	4	4	1	1	1	0	11
> 25	0	0	0	0	4	10	23	20	10	10	2	79

Сведения о распределении баллов по заданиям (в таблице приведено количество участников, получивших указанные баллы за указанные задания).

Баллы	Номера заданий		
	1	2	3
0	5419	5188	5488
1	1	14	2
2	49	95	6
3	26	247	43
4	1	148	16
5	3	4	42
6	22	6	12
7	17	6	9
8	28	10	2
9	3	1	1
10	14	5	48

Баллы	Номера заданий		
	1	2	3
11	4	1	2
12	7	4	1
13	4	3	1
14	6	3	5
15	8	0	10
16	12	10	0
17	10	0	1
18	18	1	4
19	13	0	0
20	98	25	76
Всего	5763	5771	5769

Обращает на себя внимание очень большое количество нулевых баллов. Это обусловлено сочетанием двух причин. Во-первых, конкурс по математическим играм для многих школьников оказался непривычным, в своих работах ребята часто приводили описание игры, примеры партий и т. п., но не делали попыток решить игру как математическую задачу. Во-вторых, ввиду достаточно сложной системы учёта результатов (возможность нескольких устных и письменных ответов с последующим объединением результатов) невозможно чётко разграничить ситуации, когда школьник пытался выполнить задание, но получил 0 баллов, и когда он вообще не выполнял и не планировал выполнять какое-либо задание. (Например, отвечая устно, школьник сказал пару слов и передумал, но в протоколе перед началом ответа он уже был отмечен.)

# Конкурс по физике

## Задания

В скобках после номера задачи указаны классы, которым эта задача рекомендуется. Можно решать и задачи старших классов. Задачи младших классов на оценку не влияют.

Ученикам 7 класса и младше достаточно решить **одну** «свою» задачу, ученикам 8–11 классов — **две** «своих» задачи.

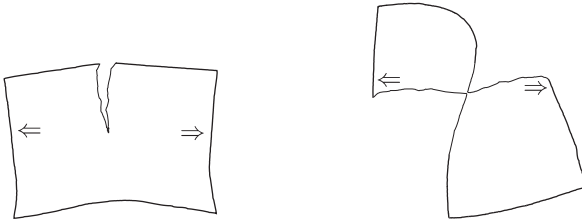
1. (6–9) Гусеница длиной 10 сантиметров ползёт по веточке со скоростью 1 миллиметр в секунду. Навстречу гусенице по этой веточке бежит муравей. Муравей пробежал по гусенице (которая продолжала ползти, не обращая на него внимания) от начала до конца и затем побежал по веточке дальше.



И по веточке, и по гусенице муравей передвигался со скоростью 1 сантиметр в секунду. Сколько времени потерял муравей из-за того, что ему пришлось перелезть через ползущую навстречу гусеницу, а не просто бежать по неподвижной веточке?

2. (6–9) Для перевозки тяжёлого груза по железной дороге требуется мощность двигателей электровоза или тепловоза намного больше, чем мощность двигателей корабля, перевозящего этот же груз по воде. Объясните, почему.

3. (7–10) Лист обычной бумаги рвут пополам. Почему, если рвать как показано на рисунке слева, требуется существенно бóльшая сила, чем если делать так, как показано на рисунке справа?



Бумагу держат пальцами там, где нарисованы стрелочки, и тянут по направлению стрелочек.

4. (8–11) Водитель автомобиля заметил странный эффект, наблюдаемый во время езды, когда на улице достаточно тепло ( $\approx +25\text{ }^\circ\text{C}$ ) и идёт дождик. Если ехать с закрытыми окнами и включённой вентиляцией (воздух забирается с улицы и подаётся вентилятором внутрь автомобиля), то все окна запотевают изнутри. Если для подаваемого вентилятором воздуха включить дополнительный подогрев — стёкла потеть не будут. Если включить охлаждение подаваемого воздуха — стёкла тоже потеть не будут.

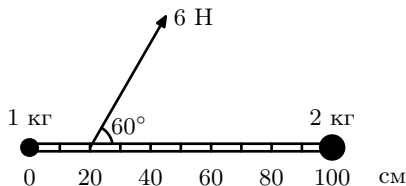
Кажется странным, что противоположные действия (нагрев и охлаждение) приводят к одному и тому же результату. Как это можно объяснить?

5. (9–11) В пространстве расположили 8 одинаковых точечных электрических зарядов так, что они находятся в вершинах куба. Каждый заряд привязали непроводящей нерастяжимой нитью к центру этого куба (концы всех нитей от зарядов скреплены в центре куба друг с другом). Получившаяся система зарядов и нитей находится в равновесии. Является ли это равновесие устойчивым?

6. (9–11) Тонкую прямую непрозрачную палочку поместили в сосуд с водой: часть палочки находится под водой, а часть — над водой. Известно, что если смотреть на палочку сбоку, кажется, что она «переламывается» на поверхности воды. А будет ли «переламываться» тень от палочки, наблюдаемая на дне сосуда?

Наблюдатель и источник света, благодаря которому возникает тень, расположены выше поверхности воды. Дно сосуда плоское и расположено параллельно поверхности воды.

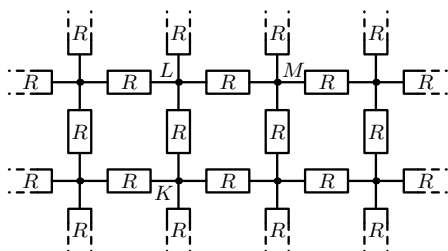
7. (9–11) К концам жёсткой лёгкой линейки длиной 1 м прикреплены две маленькие по размерам гири с массами 1 кг и 2 кг. Положение гири массой 1 кг соответствует делению «0 см» на линейке. Линейка с грузами покоится на гладкой горизонтальной поверхности.



К точке линейки, соответствующей делению «20 см», приложили горизонтальную силу 6 Н в направлении, составляющем угол  $60^\circ$  с линейкой. Найдите величину ускорения гири массой 1 кг в этот момент.

8. (10–11) В баллоне ёмкостью 1 литр находится азот. Азот из баллона медленно выпускают, всё время поддерживая температуру баллона постоянной. Когда в баллоне оставалось 1 моль азота, давление внутри баллона было равно атмосферному ( $10^5$  Па). Чему будет равно давление в баллоне, когда в нём останется 0,5 моль азота?

9. (10–11) Из резисторов сопротивлением  $R$  собрана плоская квадратная решётка, бесконечная во все стороны. В такой схеме электрическое сопротивление между узлами  $K$  и  $L$  равно  $R/2$ , а электрическое сопротивление между узлами  $K$  и  $M$  равно  $2R/\pi$ .



Выберите в такой схеме любые 2 различных узла, сопротивление между которыми не равно  $R/2$  или  $2R/\pi$ , укажите взаимное расположение этих узлов и найдите электрическое сопротивление между ними.

## Ответы и решения

**Задача 1.** Муравей со скоростью 1 см/с пробежит по гусенице длиной 10 см от начала до конца за 10 с. Гусеница за такое время со скоростью 1 мм/с проползёт расстояние 10 мм = 1 см. В результате после перемещения по гусенице муравей окажется на расстоянии 1 см от того места, где он бы оказался в это же время, если бы он вместо движущейся гусеницы бежал по неподвижной веточке. Так как скорость муравья 1 см/с, отставание на 1 см для него означает потерю времени 1 с.

**Ответ.** 1 секунда.

**Задача 2.** Железные дороги практически всегда имеют уклон. Для перевозки груза в горку необходимо затрачивать работу на увеличение потенциальной энергии груза. Эта работа как раз и совершается двигателями тепловоза или электровоза.

Рельеф поверхности водоёмов существенно более пологий. Для перемещения по горизонтальной поверхности водоёма фактически нужно только преодолевать силу сопротивления воды. Эта сила тем меньше, чем меньше скорость. Как известно, большой корабль может сдвинуть с места даже ребёнок (конечно, с небольшой скоростью).

Для плавания по наклонной поверхности воды (например, вверх по течению реки) затрачивать работу на подъём груза также не требуется. Подъём происходит за счёт выталкивающей силы воды (силы Архимеда). В самом деле, если бы корабль, плывя вверх по течению, оставался бы на одной высоте, он оказывался бы погруженным в окружающую воду всё глубже и глубже. Соответственно, с увеличением глубины погружения будет увеличиваться и выталкивающая сила (сила Архимеда), которая вытолкнет корабль на такую высоту (глубину погружения), на которой выталкивающая сила окажется меньше и уравновесится силой тяжести корабля.

Конечно, с совсем маленькой скоростью корабль плавать не может. Во-первых, требуется обеспечить разумное (не слишком большое) время перевозки груза. Во-вторых, скорость плавания относительно воды должна быть по крайней мере больше скорости течения (иначе корабль просто не сможет перемещаться в нужном направлении).

Никаких других причин для существенного увеличения скорости корабля нет. Медленно плывущий по широкой реке (а тем более по озеру или морю) корабль никому не мешает. На железной дороге маленькие скорости оказываются неприемлемыми — медленно движущийся грузовой поезд занимает железнодорожный путь и мешает движению других поездов. Поэтому тяжёлые грузы по железной дороге приходится возить с большой скоростью и мощности двигателей электровоза (или тепловоза) также должно хватать и на разгон поезда (то есть увеличение кинетической энергии) за достаточно короткий промежуток времени.

Также отметим, что на корабле вполне могут быть установлены более мощные двигатели, чем на тепловозе или электровозе. Это не противоречит приведённым выше рассуждениям. В условии задачи речь идёт о перевозке *одного и того же груза* по воде и по железной дороге, в то время как грузоподъёмность судна может быть существенно больше, чем возможная загрузка железнодорожного состава. Кроме того, нужно учесть, что один железнодорожный состав могут вести 2 или 3 или даже больше электровозов или тепловозов. Их необходимое количество (то есть суммарная мощность их двигателей) как раз и выбирается исходя из общей массы поезда и того, насколько крутые подъёмы этот поезд должен преодолевать.

**Задача 3.** На рисунке справа расстояние между стрелочками (то есть местами, к которым прикладывают силу) равно длине разорванных краёв листа. При разрыве бумаги образуется два края, поэтому длина образовавшегося разрыва при таком способе действий будет в 2 раза меньше расстояния между стрелочками. Если действовать, как на рисунке слева, то оказывается, что длина образующегося разрыва получается в несколько раз больше, чем необходимое для этого увеличение расстояния между стрелочками.

При одном и том же перемещении рук в первом случае длина образующегося разрыва оказывается существенно меньше, чем во втором, поэтому и необходимая для этого сила в первом случае тоже требуется меньше.

Можно считать, что работа, необходимая для разрыва бумаги, в основном затрачивается на разрыв бумажных волокон, и поэтому будет одинаковой независимо от способа разрыва (количество разорванных волокон примерно одно и то же).

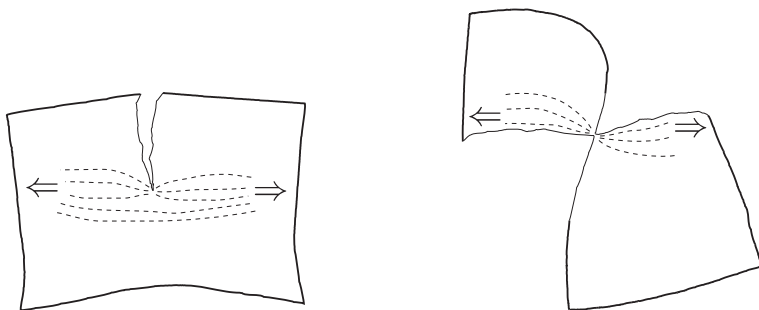
Как известно,  $A = Fs$  ( $A$  — работа,  $F$  — сила,  $s$  — перемещение), поэтому при совершении одной и той же механической работы  $A$  чем меньше изменилось расстояние  $s$  между точками, к которым прикладывается сила  $F$ , тем больше для этого требуется величина силы  $F$ .

Возможно, что в первом случае (рисунок справа) бумага будет не только рваться за счёт разрыва волокон, но и «расслаиваться». Но, учитывая существенную разницу в относительном перемещении рук в первом и во втором случае, детали механизма образования разрыва для ответа на вопрос задания не очень существенны.

Для описанной в задаче ситуации можно предложить альтернативное объяснение (фактически описывающее другими словами те же самые физические процессы). В случае, показанном на рисунке слева, часть механических напряжений, приложенных к листу, концентрируется в месте разрыва, а часть «обступает» место разрыва по площади ещё не порванной бумаги, что обеспечивает дополнительную прочность. (Механические напряжения условно показаны пунктирными линиями.)

В ситуации на рисунке справа все механические напряжения проходят через место разрыва, «обогнуть» место разрыва им просто негде. Это как раз хорошо видно из рисунка, для которого удачно для этой цели выбран ракурс. Невидимая на этом рисунке часть листа бумаги расположена перпендикулярно линии приложения разрывающих сил и поэтому не может обеспечить дополнительную прочность.





**Задача 4.** Из условия задачи понятно, что воздух, подаваемый с улицы в салон автомобиля без нагрева или охлаждения, создаёт в салоне микроклимат с абсолютной влажностью, соответствующей 100% (или более) относительной влажности для температуры внутренней поверхности стёкол автомобиля (иначе стёкла не стали бы запотевать).

Учитывая, что температура внутренней поверхности стёкол салона автомобиля должна быть немного выше уличной температуры, это может показаться странным. Действительно, если при более высокой температуре относительная влажность достигает 100%, то она должна была бы достигнуть 100% ещё при уличной температуре, что должно было привести к выпадению из воздуха избыточного содержания воды ещё до попадания в салон автомобиля. Объясняется это кажущееся противоречие тем, что существенным источником паров воды в воздухе салона автомобиля является не только воздух, подаваемый с улицы, но и дыхание водителя (и пассажиров).

Подогрев воздуха, подаваемого с улицы, увеличивает температуру воздуха в салоне и температуру внутренней поверхности оконных стёкол. При такой температуре имеющихся в воздухе салона автомобиля водяных паров оказывается недостаточно для достижения относительной влажности 100%.

Если же для подаваемого с улицы воздуха включить охлаждение, то относительная влажность превышает значение 100% ещё в системе охлаждения, при этом там же часть воды удаляется (в виде жидкости) из подаваемого в салон автомобиля воздуха. В салоне температура этого воздуха немного повышается (за счёт имеющихся в работающем автомобиле источников тепла), вследствие чего снижается относительная влажность. В результате содержание в воздухе салона автомобиля водяных паров оказывается недостаточным для создания 100% относительной влажности на внутренней поверхности оконных стёкол.

**Задача 5.** Докажем, что равновесие неустойчиво. Для этого добавим в рассматриваемую систему дополнительные жёсткие связи между некоторыми зарядами и докажем, что даже в этом случае равновесие всё равно будет неустойчивым. Тем самым будет неустойчивым и равновесие исходной системы без дополнительных связей (удаление которых, очевидно, не может увеличить устойчивость).

Для имеющихся в системе восьми зарядов будем использовать обозначения  $Q_1, Q_2, \dots, Q_8$ ; для величин этих зарядов (по условию все они одинаковые) будем использовать обозначение  $Q$ .

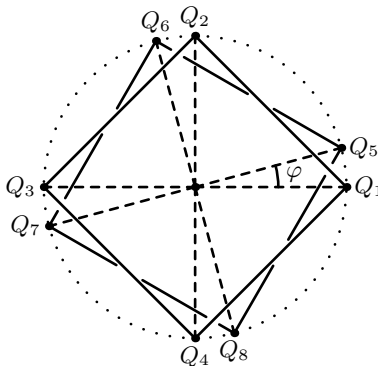
Дополнительно к имеющимся в системе нитям (нити при этом оставим, все заряды также оставим на своих местах) добавим следующие ограничения на перемещения зарядов.

1) Заряды одной из квадратных граней куба (на рисунке это заряды  $Q_5, Q_6, Q_7$  и  $Q_8$ ) скрепим в жёсткую конструкцию — так, что при любых перемещениях эти заряды всегда будут образовывать квадрат исходного размера.

2) Заряды противоположной грани куба (на рисунке это заряды  $Q_1, Q_2, Q_3$  и  $Q_4$ ) также скрепим в жёсткую конструкцию — так, что при любых перемещениях эти заряды также всегда будут образовывать квадрат исходного размера.

3) Разрешим для каждого квадрата с зарядами только поворот квадрата целиком вокруг оси, проходящей через центры этих двух квадратов. Любые другие перемещения зарядов запретим.

Покажем, что равновесие получившейся системы неустойчиво. То есть что если повернуть одну грань относительно другой на небольшой угол (как показано на рисунке), то система будет стремиться увеличить этот угол, а не вернуться в исходное состояние.



Пусть длина ребра исходного куба равна  $a$ . Введём систему координат. Начало координат расположим в центре грани  $Q_1Q_2Q_3Q_4$ , ось  $Ox$  направим вправо, ось  $Oy$  — вверх (по рисунку), ось  $Oz$  — перпендикулярно плоскости рисунка.

Для угла поворота грани  $Q_5Q_6Q_7Q_8$  относительно грани  $Q_1Q_2Q_3Q_4$  введём обозначение  $\varphi$ . Для радиуса окружности, описанной около грани куба, для удобства записи введём обозначение  $R = a\sqrt{2}/2$ ; соответственно,  $a = \sqrt{2}R$ .

В этих обозначениях координаты зарядов будут следующими.

Заряд	$x$	$y$	$z$
$Q_1$	$R$	$0$	$0$
$Q_2$	$0$	$R$	$0$
$Q_3$	$-R$	$0$	$0$
$Q_4$	$0$	$-R$	$0$
$Q_5$ (до поворота)	$R$	$0$	$R\sqrt{2}$
$Q_5$ (после поворота)	$R \cos \varphi$	$R \sin \varphi$	$R\sqrt{2}$

По теореме Пифагора определим расстояние  $r$  между зарядами  $Q_5$  и  $Q_1$  в зависимости от угла поворота  $\varphi$  грани  $Q_5Q_6Q_7Q_8$  относительно грани  $Q_1Q_2Q_3Q_4$ .

$$\begin{aligned} r(Q_5, Q_1, \varphi) &= \sqrt{(R - R \cos \varphi)^2 + (R \sin \varphi)^2 + (\sqrt{2}R)^2} = \\ &= R\sqrt{(1 - \cos \varphi)^2 + \sin^2 \varphi + 2} = R\sqrt{1 - 2 \cos \varphi + \cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi + 2} = \\ &= R\sqrt{4 - 2 \cos \varphi} = \sqrt{2}R \cdot \sqrt{2 - \cos \varphi} = a\sqrt{2 - \cos \varphi} \end{aligned}$$

Напомним, что энергия электростатического взаимодействия зарядов  $q_1$  и  $q_2$ , находящихся на расстоянии  $r$  друг от друга, равна

$$W(q_1, q_2, r) = k \frac{q_1 q_2}{r}, \quad \text{где } k = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0}.$$

Таким образом, энергия электростатического взаимодействия зарядов  $Q_5$  и  $Q_1$  нашей системы в зависимости от угла поворота  $\varphi$  равна

$$W(Q_5, Q_1, \varphi) = k \frac{Q_5 Q_1}{r(Q_5, Q_1, \varphi)} = k \frac{1}{a\sqrt{2 - \cos \varphi}} = \frac{k}{a} (2 - \cos \varphi)^{-\frac{1}{2}}$$

Введём для этой функции обозначение  $W(\varphi)$  и для дальнейшего решения вычислим первую и вторую производную  $W(\varphi)$ .

$$W(\varphi) = \frac{k}{a} (2 - \cos \varphi)^{-\frac{1}{2}}$$

$$W'(\varphi) = \frac{k}{a} (2 - \cos \varphi)^{-\frac{1}{2}-1} \cos' \varphi = -\frac{k}{a} (2 - \cos \varphi)^{-\frac{3}{2}} \sin \varphi$$

$$\begin{aligned} W''(\varphi) &= -\frac{k}{a} \left( (2 - \cos \varphi)^{-\frac{3}{2}} \sin \varphi \right)' = \\ &= -\frac{k}{a} \left( \left( (2 - \cos \varphi)^{-\frac{3}{2}} \right)' \sin \varphi + (2 - \cos \varphi)^{-\frac{3}{2}} \sin' \varphi \right) = \\ &= -\frac{k}{a} \left( (2 - \cos \varphi)^{-\frac{3}{2}-1} \cos' \varphi \sin \varphi + (2 - \cos \varphi)^{-\frac{3}{2}} \cos \varphi \right) = \\ &= -\frac{k}{a} \left( (2 - \cos \varphi)^{-\frac{5}{2}} (-\sin \varphi) \sin \varphi + (2 - \cos \varphi)^{-\frac{3}{2}} \cos \varphi \right) = \\ &= \frac{k}{a} \left( (2 - \cos \varphi)^{-\frac{5}{2}} \sin^2 \varphi - (2 - \cos \varphi)^{-\frac{3}{2}} \cos \varphi \right) \end{aligned}$$

Найдём численные значения  $W'(0)$  и  $W''(0)$ , что соответствует энергии электростатического взаимодействия зарядов  $Q_5$  и  $Q_1$  при угле поворота  $\varphi = 0$ .

$$W'(0) = -\frac{k}{a} (2 - \cos 0)^{-\frac{3}{2}} \sin 0 = 0$$

$$\begin{aligned} W''(0) &= \frac{k}{a} \left( (2 - \cos 0)^{-\frac{5}{2}} \sin^2 0 - (2 - \cos 0)^{-\frac{3}{2}} \cos 0 \right) = \\ &= \frac{k}{a} \left( -(2 - 1)^{-\frac{3}{2}} \cdot 1 \right) = -\frac{k}{a} \end{aligned}$$

Выполним аналогичные вычисления для зарядов  $Q_5$  и  $Q_2$ . Учитывая, что положение заряда  $Q_2$  отличается от положения заряда  $Q_1$  на угол  $\frac{\pi}{2}$  (то есть  $90^\circ$ ), вычисления нужно проводить для  $\varphi = \frac{\pi}{2}$ .

$$W' \left( \frac{\pi}{2} \right) = -\frac{k}{a} \left( 2 - \cos \frac{\pi}{2} \right)^{-\frac{3}{2}} \sin \frac{\pi}{2} = -\frac{k}{a} (2 - 0)^{-\frac{3}{2}} \cdot 1 = -\frac{k}{a} \cdot 2^{-\frac{3}{2}}$$

$$\begin{aligned} W'' \left( \frac{\pi}{2} \right) &= \frac{k}{a} \left( \left( 2 - \cos \frac{\pi}{2} \right)^{-\frac{5}{2}} \sin^2 \frac{\pi}{2} - \left( 2 - \cos \frac{\pi}{2} \right)^{-\frac{3}{2}} \cos \frac{\pi}{2} \right) = \\ &= \frac{k}{a} \left( (2 - 0)^{-\frac{5}{2}} \cdot 1^2 - (2 - 0)^{-\frac{3}{2}} \cdot 0 \right) = \frac{k}{a} \cdot 2^{-\frac{5}{2}} \end{aligned}$$

Выполним аналогичные вычисления для зарядов  $Q_5$  и  $Q_3$ . Учитывая, что положение заряда  $Q_3$  отличается от положения заряда  $Q_1$  на угол  $\pi$  (то есть  $180^\circ$ ), вычисления нужно проводить для  $\varphi = \pi$ .

$$W'(\pi) = -\frac{k}{a}(2 - \cos \pi)^{-\frac{3}{2}} \sin \pi = -\frac{k}{a}(2 - (-1))^{-\frac{3}{2}} \cdot 0 = 0$$

$$\begin{aligned} W''(\pi) &= \frac{k}{a} \left( (2 - \cos \pi)^{-\frac{5}{2}} \sin^2 \pi - (2 - \cos \pi)^{-\frac{3}{2}} \cos \pi \right) = \\ &= \frac{k}{a} \left( (2 - (-1))^{-\frac{5}{2}} \cdot 0^2 - (2 - (-1))^{-\frac{3}{2}} \cdot (-1) \right) = \frac{k}{a} \cdot 3^{-\frac{3}{2}} \end{aligned}$$

Выполним аналогичные вычисления для зарядов  $Q_5$  и  $Q_4$ . Учитывая, что положение заряда  $Q_4$  отличается от положения заряда  $Q_1$  на угол  $\frac{3\pi}{2}$  (то есть  $270^\circ$ ), вычисления нужно проводить для  $\varphi = \frac{3\pi}{2}$ .

$$W' \left( \frac{3\pi}{2} \right) = -\frac{k}{a} \left( 2 - \cos \frac{3\pi}{2} \right)^{-\frac{3}{2}} \sin \frac{3\pi}{2} = -\frac{k}{a} (2 - 0)^{-\frac{3}{2}} \cdot (-1) = \frac{k}{a} \cdot 2^{-\frac{3}{2}}$$

$$\begin{aligned} W'' \left( \frac{3\pi}{2} \right) &= \frac{k}{a} \left( \left( 2 - \cos \frac{3\pi}{2} \right)^{-\frac{5}{2}} \sin^2 \frac{3\pi}{2} - \left( 2 - \cos \frac{3\pi}{2} \right)^{-\frac{3}{2}} \cos \frac{3\pi}{2} \right) = \\ &= \frac{k}{a} \left( (2 - 0)^{-\frac{5}{2}} \cdot (-1)^2 - (2 - 0)^{-\frac{3}{2}} \cdot 0 \right) = \frac{k}{a} \cdot 2^{-\frac{5}{2}} \end{aligned}$$

Вычислим первую и вторую производные суммарной энергии электростатического взаимодействия заряда  $Q_5$  с зарядами  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q_3$  и  $Q_4$ .

$$\begin{aligned} &\left( W(0) + W \left( \frac{\pi}{2} \right) + W(\pi) + W \left( \frac{3\pi}{2} \right) \right)' = \\ &= W'(0) + W' \left( \frac{\pi}{2} \right) + W'(\pi) + W' \left( \frac{3\pi}{2} \right) = \\ &= 0 - \frac{k}{a} \cdot 2^{-\frac{3}{2}} + 0 + \frac{k}{a} \cdot 2^{-\frac{3}{2}} = 0 \\ &\left( W(0) + W \left( \frac{\pi}{2} \right) + W(\pi) + W \left( \frac{3\pi}{2} \right) \right)'' = \\ &= W''(0) + W'' \left( \frac{\pi}{2} \right) + W''(\pi) + W'' \left( \frac{3\pi}{2} \right) = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= -\frac{k}{a} + \frac{k}{a} \cdot 2^{-\frac{5}{2}} + \frac{k}{a} \cdot 3^{-\frac{3}{2}} + \frac{k}{a} \cdot 2^{-\frac{5}{2}} = \frac{k}{a} \left( 2 \cdot 2^{-\frac{5}{2}} + 3^{-\frac{3}{2}} - 1 \right) = \\
&= \frac{k}{a} \left( 2^{-\frac{3}{2}} + 3^{-\frac{3}{2}} - 1 \right) = \frac{k}{a} \left( \frac{1}{(\sqrt{2})^3} + \frac{1}{(\sqrt{3})^3} - 1 \right) < \\
&< \frac{k}{a} \left( \frac{1}{(\sqrt{2})^2} + \frac{1}{(\sqrt{3})^2} - 1 \right) = \frac{k}{a} \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{3} - 1 \right) < 0
\end{aligned}$$

Как мы убедились выше, функция зависимости энергии электростатического взаимодействия заряда  $Q_5$  с зарядами грани  $Q_1Q_2Q_3Q_4$  от угла поворота  $\varphi$  этой грани имеет в точке  $\varphi = 0$  нулевую первую производную и отрицательную вторую производную. То есть в этой точке график функции имеет горизонтальную касательную и является выпуклым вверх — это означает, что энергия электростатического взаимодействия при  $\varphi = 0$  имеет локальный максимум (при  $\varphi = 0$  она больше, чем при иных близких значениях  $\varphi = 0$ ), то есть равновесие при  $\varphi = 0$  неустойчиво.

Ввиду симметрии системы рассмотренная выше зависимость энергии электростатического взаимодействия заряда  $Q_5$  с зарядами грани  $Q_1Q_2Q_3Q_4$  от угла поворота  $\varphi$  является точно такой же, как и аналогичная зависимость для этой же грани и зарядов  $Q_6, Q_7$  и  $Q_8$ . Поэтому сделанный выше вывод о неустойчивости равновесия верен не только для заряда  $Q_5$ , но в целом для всей рассмотренной системы зарядов.

Теперь снимем ограничения 1), 2) и 3), дополнительно наложенные на перемещения зарядов системы в начале решения задачи. От снятия ограничений и появления дополнительных степеней свободы статическое механическое равновесие не может стать более устойчивым. Поэтому равновесие исходной системы зарядов также неустойчиво.

Выше мы изложили решение, используя стандартный метод исследования поведения функции с помощью первой и второй производных. Данный метод изложения был выбран как достаточно строгий и лаконичный.

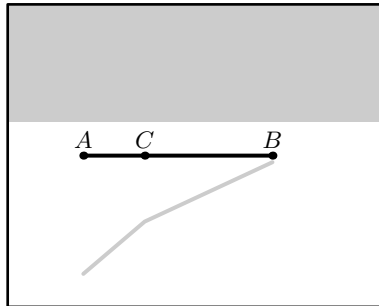
Данный метод решения не является единственно возможным. Например, задачу можно решить методом оценки затраченной работы при малых поворотах одной грани относительно другой, предварительно определив электростатические поля в нужных точках. Такое решение не требует использования производных, поэтому могло быть предложено школьниками, которые производные ещё не изучали.

**Ответ.** Равновесие не является устойчивым.

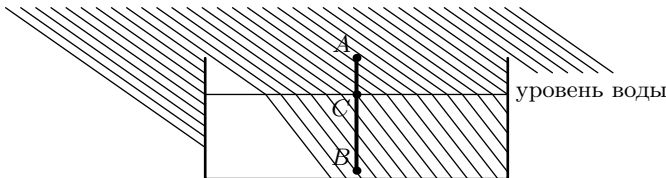
**Задача 6.** Будем освещать поверхность воды пучком параллельных световых лучей.

Непрозрачную палочку расположим наклонно к поверхности воды и перпендикулярно падающим световым лучам. Введём обозначения:  $A$  — конец палочки, находящийся над поверхностью воды,  $B$  — конец палочки, находящийся под поверхностью воды,  $C$  — точка пересечения палочки с поверхностью воды.

На рисунке показан вид получившейся оптической системы сверху. Серым цветом показаны тени от палочки и от бортика сосуда.



На следующем рисунке показан вид сбоку (слева относительно первого рисунка) в том же масштабе. Тонкой горизонтальной линией показана поверхность воды, тонкими наклонными линиями — световые лучи, проведённые через равные интервалы.



Наличие «перелома» тени видно из рисунков, все геометрические размеры которых получены в результате геометрических и оптических расчётов.

Но получить ответ можно и без точных построений и вычислений. Для этого можно схематично нарисовать рисунок, аналогичный приведённому виду сбоку. Будем мысленно перемещать вдоль палочки от одного конца к другому с постоянной скоростью воображаемую точку и следить за «тенью» этой точки.

Проекция скорости тени на направление, перпендикулярное плоскости рисунка, очевидно, будет всё время постоянной, так как световые

лучи в этом направлении вообще не преломляются. Проекция скорости тени на горизонтальное (по рисунку) направление будет разной для участков  $AC$  и  $CB$ . Действительно, на участке  $AC$  наша воображаемая точка будет «встречать» световые лучи чаще, чем на участке  $CB$ . Но при этом все показанные на рисунке световые лучи «утыкаются» в дно сосуда через равные расстояния. Поэтому чем чаще эти световые лучи пересекает объект, тем больше соответствующая проекция скорости тени объекта.

Сохранение величины одной из проекций скорости и изменение величины другой проекции возможно только при изменении направления движения, что в нашем случае и означает «перелом» тени.

Мы для простоты рассмотрели освещение параллельным пучком световых лучей. Для точечного источника освещения решение будет аналогичным. В самом деле, фактически нас интересует поведение тени только в одной точке «перелома». Луч света, исходящий от точечного источника и проходящий (после преломления) через нужную нам точку, а также близкие к нему по направлению лучи, выходящие из того же источника, в нашем решении можно считать пучком параллельных лучей.

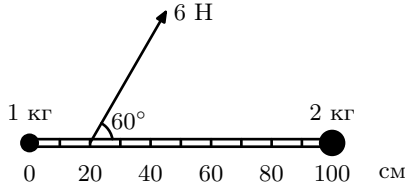
Заметим, что для экспериментального наблюдения описанного в задаче эффекта требуется некоторая аккуратность, чтобы сделать эффект заметным. В частности, необходимо обеспечить достаточно маленький угол между направлением падающего освещения и поверхностью воды. Иначе угол «перелома» тени от палочки окажется очень маленьким, и наблюдателю может показаться, что «перелом» тени вообще отсутствует. Учитывая, что наблюдаемый угол «перелома» самой палочки в месте пересечения поверхности воды достаточно заметен, из наблюдений легко сделать ошибочный вывод об отсутствии «перелома» тени. Наблюдение такой оптической иллюзии и послужило поводом для составления задачи.

Также заметим, что «перелом» тени наблюдаться не будет, если попадающие на палочку световые лучи и сама палочка будут лежать в одной вертикальной плоскости. В этом случае такая плоскость окажется плоскостью симметрии оптической системы, что делает невозможным отклонение тени ни в одну, ни в другую сторону от этой плоскости.

**Ответ.** Наблюдаемая на дне сосуда тень от палочки будет «переламываться» (кроме случаев, когда сама палочка и световой луч, освещающий точку пересечения палочкой поверхности воды, располагаются в одной и той же вертикальной плоскости).



**Задача 7.** Разложим приложенную силу 6 Н на составляющие вдоль линейки и перпендикулярно линейке.



Проекция приложенной силы на направление вдоль линейки составляет

$$F_x = 6 \text{ Н} \cdot \cos 60^\circ = 6 \text{ Н} \cdot \frac{1}{2} = 3 \text{ Н}.$$

Поскольку линейка жёсткая и не может менять свою длину, оба груза (гири) имеют одинаковые проекции ускорения вдоль направления линейки. Суммарная масса грузов составляет  $M = 3 \text{ кг}$ , проекция их ускорения на направление вдоль линейки равна

$$a_x = \frac{F_x}{M} = \frac{3 \text{ Н}}{3 \text{ кг}} = 1 \text{ м/с}^2.$$

Проекция приложенной силы на направление, перпендикулярное линейке, составляет

$$F_y = 6 \text{ Н} \cdot \sin 60^\circ = 6 \text{ Н} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 3\sqrt{3} \text{ Н}.$$

Линейка лёгкая, поэтому с каким бы линейным ускорением она ни двигалась и с каким бы угловым ускорением она ни двигалась, сумма всех сил, действующих на неё, равна нулю, и сумма всех моментов сил, действующих на неё, тоже равна нулю. Поперечная к линейке составляющая силы, с которой на неё действует груз 1 кг, равна по величине  $0,8 \cdot 3\sqrt{3} \text{ Н}$ , а поперечная составляющая силы, с которой на линейку действует груз массой 2 кг, равна  $0,2 \cdot 3\sqrt{3} \text{ Н}$ . По третьему закону Ньютона линейка действует на грузы с такими же, но противоположно направленными силами. Проекция ускорения груза массы 1 кг на направление поперёк линейки:

$$a_y = 0,8 \cdot \frac{3\sqrt{3} \text{ Н}}{1 \text{ кг}} = 2,4\sqrt{3} \text{ м/с}^2.$$

Полное ускорение груза массы 1 кг:

$$a = \sqrt{(a_x)^2 + (a_y)^2} = \sqrt{1^2 + (2,4\sqrt{3})^2} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = \sqrt{18,28} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \approx 4,28 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

**Задача 8.** Выясним, в каком состоянии азот находится в баллоне.

Предположим, что в газообразном. Как известно из школьной программы, 1 моль идеального газа при нормальных условиях (температуре 300 К и атмосферном давлении) занимает объём 22,4 л. Для получения объёма 1 л (то есть в 22,4 раза меньше) при том же давлении необходимо понизить температуру в 22,4 раза. Температуру

$$\frac{300 \text{ К}}{22,4} \approx 13,39 \text{ К} = (13,39 - 273,15) \text{ }^\circ\text{С} = -259,76 \text{ }^\circ\text{С}$$

явно меньше температуры кипения азота при атмосферном давлении<sup>4</sup>.

Аналогично, если предположить, что весь азот находится в газообразном состоянии (является идеальным газом) во втором случае (когда в баллоне находится 0,5 моль азота), необходимая для этого температура должна быть

$$\frac{300 \text{ К}}{0,5 \cdot 22,4} \approx 26,79 \text{ К} = (26,79 - 273,15) \text{ }^\circ\text{С} = -246,36 \text{ }^\circ\text{С}$$

То есть фактически в обоих случаях в баллоне часть азота находится в жидком состоянии при температуре кипения, а часть — в газообразном. При удалении из баллона 0,5 моль азота жидкий азот испарялся, превращаясь в газообразный. Поддерживаемая постоянной температура баллона соответствует температуре кипения азота при атмосферном давлении. Соответственно, во втором случае давление будет таким же, как и в первом:  $10^5$  Па.

Практическая реализация такого эксперимента не представляет сложностей. Для поддержания нужной температуры в баллоне достаточно поливать его снаружи кипящим жидким азотом при атмосферном давлении.

Отметим, что для решения задачи нам фактически было важно только установить, что во время всего процесса весь азот в баллоне не может находиться в газообразном состоянии. Поэтому увеличение объёма азота происходит за счёт фазового перехода. При этом если мы поддерживаем (по условию задачи) постоянной температуру фазового перехода, то и давление также меняться не будет.

**Ответ.**  $10^5$  Па.

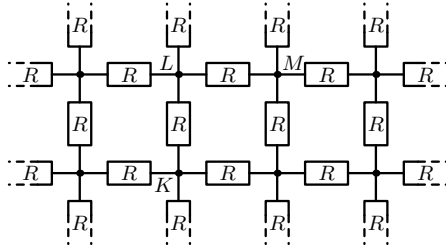
---

<sup>4</sup>Помнить точное значение температуры кипения азота при атмосферном давлении ( $77,4 \text{ К} = -195,75 \text{ }^\circ\text{С}$ ) не обязательно — полученная в ходе решения задачи оценка этой температуры оказывается меньше фактического значения с большим запасом.

**Задача 9.** Выберем какой-нибудь узел решётки и будем считать его координаты равными  $(0, 0)$ . Координатами остальных узлов  $(x, y)$  будем считать количество узлов, на которое нужно «отступить» на схеме от выбранного узла по горизонтали ( $x$ ) и вертикали ( $y$ ) соответственно.

Потенциал узла  $(x, y)$  будем обозначать  $U_{x,y}$ . Примем, что  $U_{0,0} = 0$ .

Электрическое сопротивление между узлом  $(0, 0)$  и любым другим узлом  $(i, j)$  будем обозначать  $R_{i,j}$ .



Обозначение  $R$  (без индексов) по-прежнему будем использовать для сопротивления всех резисторов схемы в соответствии с условием задачи.

Докажем, например, что

$$R_{2,1} = 2R_{1,1} - R_{1,0}$$

Доказав это и воспользовавшись данными из условия  $R_{1,0} = R/2$  и  $R_{1,1} = 2R/\pi$ , мы сможем найти  $R_{2,1}$  и тем самым выполнить предложенное задание.

Пусть в узел  $(0, 0)$  втекает извне ток  $I \neq 0$  и далее «растекается» по нашей схеме на бесконечность. Тогда для любого узла  $(i, j)$  выполняется соотношение

$$R_{i,j} = 2U_{i,j}/I.$$

В самом деле, рассмотрим другую ситуацию с нашей схемой: из узла  $(i, j)$  вытекает вовне ток  $I$ , «собирающийся» с бесконечности схемы. Эта ситуация аналогична предыдущей и отличается только выбором узла, направлениями тока и величиной потенциалов относительно бесконечности. Наложив обе описанные ситуации на нашу схему (пользуясь принципом суперпозиции), мы получим, что «растекающиеся на бесконечность» и «стекающиеся с бесконечности» токи взаимно компенсируются<sup>5</sup>, по схеме из узла  $(0, 0)$  в узел  $(i, j)$  течёт результирующий

<sup>5</sup>Нужно признать, что данное утверждение поясняет суть дела, но не является абсолютно строгим математически. Математически строгое описание ситуации с компенсацией токов на бесконечности требует дополнительных пояснений.

ток  $I$ , а потенциалы узлов  $(0, 0)$  и  $(i, j)$  отличаются от потенциала бесконечности на величины  $+U_{i,j}$  и  $-U_{i,j}$  соответственно, то есть разность потенциалов равна  $2U_{i,j}$ . Тогда по закону Ома  $I = 2U_{i,j}/R_{i,j}$ .

Заметим также, что в нашей схеме потенциал любого узла, в который не втекают (и не вытекают) никакие токи извне схемы, равен среднему арифметическому потенциалов четырёх соседних узлов, с которыми данный узел непосредственно соединён резисторами:

$$U_{i,j} = \frac{U_{i+1,j} + U_{i-1,j} + U_{i,j+1} + U_{i,j-1}}{4}$$

В самом деле, пусть из этого узла через резисторы, соединяющие этот узел с узлами  $(i+1, j)$ ,  $(i-1, j)$ ,  $(i, j+1)$  и  $(i, j-1)$ , текут токи  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  и  $I_4$  соответственно, тогда

$$U_{i+1,j} - U_{i,j} = RI_1$$

$$U_{i-1,j} - U_{i,j} = RI_2$$

$$U_{i,j+1} - U_{i,j} = RI_3$$

$$U_{i,j-1} - U_{i,j} = RI_4$$

Суммируя эти выражения, получим

$$U_{i+1,j} + U_{i-1,j} + U_{i,j+1} + U_{i,j-1} - 4U_{i,j} = R(I_1 + I_2 + I_3 + I_4) = R \cdot 0 = 0$$

С учётом ранее полученной формулы  $R_{i,j} = 2U_{i,j}/I$  получаем

$$R_{i+1,j} + R_{i-1,j} + R_{i,j+1} + R_{i,j-1} - 4R_{i,j} = 0$$

В частности, для  $i = 1$  и  $j = 1$  получаем:

$$R_{2,1} + R_{0,1} + R_{1,2} + R_{1,0} - 4R_{1,1} = 0$$

Ввиду симметрии  $R_{1,2} = R_{2,1}$  и  $R_{1,0} = R_{0,1}$ , откуда

$$2R_{2,1} + 2R_{1,0} - 4R_{1,1} = 0$$

то есть

$$R_{2,1} = 2R_{1,1} - R_{1,0}$$

Подставив из условия значения  $R_{1,0} = R/2$  и  $R_{1,1} = 2R/\pi$ , получим

$$R_{2,1} = 2 \frac{2R}{\pi} - \frac{R}{2} = \left( \frac{4}{\pi} - \frac{1}{2} \right) R$$

Более подробно с рассмотренным в задаче вопросом о расчёте электрических сопротивлений бесконечных решёток, составленных из резисторов, можно, например, в статье: Infinite resistive lattices. D. Atkinson and F. J. van Steenwijk. Am. J. Phys. 67 (6), June 1999, pp. 486–492 (на английском языке).

*Задания для конкурса по физике предложили и подготовили:*

Л. С. Булушова,  
С. Д. Варламов (№ 7, 8),  
А. К. Кулыгин,  
Д. Е. Щербаков (№ 4).

## Проверка и награждение

### Инструкция для проверяющих работы

За каждую задачу ставится одна из следующих оценок:

+! + +. ± +/2 ≠ −. − 0

Если в работе **нет никакого текста по данной задаче** — за эту задачу ставится оценка «0».

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

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

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

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

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

Одна из основных целей подробной шкалы оценок — «обратная связь» со школьниками — почти все они узнают свои оценки. Поэтому оценки нужно выбирать внимательно, даже тогда, когда выбор не влияет на итоговый результат. По этой же причине нужно оценивать в основном физику (и математику в той мере, в какой она необходима для решения конкретной задачи).

Грамматические ошибки **никак не учитываются**.

За опiski в формулах оценка по возможности ставится «+.» (но если это дальше привело к серьёзным проблемам — ставится более низкая оценка, тут ничего не поделаешь).

За арифметические ошибки (при верном подходе к решению) в основном ставится «+.» или «±» в зависимости от серьёзности последствий для дальнейшего хода решения. Если задача была именно на вычисления и в результате проблем с этими вычислениями получен принципиально неверный ответ — за это обычно ставится «+/2».

Разумеется, форма записи условия (в том числе отсутствие условия в работе), а также форма записи решения никак не должна влиять на оценку.

За верно угаданный (без дополнительных разъяснений) ответ из двух очевидных возможных вариантов ставится «±», из трёх и больше вариантов — «+/2».

Зачёркнутое верное решение учитывается также, как незачёркнутое.

Особенно внимательно относитесь к «ляпам» младших ( $\leq 7$  класса) школьников, которые только начали учиться физике (или даже ещё не начинали). Не судите их за это строго. Если понятно, что именно хотел сказать ребёнок, и это правильно — ставьте «+».

## Подведение итогов

При подведении итогов учитываются только решения задач своего и старших классов. Оценки за задачи, адресованные более младшим классам, чем класс, в котором учится участник, при подведении итогов никак не учитываются.

Оценка «е» (балл многоборья) ставилась в следующих случаях:

- класс не старше 6 и не менее 1 оценки не хуже  $+/2$
- класс не старше 8 и не менее 2 оценок не хуже  $+/2$
- класс не старше 10 и не менее 4 оценок не хуже  $+/2$
- класс не старше 11 и не менее 1 оценки не хуже  $\pm$
- класс не старше 11 и не менее 4 оценок не хуже  $+/2$ , среди которых не менее 1 оценки не хуже  $\pm$

Оценка «v» (грамота за успешное выступление в конкурсе по физике) ставилась в следующих случаях:

- класс не старше 6 и не менее 2 оценок не хуже  $+/2$
- класс не старше 7 и не менее 1 оценки не хуже  $\pm$
- класс не старше 11 и не менее 2 оценок не хуже  $\pm$

В случае, если поставлена оценка «v», оценка «е» не ставится.

## Статистика

Приводим статистику решаемости задач конкурса по физике. Такая статистика даёт интересную дополнительную информацию о задачах (и задании конкурса по физике в целом): насколько трудными оказались задачи, какие задачи оказались наиболее предпочтительными для школьников, и т. п.

В приведённой статистике учтены все работы по физике, сданные школьниками (в том числе и абсолютно нулевые). Школьники, не сдавшие работ по физике, в этой статистике не учтены.

Сведения о количестве школьников по классам, получивших грамоту по физике («v»), получивших балл многоборья («е»), а также общем количестве участников конкурса по физике (количестве сданных работ).

Класс	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Всего
Всего	0	3	6	18	88	428	2032	2756	2621	2118	2630	12701
«е»	0	0	0	2	16	44	64	1219	946	288	460	3039
«v»	0	1	2	3	36	195	731	127	195	49	91	1430

Сведения о количестве участников конкурса по классам и количестве решённых ими задач. При составлении таблицы решёнными считались задачи своего или более старшего класса, за которые поставлены оценки «+!», «+», «+.» и «±». Две оценки « $+/2$ » за задачи своего или

старшего класса при составлении таблицы условно отмечались как одна решённая задача.

Класс	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0 задач	0	2	4	15	52	233	1237	1410	1143	1609	1982
1 задача	0	1	2	3	33	173	702	1089	1062	426	538
2 задачи	0	0	0	0	3	19	80	224	340	70	89
3 задачи	0	0	0	0	0	3	13	31	66	11	20
4 задачи	0	0	0	0	0	0	0	2	6	2	1
5 задач	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
6 задач	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7 задач	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8 задач	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
9 задач	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Сведения о распределении оценок по задачам. Оценки «+!», «+», «+.<sub>.</sub>», «±» и «+<sup>2</sup>» считались как по классам, для которых рекомендована задача, так и по младшим классам; оценки « $\mp$ », «-.<sub>.</sub>», «-» и «0» считались только по классам, соответствующим задаче.

Оценка	Номера задач // количество участников								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
+!	1	0	1	0	0	1	0	0	0
+	2437	22	16	381	10	22	35	4	4
+.	91	17	11	79	1	7	4	1	2
±	334	164	140	495	114	155	64	38	9
+ <sup>2</sup>	1128	1911	1857	1158	70	553	349	57	12
$\mp$	818	805	939	914	729	929	259	183	44
-.	161	330	338	428	133	121	143	100	37
-	2045	3134	4069	3062	3174	2982	1610	2284	987
0	867	1470	2194	3696	3144	2644	4909	2095	3655
Всего	7882	7853	9565	10213	7375	7414	7373	4762	4750



# Конкурс по химии

## Задания

В скобках после номера задачи указаны классы, которым эта задача рекомендуется. Ученикам 8 класса предлагается решить 1–3 задачи, ученикам 9–11 классов — 2–4 задачи. Можно решать и задачи старших классов. Если вы младше 8 класса, но уже изучаете химию, то можно решать задачи для 8 класса (и для более старших классов). Решённые задачи класса младше своего не влияют на оценку.

1. (8) Где содержится больше атомов — в 1 г оксида углерода(IV) или в 1 г оксида фосфора(III) и во сколько раз?
2. (8–9) Некоторое количество оксида меди  $\text{CuO}$  поместили в стеклянную трубку, и при нагревании пропускали над ним газообразный водород. В результате реакции масса вещества в трубке уменьшилась на 12,8 г. Определите массу оксида меди, взятого для реакции, если известно, что реакция прошла полностью. Напишите уравнение реакции.
3. (8–10) В водном растворе азотной кислоты количество атомов водорода равно количеству атомов кислорода. Определите:
  - а) соотношение количеств вещества (числа молей) кислоты и воды в таком растворе;
  - б) массы кислоты и воды, содержащиеся в 100 г такого раствора.
4. (9–10) Студент провёл качественный анализ пяти прозрачных водных растворов на катионы и анионы и определил, что растворы содержат следующие ионы (в количествах, существенно превышающих «фоновое» содержание этих ионов в использованной для приготовления растворов дистиллированной воде):

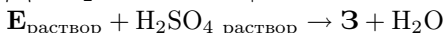
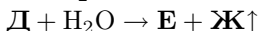
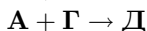
№ раствора	обнаруженные ионы
1	$\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Na}^+$ , $\text{H}^+$ , $\text{NO}_3^-$
2	$\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Na}^+$ , $\text{OH}^-$ , $\text{NO}_3^-$
3	$\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Ba}^{2+}$ , $\text{H}^+$ , $\text{SO}_4^{2-}$
4	$\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Ba}^{2+}$ , $\text{Cl}^-$
5	$\text{Al}^{3+}$ , $\text{Na}^+$ , $\text{Cl}^-$ , $\text{CO}_3^{2-}$

Заглянув в полученные результаты, его друг сразу обнаружил ошибки и посоветовал повторить анализ. Почему он сделал такой вывод? Про какие из пяти растворов можно утверждать, что они проанализированы неверно? Ответ объясните.

5. (9–10) При обработке 5,00 г сплава, состоящего из двух металлов, избытком раствора NaOH выделилось 2,69 л газа (н. у.), а масса навески сплава уменьшилась на 2,16 г. Остаток полностью растворился в соляной кислоте, при этом выделилось 1,084 л газа (н. у.). Из каких металлов может состоять сплав? Приведите уравнения упомянутых реакций.

6. (10–11) Водный раствор нитрата серебра массой 100,0 г с массовой долей 5% подвергли электролизу. Процесс прекратили, когда на катоде выделилось 5,6 л газа (н. у.). Определите массу раствора по окончании электролиза. Напишите уравнения реакций. (Использованные электроды изготовлены из инертного материала, никаких химических реакций, не связанных с процессом электролиза, на них не происходит.)

7. (9–11) Расшифруйте схему превращений и определите вещества **А**, **Б**, **В**, **Г**, **Д**, **Е**, **Ж**, **З**, учитывая, что **А**, **Б** и **Г** — простые вещества.



8. (11) При нагревании 3,6 г *n*-пропанола с серной кислотой (140 °С) было получено два органических вещества и 0,65 г воды.

а) Какие органические вещества образовались?

б) Рассчитайте их массы.

9. (11) Ароматическое соединение **А**, имеющее брутто-формулу  $\text{C}_9\text{H}_{10}\text{O}_2$ , нагрели в водном растворе гидроксида натрия, при этом выделено два продукта — вещество **Б** и этиловый спирт. При сплавлении **Б** с гидроксидом натрия получено вещество **В** и карбонат натрия.

а) Расшифруйте вещества **А**, **Б**, **В**, напишите уравнения проведённых реакций.

б) Предложите схему получения вещества **А** из вещества **В** с использованием только неорганических реагентов. Напишите уравнения реакций всех промежуточных стадий, укажите условия их проведения.

*Вместе с заданиями конкурса по химии участникам турнира также выдавались справочные материалы: таблица Менделеева, таблица растворимости и электрохимический ряд напряжений.*

## Решения

**Задача 1.** Формула оксида углерода(IV) —  $\text{CO}_2$ , оксид фосфора(III) имеет формулу  $\text{P}_2\text{O}_3$ .

Молярная масса  $\text{CO}_2$  составляет<sup>6</sup>  $12 + 16 \cdot 2 = 44$  (г/моль), а молярная масса  $\text{P}_2\text{O}_3$  равна  $31 \cdot 2 + 16 \cdot 3 = 110$  (г/моль).

Число молей в 1 грамме:

$$\nu(\text{CO}_2) = \frac{1}{44} \text{ моль}, \quad \nu(\text{P}_2\text{O}_3) = \frac{1}{110} \text{ моль}.$$

Тогда число молекул  $\text{CO}_2$  в 1 грамме равно  $N_A \cdot \frac{1}{44}$  моль. Число молекул  $\text{P}_2\text{O}_3$  в 1 грамме равно  $N_A \cdot \frac{1}{110}$  моль.

$N_A$  — это число Авогадро, означает количество молекул любого вещества в одном моле этого вещества<sup>7</sup>.

Общее число атомов (С и О) в 1 грамме  $\text{CO}_2$  равно  $3 \cdot N_A \cdot \frac{1}{44}$  моль (так как в молекуле  $\text{CO}_2$  — три атома), а общее число атомов (Р и О) в 1 грамме  $\text{P}_2\text{O}_3$  составляет  $5 \cdot N_A \cdot \frac{1}{110}$  моль (так как в молекуле  $\text{P}_2\text{O}_3$  пять атомов).

Теперь найдём соотношение числа атомов:

$$\frac{3 \cdot N_A \cdot \frac{1}{44} \text{ моль}}{5 \cdot N_A \cdot \frac{1}{110} \text{ моль}} = \frac{3/44}{5/110} = 1,5.$$

**Ответ:** в 1 г оксида углерода(IV) содержится в 1,5 раза больше атомов, чем в 1 г оксида фосфора(III).

---

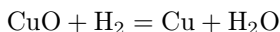
<sup>6</sup>Здесь числа 12, 16 и 31 — это молярные массы углерода, кислорода и фосфора, они взяты из соответствующих клеточек таблицы Менделеева — она была напечатана на обороте листочка с заданиями по химии.

Заметим, что разные атомы одного и того же химического элемента могут иметь разную массу. В таблице Менделеева приводится значение массы одного моля атомов с учётом распространённости таких атомов в природе.

<sup>7</sup>Для справки:  $N_A = 6,02214129 \dots \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}$ .

В процессе решения данной задачи  $N_A$  сокращается и в окончательный ответ не входит, поэтому использовать значение  $N_A$  в вычислениях не нужно.

**Задача 2.** Оксид меди взаимодействует с кислородом по реакции



При этом медь остаётся в трубке, а вода полностью испаряется (для протекания реакции требуется нагревание до температуры больше  $100^\circ\text{C}$ ).

Масса вещества в трубке уменьшилась на массу кислорода, который при восстановлении меди перешёл в воду.

$$m(\text{O}) = 12,8 \text{ г}, \quad \nu(\text{O}) = \frac{m(\text{O})}{M(\text{O})} = \frac{12,8 \text{ г}}{16 \text{ г/моль}} = 0,8 \text{ моль}$$

В  $\text{CuO}$  количество молей кислорода равно количеству молей всего исходного оксида меди, тогда  $\nu(\text{CuO}) = 0,8$  моль и

$$m(\text{CuO}) = \nu(\text{CuO}) \cdot M(\text{CuO}) = 0,8 \text{ моль} \cdot (63,55 + 16) \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 63,64 \text{ г}$$

**Ответ:** для реакции было взято 63,64 г оксида меди.

(При разной точности взятого значения молярной массы меди возможны результаты от 63,5 г до 64,0 г — все они признаются верными.)

**Задача 3.** Пусть в растворе содержится  $x$  моль  $\text{H}_2\text{O}$  и  $y$  моль  $\text{HNO}_3$ .

количество молей атомов водорода:  $2x + y$

количество молей атомов кислорода:  $x + 3y$

По условию эти количества равны, то есть  $2x + y = x + 3y$ , откуда  $x = 2y$ . Соотношение количеств веществ в растворе 1 : 2 (на 1 моль азотной кислоты приходится 2 моля воды).

2 моля воды — это 36 г, 1 моль азотной кислоты — это 63 г. В сумме это 99 г. Если пересчитать на 100 г (умножением на  $100/99 \approx 1,01$ ), получим 36,36 г воды и 63,63 г азотной кислоты.

**Ответ.** а) Соотношение количеств веществ  $\text{HNO}_3$  и  $\text{H}_2\text{O}$  в растворе составляет 1 : 2.

б) В 100 г раствора содержится 36,36 г  $\text{H}_2\text{O}$  и 63,63 г  $\text{HNO}_3$ .

(Приблизительный ответ — 36 г воды и 63 г азотной кислоты — принимается в качестве правильного.)

**Задача 4.** Поскольку водные растворы прозрачны, это означает, что в них не должно образовываться никакого осадка.

Но во втором растворе обнаружены одновременно ионы  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{OH}^-$ , а они образуют  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ , который выпадает в осадок.

Аналогично, в третьем растворе ионы  $\text{Ba}^{2+}$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  образуют нерастворимый  $\text{BaSO}_4$ .

В пятом растворе сосуществуют  $\text{Al}^{3+}$  и  $\text{CO}_3^{2-}$ ; в таблице растворимости указано, что карбонат алюминия, который мог бы получиться при соединении этих ионов, не существует. Это связано с тем, что как ионы алюминия, так и карбонат-ионы в водных растворах могут гидратироваться, причём области их устойчивого существования не перекрываются, поэтому существовать одновременно они не могут. В пятом растворе должен выпасть осадок гидроксида алюминия.

Таким образом, в растворах № 2, 3 и 5 выпадают осадки, и эти растворы не могут быть прозрачными. Следовательно, они проанализированы ошибочно.

Некоторые участники писали, что ион меди имеет синюю окраску, и поэтому раствор не может быть прозрачным. Это неверно. В этом случае раствор не может оставаться бесцветным, но вполне может быть прозрачным (вспомните хотя бы о существовании прозрачного цветного стекла).

Кроме того, участники часто писали, что в растворах нарушена электронейтральность, так как не совпадает количество катионов и анионов. Это тоже неверно. Был проведён только качественный анализ, поэтому мы не знаем количеств ионов в растворах. Электронейтральность обеспечивается одинаковыми суммарными концентрациями положительно и отрицательно заряженных ионов, но не равным числом их видов.

**Задача 5.** Предположим, что и в первом, и во втором случае выделяется газообразный водород<sup>8</sup>.

Определим эквивалент<sup>9</sup> первого металла.

$$M_{eq\ 1} = \frac{11,2 \text{ л/моль}}{2,69 \text{ л}} \cdot 2,16 \text{ г} \approx 8,99 \dots \frac{\text{г}}{\text{моль}} \approx 9 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

При степенях окисления +1 и +2 подходящих по молярной массе и химическим свойствам металлов нет. При степени окисления +3 молярная масса металла  $M_1 = 3 \cdot M_{eq\ 1} = 27 \text{ г/моль}$ , это алюминий.

---

<sup>8</sup>Такое предположение достаточно естественно для использованных реагентов. Для ответа на вопрос задачи «Из каких металлов *может* состоять сплав?» нам достаточно привести пример. Анализировать другие варианты, которые могли бы соответствовать условию задачи, не требуется.

<sup>9</sup>Используемое в расчётах условное «вещество», эквивалентное катиону водорода в рассматриваемой реакции.

В решении данной задачи понятие эквивалента использовать не обязательно, можно просто рассмотреть разные степени окисления.

Аналогично определяем второй металл

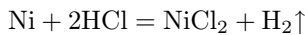
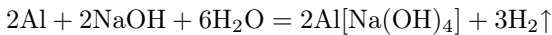
$$M_{eq\ 2} = \frac{11,2 \text{ л/моль}}{1,084 \text{ л}} \cdot (5,00 - 2,16) \text{ г} \approx 29,34 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

При степени окисления +2 подходит никель, имеющий молярную массу  $M_2 = 2 \cdot M_{eq\ 2} = 58,69 \text{ г/моль}$  и подходящие химические свойства.

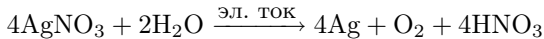
Сплав никеля с алюминием применяется для получения «никеля Ренея» — катализатора гидрирования, причём именно таким образом, как описано в задаче: алюминий растворяют в щёлочи, а никель с развитой поверхностью остаётся.

Кобальт, который практически невозможно отличить от никеля по молярной массе, также считался правильным ответом.

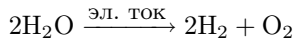
Уравнения реакций:



**Задача 6.** Уравнение электролиза нитрата серебра в водном растворе:



На катоде при этом газ не выделяется. Выделение газа на катоде означает, что нитрат серебра полностью израсходовался и началось разложение воды. Уравнение разложения (электролиза) воды:



Определим массу серебра и кислорода (первая часть электролиза, газа на катоде нет, нитрат серебра расходуется полностью):

$$m(\text{Ag}) = m(\text{AgNO}_3) \frac{M(\text{Ag})}{M(\text{AgNO}_3)} = 100 \text{ г} \cdot 0,05 \cdot \frac{108 \text{ г/моль}}{170 \text{ г/моль}} \approx 3,18 \text{ г}$$

$$m(\text{O}_2) = \frac{1}{4} m(\text{AgNO}_3) \frac{M(\text{O}_2)}{M(\text{AgNO}_3)} = \frac{1}{4} \cdot 100 \text{ г} \cdot 0,05 \cdot \frac{32 \text{ г/моль}}{170 \text{ г/моль}} \approx 0,24 \text{ г}$$

Расчёт массы разложившейся на кислород и водород воды:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = \nu(\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{H}_2\text{O}) = \frac{5,6 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} \cdot 18 \text{ г/моль} = 4,5 \text{ г}$$

Масса раствора в результате электролиза уменьшилась на массу серебра, кислорода и воды

$$m_{\text{р-ра}} = (100 - 3,18 - 0,24 - 4,5) \text{ г} = 92,08 \text{ г}$$

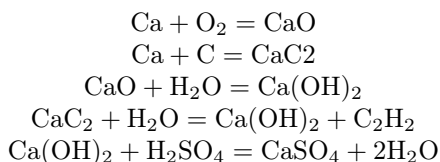
**Ответ:** масса раствора по окончании электролиза 92,08 г.

**Задача 7.** В этой задаче возможно несколько правильных решений. Приведём одно из них: **A** = Li, **B** = O<sub>2</sub>, **Г** = N<sub>2</sub>.

Тогда **B** = Li<sub>2</sub>O, **Д** = Li<sub>3</sub>N, **Е** = LiOH, **Ж** = NH<sub>3</sub>, **З** = Li<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Другой пример правильного решения: **A** = Ca, **B** = O<sub>2</sub>, **Г** = C;  
**B** = CaO, **Д** = CaC<sub>2</sub>, **Е** = Ca(OH)<sub>2</sub>, **Ж** = C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, **З** = CaSO<sub>4</sub>.

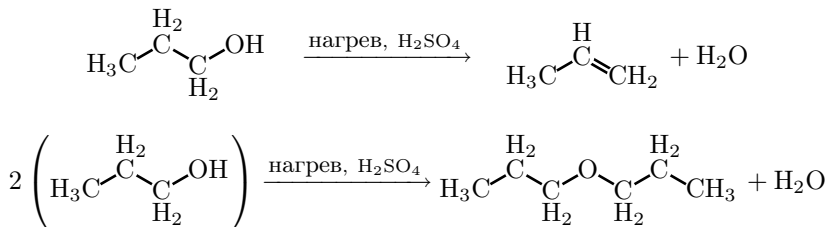
Запишем уравнения реакций для второго случая.



Варианты решений с умеренными ошибками оценивались промежуточным числом баллов, в зависимости от конкретной ошибки.

Примерами таких решений является **A** = Na или K, так как при окислении эти металлы не дают оксидов; **Г** = H<sub>2</sub>, так как тогда **Ж** — тоже водород, а разные буквы должны обозначать разные вещества; **Г** = S и **Ж** = H<sub>2</sub>S, так как сульфиды щелочных металлов не разлагаются водой, хотя и частично гидролизуются в растворах, а сульфиды тяжёлых металлов как правило в воде не растворяются.

**Задача 8.** При нагревании спирта с серной кислотой реакция может идти по двум направлениям в зависимости от температуры — с образованием алкена (при более сильном нагревании) или простого эфира (при умеренном нагревании). В данном случае при промежуточной температуре реализуются оба направления.



Таким образом, продукты реакции представляют собой пропен и ди(н-пропиловый) эфир.

Количество исходного спирта составляет 0,06 моль, количество образовавшейся воды 0,036 моль.

Пусть  $x$  моль — количество пропанола, превратившегося в пропен, и  $y$  моль — количество пропанола, превратившегося в дипропиловый эфир (тогда количество образовавшегося эфира  $0,5y$  моль).

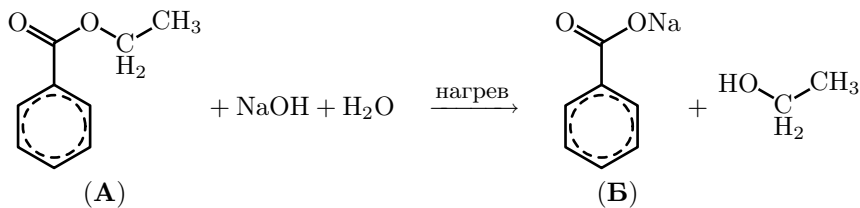
$$\begin{cases} x + y = 0,06 \\ x + \frac{y}{2} = 0,036 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{y}{2} = 0,06 - 0,036 = 0,024 \\ x = 0,036 - 0,024 = 0,012 \end{cases}$$

Масса 0,012 моль пропена составляет 0,504 г; масса 0,024 моль ди(н-пропилового) эфира составляет 2,448 г.

**Ответ:** образовалось 0,504 г пропена и 2,448 г ди(н-пропилового) эфира.

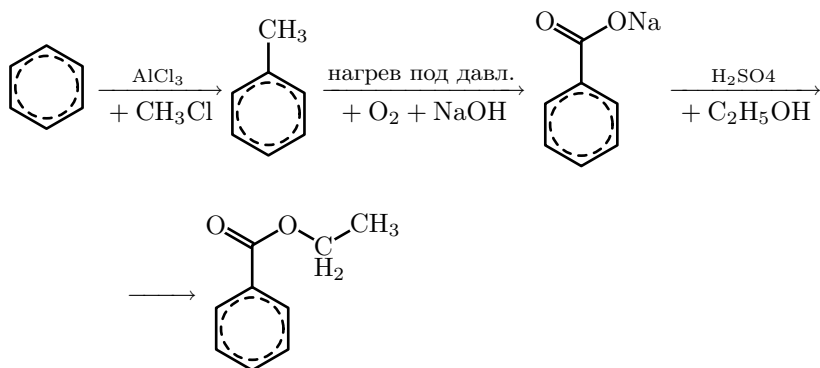
### Задача 9.

- а) **А** = этиловый эфир бензойной кислоты (этилбензоат),  
**Б** = бензоат натрия,  
**В** = бензол.

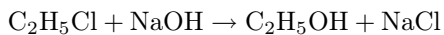
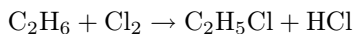
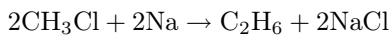
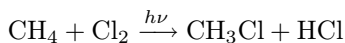
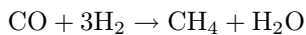




б) Пример схемы получения этилбензоата из бензола.



Получение использованных в этой схеме органических реагентов из неорганических (по условию задачи в качестве исходных требуется использовать только неорганические реагенты):



*Задания для конкурса по химии предложили и подготовили:*  
С. В. Луцкеина, З. П. Свитанько.

## Критерии оценивания и награждения

Решение каждой задачи оценивается целым неотрицательным числом баллов в соответствии с нижеприведёнными критериями.

### *Задача 1.*

Решение с пояснением и с ответом — 8 баллов.

(Если полного решения нет, но есть пояснения — до 4 баллов.)

«Количество молекул пропорционально количеству молей» или «соотношения количества молей в 1 г обратно пропорционально отношению молярных масс» — 2 балла.

« $\text{CO}_2$  — 3 атома в молекуле,  $\text{P}_2\text{O}_3$  — 5 атомов, это даёт соотношение 3 : 5» — 2 балла.

*Всего 8 баллов.*

### *Задача 2.*

Уравнение реакции — 2 балла.

Расчёт и ответ — 6 баллов.

*Всего 8 баллов.*

### *Задача 3.*

Расчёт молярного отношения кислоты и воды — 4 балла.

(Только ответ без объяснения, откуда он взялся — 2 балла.)

Расчёт масс кислоты и воды — 6 баллов.

*Всего 10 баллов.*

### *Задача 4.*

Гидроксид меди  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  выпадает в осадок — 2 балла.

Сульфат бария  $\text{BaSO}_4$  выпадает в осадок — 2 балла.

$\text{Al}^{3+}$  и  $\text{CO}_3^{2-}$  образуют осадок гидроксида алюминия — 4 балла

(если указано только, что карбонат алюминия не существует, или что он сам и выпадает в осадок — до 2 баллов.)

Верный набор неправильно проанализированных растворов — +2 балла.

*Всего 10 баллов.*

### *Задача 5.*

Определение алюминия на основе расчёта (или подтверждённое расчётом) — 4 балла.

Определение никеля (или кобальта) — 4 балла

(если второй металл определён как железо — 2 балла).

Реакция Al со щёлочью — 2 балла.

Реакция Ni (Co) с кислотой — 1 балл.

*Всего 11 баллов.*

*Задача 6.*

Уравнение электролиза нитрата серебра — 3 балла.

Уравнение электролитического разложения воды — 1 балл.

Расчёт масс продуктов при электролизе нитрата серебра — 5 баллов.

Расчёт массы разложившейся воды — 2 балла.

Расчёт массы конечного раствора — 3 балла.

*Всего 14 баллов.*

*Задача 7.*

Полное правильное решение задачи — 12 баллов

(условно вещества А, Б и Г — по 2 балла; В, Д, Е, Ж и З — по 1 баллу; полное решение — дополнительно +1 балл).

Варианты решений с умеренными ошибками оценивались промежуточным числом баллов, в зависимости от конкретной ошибки.

*Всего 12 баллов.*

*Задача 8.*

Пропен — 2 балла.

Ди(н-пропиловый) эфир — 2 балла.

Расчёт — 6 баллов.

*Всего 10 баллов.*

*Задача 9.*

Вещества А, Б, В по 2 балла (при наличии написанных уравнений реакций) — 6 баллов.

Получение этилбензоата при наличии способа получения всех реагентов — 8 баллов.

*Всего 14 баллов.*

Оценки «е» (балл многоборья) и «v» (грамота за успешное выступление на конкурсе по химии) ставились в соответствии с таблицей (нужно было набрать сумму баллов не менее указанной в таблице, учитываются только результаты по задачам своего и более старших классов).

Класс	«е» (балл многоборья)	«v» (грамота)
5 и младше	—	1
6	1	2
7	2	3
8	2	4
9	8	10
10	8	12
11	12	16

В случае, если поставлена оценка «v», оценка «е» не ставится.

## Статистика

Сведения о количестве школьников по классам, получивших грамоту по химии («v»), получивших балл многоборья («e»), а также общем количестве участников конкурса по химии (сданных работ).

Класс	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Всего
Всего	0	3	4	3	10	68	112	960	1658	1357	1110	5285
«e»	0	0	0	0	0	5	5	92	114	136	104	456
«v»	0	0	0	0	2	4	5	89	308	332	280	1020

Сведения о распределении баллов по заданиям.

Оценки «-» (участник не приступал к решению задачи) учтены только за задачи своего класса. Остальные оценки учтены только за задачи своего и старших классов.

Баллы	Номера заданий / количество участников								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-	61	1240	2297	1241	2474	1257	1647	352	492
0	922	475	940	941	349	752	1248	298	240
1	46	21	36	41	22	58	145	10	8
2	59	502	105	164	29	54	228	230	54
3	12	29	34	35	22	173	74	12	52
4	7	34	120	360	23	54	274	185	37
5	1	22	23	18	21	77	94	6	12
6	7	22	63	114	17	31	124	17	110
7	0	25	22	9	3	10	21	17	8
8	16	283	85	48	19	15	19	13	18
9			31	13	6	14	52	8	19
10			250	106	15	9	17	117	26
11					45	8	5		5
12						11	234		22
13						10			9
14						47			89
Всего	1070	1413	1709	1849	571	1323	2535	913	709

Сведения о распределении суммы баллов по классам.

Знаками «e» и «v» в таблице показаны границы соответствующих критериев награждения.

Сумма баллов	Количество участников по классам с такой суммой											Всего
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
0	0	3	4	3	8	59	97	744	635	479	268	2300
1	v 0	v 0	v 0	v 0	v 2	e 5	5	35	38	47	19	151
2	0	0	0	0	0	v 2	e 5	e 75	343	90	104	619
3	0	0	0	0	0	0	v 0	17	44	33	40	134
4	0	0	0	0	0	0	0	v 20	83	117	81	301
5	0	0	0	0	0	0	0	5	30	35	30	100
6	0	0	0	0	0	0	0	10	46	68	55	179
7	0	0	0	0	0	0	0	2	17	20	36	75
8	0	0	0	0	0	1	4	11	e 100	e 44	29	189
9	0	0	0	0	0	0	1	0	14	30	22	67
10	0	0	0	0	0	0	0	7	v 35	49	19	110
11	0	0	0	0	0	0	0	2	15	13	23	53
12	0	0	0	0	0	1	0	4	33	v 42	e 29	109
13	0	0	0	0	0	0	0	2	15	23	22	62
14	0	0	0	0	0	0	0	2	18	36	26	82
15	0	0	0	0	0	0	0	4	13	19	27	63
16	0	0	0	0	0	0	0	6	31	32	v 26	95
17	0	0	0	0	0	0	0	1	9	13	16	39
18	0	0	0	0	0	0	0	4	28	16	20	68
19	0	0	0	0	0	0	0	1	11	12	19	43
20	0	0	0	0	0	0	0	4	17	15	11	47
21	0	0	0	0	0	0	0	1	5	9	9	24
22	0	0	0	0	0	0	0	0	17	11	15	43
23	0	0	0	0	0	0	0	0	4	13	9	26
24	0	0	0	0	0	0	0	1	6	7	9	23
25	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	5	14
26	0	0	0	0	0	0	0	0	6	3	11	20
27	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10	7	18
28	0	0	0	0	0	0	0	1	3	5	12	21
29	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7	11	19
30	0	0	0	0	0	0	0	1	1	6	8	16
31	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	6	12
32	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	6	18
33	0	0	0	0	0	0	0	0	7	2	7	16
34	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	4	8
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6
37	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	7	14
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6	10
39	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	10	13
40	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3	5
41	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	5
42	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	5
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	4
44	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	3	6
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
> 45	0	0	0	0	0	0	0	0	8	20	22	50

# 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).

Задания, отмеченные звёздочкой (\*), жюри считает сравнительно более сложными; оцениваться они также будут выше.

**1\***. Постройте короткую цепь из звеньев «ученик→учитель», которая начинается с Давида Гильберта (1862–1943), а кончается вами. Укажите для каждого звена: кто и чему научился у своего учителя. Если учение происходило через книгу, то укажите (точно или примерно) её название, год издания и содержание.

**2**. Кто носил в 1812 году титул Князя Московского? Каковы были важнейшие достижения этого человека в 1812 году и после того? С какой профессии началась его жизнь — и чем она завершилась?

**3**. Один из героев Шекспира впервые ввёл в обращение монеты в 1 фунт и в 1 шиллинг. В какой пьесе действует этот человек? Как его зовут в пьесе? Какие монеты обращались в Англии раньше?

**4\***. План наступления Вермахта в 1942 году предусматривал захват ресурсов Юга России и Прикавказья — до Баку. Зачем и по чьей инициативе был нанесён удар по Сталинграду? Какую прежнюю ошибку российского руководства нечаянно повторили при этом немцы? Каковы были последствия той ошибки? Как были к ней причастны Жуков и Василевский? Кто были их германские противники в сходных должностях — в 1941 и 1942 годах?

**5\***. Одним из открытий историка и философа Л. Н. Гумилёва была примерно четырёхвековая *периодичность* в развитии любого крупного этноса и его державы. Если вы — сторонник этой теории, то приведите 2–3 хорошо известных примера таких «повторений» в российской или всемирной истории. Если вы — противник модели Гумилёва, то приведите соответствующий контрпример — и дайте ему иное объяснение.

**6.** Пять веков назад в «самиздате» появилась книга Макиавелли «Государь». Каких монархов древности и современности автор ставил в пример своим современникам или потомкам? Кто из позднейших монархов сознательно подражал героям книг Макиавелли?

**7.** В феврале 2012 года была отмечена годовщина смерти святого Гермогена. Какими подвигами он прославился? Кто были его виднейшие коллеги, союзники и противники?

**8\*.** Известно, что город Константинополь был назван в честь императора Константина. А какого Константина называли в честь города Константинополя? Кто, когда и зачем это сделал? Что вышло из этого проекта?

**9.** Халиф Гарун ар-Рашид подарил слона Карлу Великому. Но ведь Карл много воевал с мусульманами! Как можно объяснить это противоречие?

**10.** В нынешнем (2012) году некоторые историки предложили отметить 1150-летие Руси. С какого события они предлагают начать историю Руси? Откуда мы знаем дату этого события, и насколько она точна? Почему одни историки Новгорода утверждают, что этот город ещё не существовал в 9 веке, а другие учёные растянули новгородскую хронологию до 8 века?

**11.** Найдите исторические ошибки в тексте. Нужно составить список указанных в тексте событий (фактов), которые на самом деле происходили или не тогда, или не там, или не так, как описано в тексте, и объяснить, как, где и с кем они происходили (или почему их вообще не могло быть).

## **Ты первый обогнул меня. . .**

Хмурым осенним днём 1520 года последний уцелевший корабль испано-португальской экспедиции вошёл в родную гавань Лишбоа. Тридцать измождённых моряков довели старушку «Викторию» до победного конца, обогнув страшный мыс Бурь и благодатный Зелёный Мыс. Как радостно было мореходам увидеть там две знакомые статуи: Бартоломеу Диаша, указующего европейцам путь в Индию, и принца Энрике Браганца — там, где берег Африки поворачивает на север, перейдя экватор. А теперь корабелов приветствует святой Себастиан — покровитель капитана уцелевшей «Виктории» . . .

Увы: на её борту нет вождя великой экспедиции! Дон Гонсальво Магеллан погиб в случайной стычке с дикарями у подножья вулкана Мауна-Кеа на неведомом прежде острове Минданао. Нелепая смерть предводителя обратила победу в поражение: распря между кастильцами и португальцами разделила экипажи судов, и они не поплыли дальше на север — в страну Чин, к потомкам хана Хубилая. Вместо этого корабли разделились. Гордый кастилец Хуан де Картахена повёл «Сан Антонио» в Панаму по знакомому обратному пути, а португалец Себастьян эль-Кано решил пробраться в Европу в обход турецких владений в Индии. Это удалось сыновьям Лузитании; теперь капитан Эль-Кано ждёт встречи со своим монархом во дворце Вальядолид.

Встреча будет — но с другими участниками. Год назад умер король Мануэль Счастливый, и престол достался его сыну — Жуану 3, который не любит море и не верит в имперский идеал. Лишённый поддержки португальцев на море, кастилец Карл 1 увлёкся европейскими делами. Он теперь воюет с французами в Италии и надеется, войдя в Рим, получить от папы Льва Медичи корону Римской империи. Только что испанцы взяли в плен короля Франциска 2 — после того, как испанская артиллерия расстреляла в упор лучших рыцарей Франции под стенами Падуи. Ясно, что теперь испанскому королю не до заморских плаваний! Умер и старый адмирал Колон — вскоре после того, как он проводил корабли Магеллана в западное море.

Кто же из европейских монархов поддержит заморскую экспансию пиренейских мореходов? Немцы погрязли в религиозных спорах; французы и испанцы увязли в Италии; венецианцы с австрийцами едва сдерживают натиск турок на суше и на море. Только Англия свободна от континентальных хлопот. Не поможет ли молодой Генрих 8 старому моряку Себастьяну повторить подвиг Магеллана — и достичь по морю тех краёв, куда Марко Поло добирался по суше? Надо уговорить короля Генриха! И не важно, чья статуя будет потом встречать моряков в гавани Шанхая: императора Чжу-ди, короля Генриха Ланкастера или капитана Эль-Кано. Главное, чтобы этой статуе было кого приветствовать!

**12.** Найдите исторические ошибки в тексте. Нужно составить список указанных в тексте событий (фактов), которые на самом деле происходили или не тогда, или не там, или не так, как описано в тексте, и объяснить, как, где и с кем они происходили (или почему их вообще не могло быть).



## Хитрый старый Фриц

В тёплый августовский день 1773 года старый король Фриц получил важную весть с востока: войска его лучшей ученицы — Софии Анны фон Анхальт-Цербст — перешли Дунай и разбили турок у озера Кагул. Отличная новость! Преемница царя Петра решилась наконец встать твёрдой ногою на Чёрном море — а не только на Балтике, где Пётр сделал всё необходимое. Но Пётр не сумел подчинить себе Данию — и вот, проливы из Балтики в Атлантику открываются для русских судов, только если с этим согласен Лондон. А Вильям Питт согласия не даёт: его купцы не хотят наплыва дешёвых русских товаров на все рынки Европы. Англии же хватает сырья из её американских колоний; Францию она готова задушить морской блокадой, между делом захватив её заморские владения. . .

Ах, как глупо поспешил король Фриц десять лет назад — когда начал Европейскую войну, не договорившись с русскими правителями о разделе Польши и Прибалтики! Ведь тогда молодая София Анна была ещё далека от власти — а её тётка Елизавета заигрывала с Францией, чтобы сделать Лондон уступчивее. В итоге русские войска не помогли, а помешали прусским дивизиям в дележе Польши и Германии. Даже по Берлину ездили русские казаки! Это зрелище старый Фриц не забудет до конца своих дней — и всё сделает для того, чтобы казаки впредь ездили лишь по Варшаве, Вене или Стамбулу!

Для этого Берлину нужен крепкий союз с Петербургом. Старый Фриц уже сделал первый шаг, отпустив в Россию математика Эйлера. Новой царице этого мало: она пригласила к себе Вольтера и Дидро, чтобы не уступать Франции на ниве Просвещения. Верно поступает русская немка! Сам Фриц так действовал в молодые годы — и Пруссия получила хорошо образованное дворянство. Когда его получит Россия — тогда русские войска смогут дойти и до Парижа. Жаль, что Фридриху этого не видать! А пока София Анна просит у него много немецких колонистов, чтобы Поволжье заселялось не только казаками и греками. Разумная предосторожность: ведь казаки умеют свергать правителей не хуже, чем это делают янычары. Потому всякий враг России мечтает о таком бунте казаков, который повторит давнее Смутное время. . . Не готовит ли сейчас похожую интервенцию хитрый Питт из Лондона? И не готовят ли встречную интервенцию французские агенты в простоватой деревенской Америке?

То и другое возможно — хотя не дальновидно! Ведь стоит казакам восстановить независимую Украину, как их держава в союзе с Крымом

разорит Польшу раньше, чем Московию! А стоит американским колонистам отделиться от Лондона, как их пример соблазнит гугенотов на юге Франции. И пойдёт её Юг против Севера, как было в Столетнюю войну! Тогда Париж вытащили из Смуты воеводы-бретонцы и пророчица с германской границы. Неужели в следующий раз парижан спасут воеводы-корсиканцы? А мятеж казаков в Поволжье укротит немецкий полковник на русской службе? Ведь бывало подобное при царе Петре!

Ох, беда старому королю от его нестареющего воображения! И невдомёк ему, что жуткая реальность превзойдёт буйную фантазию. Всего два года назад на Корсике родились те полководцы, что сокрушат Пруссию через 10 лет после смерти старого Фрица! А победители этих воевод (при Вальми, Бородино и Ватерлоо) уже служат в войсках России и Пруссии, не догадываясь о своей грядущей исторической роли. . .

## Ответы, решения и комментарии

1. Постройте короткую цепь из звеньев «ученик→учитель», которая начинается с Давида Гильберта (1862–1943), а кончается вами. Укажите для каждого звена: кто и чему научился у своего учителя. Если учение происходило через книгу, то укажите (точно или примерно) её название, год издания и содержание.

Давид Гильберт был признанным мировым лидером математиков своего времени. С его научными достижениями так или иначе знакомы все современные математики. В том числе и авторы школьных учебников математики, а также преподаватели, учившие в вузах школьных учителей математики. Тем самым цепочка «ученик→учитель» добирается от Гильберта до любого школьника — участника Турнира имени М. В. Ломоносова, изучающего математику в школе.

Самые известные у нас книги Гильберта — «Основания Геометрии» и «Уравнения математической физики».

Среди российских математиков, которым довелось слушать лекции Гильберта в Гёттингене, наиболее известны А. Н. Колмогоров и П. С. Александров. Почти все нынешние математики России — их научные «внуки» или «правнуки». Например, автор данной задачи учился у обоих этих математиков.

Давид Гильберт консультировал Альберта Эйнштейна по вопросам, связанным с созданием теории относительности, с которой сейчас в той или иной степени знакомы все физики, школьные учителя физики и старшеклассники.

**2.** Кто носил в 1812 году титул Князя Московского? Каковы были важнейшие достижения этого человека в 1812 году и после того? С какой профессии началась его жизнь — и чем она завершилась?

Титул «князя Московского» не употреблялся в Российской империи. Но после битвы при Бородино Наполеон пожаловал этот титул храбрейшему из своих маршалов — Мишелю Нею (формально такое название титула объясняется тем, что битва при Бородино произошла в окрестностях Москвы-реки).

При отступлении из России этот герой командовал арьергардом Великой Армии — и спас многие тысячи беглецов. После первого отречения Наполеона (1814) Ней перешёл на службу к Луи 18 Бурбону — и при возвращении Наполеона с Эльбы (1815) обещал королю взять императора в плен. Но при встрече Ней не устоял перед своим государем — и вернулся на сторону Наполеона. За такую «измену» Ней был приговорён к смерти и расстрелян.

**3.** Один из героев Шекспира впервые ввёл в обращение монеты в 1 фунт и в 1 шиллинг. В какой пьесе действует этот человек? Как его зовут в пьесе? Какие монеты обращались в Англии раньше?

См. решение в аналитическом обзоре на стр. 90.

**4.** План наступления Вермахта в 1942 году предусматривал захват ресурсов Юга России и Прикавказья — до Баку. Зачем и по чьей инициативе был нанесён удар по Сталинграду? Какую прежнюю ошибку российского руководства нечаянно повторили при этом немцы? Каковы были последствия той ошибки? Как были к ней причастны Жуков и Василевский? Кто были их германские противники в сходных должностях — в 1941 и 1942 годах?

Инициатором похода немцев на Сталинград был сам Гитлер: ему важно было захватить город, носивший имя Сталина. В итоге большая часть войск Вермахта была (против воли опытных немецких генералов) переориентирована с Кавказа на Волгу. На обоих направлениях немцам не хватило войск: в итоге в Сталинграде получился котёл, а с Кавказа немцам пришлось отступить, чтобы не попасть в ещё худший котёл.

Сходные ошибки со столь же тяжкими последствиями российские генералы (под давлением Сталина) допускали в 1941 году: так получились котлы вокруг Киева и Вязьмы, каждый из них был больше Сталинградского. В 1941 году главными противниками генералов Жукова и Василевского под Москвой были немецкий фельдмаршал Федор фон

Бок и начальник Генерального штаба Франц Гальдер. В 1942 году сходные роли под Сталинградом играли фельдмаршал Эрих фон Манштейн и танковый генерал Гот. Они пытались прорваться к городу и вывести армию Паулюса — но безуспешно.

5. Одним из открытий историка и философа Л. Н. Гумилёва была примерно четырёхвековая *периодичность* в развитии любого крупного этноса и его державы. Если вы — сторонник этой теории, то приведите 2–3 хорошо известных примера таких «повторений» в российской или всемирной истории. Если вы — противник модели Гумилёва, то приведите соответствующий контрпример — и дайте ему иное объяснение.

Лев Гумилёв *не* утверждал, будто *все* важные события в истории одного народа или государства повторяются с интервалом в 400 лет; не говорил этого и британский историк Арнольд Тойнби. Но оба они заметили, что «равновесные» либо «критические» эпохи в жизни народов обычно повторяются через примерно 4 столетия — как будто за такой срок народ (этнос) совершает некий цикл в своём развитии. Это наблюдение не является строгой теорией и действует лишь в качестве «приметы». Но подтверждается оно часто.

Например, революционная эпоха Цезаря в Риме отделила 4-вековой период Республики от 4-векового периода Империи. Аналогично, в России после 4-векового периода развития Киевской державы происходит её распад — и на смену Киеву поднимается Владимир. Но монгольский удар раздробил новорождённое Владимирское королевство — и после полувековой разрухи новыми центрами консолидации Руси стали Москва и Тверь. Сходным образом Петербургская империя пришла на смену Московскому царству после 4 веков его развития — но её развитие шло вдвое быстрее.

Заметим, что повторные 4-вековые циклы этногенеза, перестраивающее общество и государство, могут начинаться и раньше завершения предыдущего цикла. Например, в России «Владимирский» цикл начался сразу после ослабления Киева — в середине 12 века, при князе Андрее Боголюбском. Завершился этот цикл в середине 16 века — когда в новорождённом Московском царстве аристократы-конституционалы (Избранная Рада) вступили в конфликт с абсолютистами (вокруг царя Ивана 4) и были побеждены Опричниной. Аналогично, в Англии конституционно-парламентская эпоха началась через полтора века после нормандского завоевания — в 1215 году, с борьбы за Хартию Вольностей против короля-абсолютиста Иоанна Безземельного. Завершилась эта эпоха в 1660 году — с концом буржуазной революции.

**6.** Пять веков назад в «самиздате» появилась книга Макиавелли «Государь». Каких монархов древности и современности автор ставил в пример своим современникам или потомкам? Кто из позднейших монархов сознательно подражал героям книг Макиавелли?

Никколо Макиавелли старался сравнивать успехи и неудачи современных ему правителей Италии, Франции и Германии с монархами Античности — в основном, Рима и Эллады. Так, он сопоставлял Гая Юлия Цезаря с его тёзкой — князем Чезаре Борджиа и его отцом — папой Александром 6. Во Франции он рассматривал хитрейшего короля Луи 11 и его воинственных, но неосторожных наследников: Карла 8 и Луи 12. Среди эллинов особое внимание Макиавелли привлекали царь Александр Македонский и его наследники: хитрый Птолемей в Египте, дальновидный Селевк в Вавилоне, а также удачливые авантюристы — Пирр в Эпире, Агафокл и Гиерон на Сицилии. Макиавелли сравнивал с этими европейскими монархами азиатских владык: будь то цари Кир и Дарий в древней Персии или султаны Мехмед 2 и Селим 1 в современной ему Турции.

**7.** В феврале 2012 года была отмечена годовщина смерти святого Гермогена. Какими подвигами он прославился? Кто были его виднейшие коллеги, союзники и противники?

Гермоген был вторым (или третьим) патриархом Русской православной церкви; ему довелось жить и действовать в условиях Смутного времени, лавируя среди многих враждебных сил и стараясь не утратить доверие большинства русских людей, не завести их в политический тупик.

Оттого Гермоген сперва поддерживал избранного Земским Собором царя Бориса Годунова, а потом избранного царя Василия Шуйского. После гибели Бориса и внезапного триумфа Дмитрия Самозванца Гермоген был готов признать его — если он будет царствовать в Москве как православный государь, и даже свадьбу с иностранкой Мариной Мнишек сыграет по православному обряду.

Но признавать Второго Самозванца Гермоген отказался, видя в нём лишь марионетку польских завоевателей, вдохновляемых королём Сигизмундом 3 Вазой. Патриарх готов был встретить в Москве польского царевича Владислава как царя — если он примет православие. Но Владислав не приехал — и тогда Гермоген поддержал своими письмами лидеров обоих земских ополчений, стремящихся изгнать поляков из России. Это кончилось смертью Гермогена от голода в польском плену.

Особое отношение было у Гермогена к его сопернику Филарету (Романову). Тот, репрессированный Годуновым, сперва признал обоих самозванцев — а потом поехал к Сигизмунду, чтобы убедить его послать в Москву Владислава; но вместо этого сам Филарет оказался пленником поляков. Видимо, в свои последние дни Гермоген предвидел, что Филарет станет его преемником во главе Русской церкви — и надеялся, что из польского плена Филарет вернётся мудрым, стойким патриотом. Так и произошло: при Филарете Гермоген был канонизован как святой мученик.

**8.** Известно, что город Константинополь был назван в честь императора Константина. А какого Константина называли в честь города Константинополя? Кто, когда и зачем это сделал? Что вышло из этого проекта?

Здесь речь идёт о российском царевице Константине — втором сыне императора Павла. Имя для него выбрала бабка — Екатерина 2. По её замыслу, старший внук — Александр — должен был унаследовать Российскую империю после смерти бабки, минуя отца. А второй внук должен был возглавить возрождённую Византийскую империю — как только русские воины отвоеуют Царьград у турок, и святая София опять станет православным храмом.

Этот проект не удался: русский флот и армия могли бы захватить Стамбул, но правители Англии и Франции были готовы на войну против России, чтобы та не стала гегемоном на Ближнем Востоке. В итоге сперва состоялась Крымская война (с разрушением Севастополя), а потом Балканская война 1870-х годов: тогда Англия и Германия признали освобождение Болгарии, но на болгарский трон взошёл германский принц.

**9.** Халиф Гарун ар-Рашид подарил слона Карлу Великому. Но ведь Карл много воевал с мусульманами! Как можно объяснить это противоречие?

Дружеские связи между Багдадским халифом и императором франков *не* противоречили вражде Карла Великого с мусульманами Испании — потому что халиф Гарун был Аббасид, а в Испании правили потомки Омейядов, изгнанных или перебитых Аббасидами в середине 8 века. Мирным контактам Карла с Гаруном способствовало и то, что их армии нигде не могли столкнуться. Карл не воевал восточнее Италии и Венгрии — а Гарун не пытался вторгнуться в Европу, прикрытую от Азии Византийской империей. С Византией у Гаруна и у Карла были весьма прохладные или враждебные отношения.

**10.** В нынешнем (2012) году некоторые историки предложили отметить 1150-летие Руси. С какого события они предлагают начать историю Руси? Откуда мы знаем дату этого события, и насколько она точна? Почему одни историки Новгорода утверждают, что этот город ещё не существовал в 9 веке, а другие учёные растянули новгородскую хронологию до 8 века?

Год 862, как первая дата Российской истории — весьма сомнителен. Во-первых, ещё в 838 году в Константинополь прибыло посольство «народа Рус», в составе которого преобладали люди со скандинавскими именами. Видимо, эти послы приплыли из Киева. Археологам не ясно, существовал ли в это время Новгород: на его территории нет столь ранних находок.

Но Псков, Ладога и Городище рядом с будущим Новгородом тогда уже существовали — и, вероятно, не первый век. Летопись годовых колец на брёвнах из деревянных построек в Новгородской земле тянется вглубь до середины 8 века: самое раннее датированное бревно было срублено в 738 году.

Все официальные даты на полях «Повести Временных Лет» были поставлены не её первыми составителями (в 11 или 12 веке), а в более поздние времена.

**11.** Найдите исторические ошибки в тексте. (Для удобства текст приводится ещё раз. Места в тексте, к которым относятся указания об ошибках и комментарии, отмечены номерами, соответствующими номерам в последующем списке ошибок и комментариев.)

## **Ты первый обогнул меня. . . (текст с ошибками)**

Хмурым осенним днём 1520 года<sup>1</sup> последний уцелевший корабль испано-португальской<sup>2,3</sup> экспедиции вошёл в родную гавань Липшбоа<sup>5</sup>. Тридцать<sup>6</sup> измождённых моряков довели старушку «Викторию» до победного конца, обогнув страшный мыс Бурь<sup>7</sup> и благодатный Зелёный Мыс. Как радостно было мореходам увидеть там две знакомые статуи<sup>10</sup>: Бартоломеу Диаша<sup>8</sup>, указующего европейцам путь в Индию, и принца Энрике Браганца<sup>9</sup> — там, где берег Африки поворачивает на север, перейдя экватор. А теперь корабелов приветствует святой Себастиан — покровитель капитана уцелевшей «Виктории» . . .

Увы: на её борту нет вождя великой экспедиции! Дон Гонсальво<sup>11</sup> Магеллан погиб в случайной стычке с дикарями у подножья вулкана Мауна-Кеа<sup>12</sup> на неведомом прежде острове Минданао<sup>13</sup>. Нелепая

смерть предводителя обратила победу в поражение: распря между кастильцами и португальцами разделила экипажи судов, и они не поплыли дальше на север — в страну Чин<sup>14</sup>, к потомкам хана Хубилая<sup>14</sup>. Вместо этого корабли разделились. Гордый кастилец Хуан де Картахена<sup>15</sup> повёл «Сан Антонио» в Панаму<sup>16</sup> по знакомому обратному<sup>16</sup> пути, а португалец<sup>4</sup> Себастьян эль-Кано решил пробраться в Европу в обход турецких владений в Индии<sup>17</sup>. Это удалось сыновьям Лузитании<sup>18</sup>; теперь капитан Эль-Кано ждёт встречи со своим монархом во дворце Вальядолид.

Встреча будет — но с другими участниками. Год назад умер король Мануэль Счастливый, и престол достался его сыну — Жуану 3, который не любит море и не верит в имперский идеал. Лишённый поддержки португальцев на море, кастилец<sup>19</sup> Карл 1 увлёкся европейскими делами. Он теперь воюет с французами в Италии и надеется, войдя в Рим, получить от папы<sup>20</sup> Льва Медичи корону Римской империи. Только что испанцы взяли в плен<sup>21</sup> короля Франциска 2 — после того, как испанская артиллерия<sup>22</sup> расстреляла в упор лучших рыцарей Франции под стенами Падуи. Ясно, что теперь испанскому королю не до заморских плаваний! Умер и старый адмирал Колон — вскоре после того, как он проводил корабли Магеллана в Западное море<sup>23</sup>.

Кто же из европейских монархов поддержит заморскую экспансию пиренейских мореходов? Немцы погрязли в религиозных спорах<sup>24</sup>; французы и испанцы увязли в Италии; венецианцы с австрийцами едва сдерживают натиск турок на суше и на море. Только Англия свободна от континентальных хлопот. Не поможет ли молодой Генрих 8 старому моряку Себастьяну повторить подвиг Магеллана — и достичь по морю тех краёв, куда Марко Поло добирался по суше? Надо уговорить короля Генриха! И не важно, чья статуя будет потом встречать моряков в гавани Шанхая: императора Чжу-ди, короля Генриха Ланкастера<sup>25</sup> или капитана Эль-Кано. Главное, чтобы этой статуе было кого приветствовать!

## Комментарии к тексту с ошибками «Ты первый обогнул меня...»

1. Экспедиция Магеллана стартовала осенью 1519 года, а вернулась осенью 1522 года.
2. Эта экспедиция была чисто испанской — за исключением её вождя, который был португалец.



3. Совместных испано-португальских экспедиций не могло быть: эти два королевства соперничали в освоении заморских земель.

4. Себастьян эль-Кано был не португалец и не кастилец, а баск — на службе у короля Испании Карла 1 Габсбурга.

5. Родной гаванью для всех кораблей Магеллана мог быть любой испанский порт (например, Севилья) — но не Лиссабон (Лиссабон), который был и есть столица Португалии.

6. На «Виктории» в Испанию вернулись лишь 18 моряков. Прочие либо погибли в пути, либо сбежали домой с полдороги (на корабле «Сан-Антонио»), либо попали в плен к португальцам и не скоро вернулись домой.

7. Мыс Бурь (названный так его открывателем — Бартоломеу Диашем в 1488 году) был уже к 1500 году переименован королём Мануэлем в мыс Доброй Надежды (на скорое достижение Индии).

8. Первым достичь Индии удалось в 1498 году экспедиции Васко да Гамы — а не Бартоломеу Диашу, которого король Мануэль после 1488 года счёл неудачником.

9. Португальский принц Энрике Мореплаватель (он умер в 1460 году) происходил не из семьи Браганца, а из Авишской династии: она правила Португалией с 1385 года, когда отразила атаку Кастилии в битве при Альжубаррота. Династия Браганца появилась в 17 веке.

10. Никаких статуй первопроходцев в 15–16 веках мореходы не ставили. В лучшем случае — деревянный или каменный крест с датой первого посещения этой страны.

11. Имя Магеллана — Фернандо (по-испански), или Фернао Магальяш — по-португальски.

12. Вулкан Мауна Кеа находится на Гавайских островах, ещё не известных европейцам при жизни Магеллана.

13. Минданао — имя крупного южного острова из группы Филиппин. Магеллан туда не доплыл: он погиб на малом острове Мактан, на стыке Филиппинских и Молуккских островов.

14. Чин — традиционное в Европе название Китая. Но Магеллан не собирался туда плыть, и в его эпоху там правили не наследники Хубилая, а свергшие их (в 1368 году) правители из национальной династии Мин.

15. Хуан де Картахена возглавил мятеж испанских офицеров против Магеллана ещё в 1520 году — у побережья Патагонии, до перехода в Тихий океан. За это Хуан был казнён Магелланом. Но его единомышленники на корабле «Сан Антонио» после победы Магеллана сбежали домой — в Испанию.

16. Переход экспедиции Магеллана через Тихий океан начался возле Огненной Земли и завершился на Филиппинах. Морской путь к Панаме с запада через Тихий океан был открыт гораздо позже. Возвращаться домой через Тихий океан никто из спутников Магеллана не рискнул: проще было завершить кругосветку, переплыв Индийский океан и обогнув Африку с юга по знакомой трассе.

17. Экспедиция эль-Кано обходила вокруг Индии, избегая встреч не с турками (их в Индии не было), а с португальцами: те считали весь Индийский океан своим владением, согласно решению Папы в 1494 году (договор Тордесильяс).

18. Лузитания — древнее название Португалии. Спутников эль-Кано можно назвать сыновьями Кастилии, Каталонии или Бискайи.

19. Карл 1 Габсбург был королём Испании и императором Германии (под именем Карла 5). Но сам он был уроженец не Кастилии и не Австрии, а столицы Нидерландов — города Брюсселя.

20. Карл Габсбург получил имперскую корону в 1521 году — не от папы, а по выбору членов Рейхстага, то есть германских князей и епископов. Ему помогло то, что он был внуком прежнего императора — Максимилиана Габсбурга. (Папа Лев 10 Медичи умер в 1521 году.)

21. Император Карл 5 долго воевал за контроль над Северной Италией с королём Франции — Франциском 1 (а не 2). Но взять короля в плен испанцам удалось только в 1525 году — в битве при Павии (а не при Падуе).

22. При Павии французские рыцари были расстреляны не артиллерией, а ручным огнестрельным оружием — залпами из аркебуз (или пищалей). Это была первая победа ружейных стрелков над арбалетчиками и лучниками.

23. Адмирал Кристобаль Колон (он же — Христофор Колумб) умер в 1506 году — задолго до начала экспедиции Магеллана.

24. В 1522 году гражданские войны между лютеранами и католиками в Германии ещё не начались.

25. Английский король Генрих 8 принадлежал династии Тюдоров, а не Ланкастеров. Короли Ланкастеры (Генрихи: 4, 5 и 6) правили в Англии до 1471 года.

**12.** Найдите исторические ошибки в тексте. (Для удобства текст приводится ещё раз. Места в тексте, к которым относятся указания об ошибках и комментарии, отмечены номерами, соответствующими номерам в последующем списке ошибок и комментариев.)

## Хитрый старый Фриц (текст с ошибками)

В тёплый августовский день 1773 года<sup>1</sup> старый король Фриц<sup>2</sup> получил важную весть с востока: войска его лучшей ученицы<sup>5</sup> — Софии Анны<sup>4</sup> фон Анхальт-Цербст — перешли Дунай и разбили турок у озера Кагул<sup>3</sup>. Отличная новость!<sup>6</sup> Преемница царя Петра<sup>7</sup> решилась наконец встать твёрдой ногою на Чёрном море — а не только на Балтике, где Пётр сделал всё необходимое. Но Пётр не сумел подчинить себе Данию<sup>8</sup> — и вот, проливы из Балтики в Атлантику открываются для русских судов, только если с этим согласен Лондон. А Вильям Питт<sup>9</sup> согласия не даёт<sup>10</sup>: его купцы не хотят наплыва дешёвых русских товаров на все рынки Европы. Англии же хватает сырья из её американских колоний<sup>11</sup>; Францию она готова задуть морской блокадой<sup>12</sup>, между делом захватив её заморские владения<sup>13</sup>...

Ах, как глупо поспешил король Фриц десять лет назад<sup>14</sup> — когда начал Европейскую войну, не договорившись с русскими правителями о разделе Польши и Прибалтики! Ведь тогда молодая София Анна была ещё далека от власти — а её тётка<sup>15</sup> Елизавета заигрывала с Францией<sup>16</sup>, чтобы сделать Лондон уступчивее. В итоге русские войска не помогли, а помешали прусским дивизиям в дележе Польши и Германии. Даже по Берлину ездили русские казаки!<sup>17</sup> Это зрелище старый Фриц<sup>17</sup> не забудет до конца своих дней — и всё сделает для того, чтобы казаки впредь ездили лишь по Варшаве, Вене или Стамбулу!

Для этого Берлину нужен крепкий союз с Петербургом. Старый Фриц уже сделал первый шаг, отпустив в Россию математика Эйлера<sup>18</sup>. Новой царице этого мало: она пригласила к себе Вольтера и Дидро, чтобы не уступать Франции на ниве Просвещения<sup>19</sup>. Верно поступает русская немка! Сам Фриц так действовал в молодые годы — и Пруссия получила хорошо образованное дворянство. Когда его получит Россия — тогда русские войска смогут дойти и до Парижа. Жаль, что Фридриху этого не видеть! А пока София Анна просит у него много немецких колонистов, чтобы Поволжье заселялось не только казаками и греками. Разумная предосторожность: ведь казаки умеют свергать правителей не хуже, чем это делают янычары<sup>20</sup>. Потому всякий враг России мечтает о таком бунте казаков, который повторит давнее Смутное время... Не готовит ли сейчас похожую интервенцию хитрый Питт из Лондона? И не готовят ли встречную интервенцию французские агенты в простоватой деревенской Америке?<sup>21</sup>

То и другое возможно — хотя не дальновидно! Ведь стоит казакам восстановить независимую Украину, как их держава в союзе с Кры-

мом разорит Польшу раньше, чем Московию! А стоит американским колонистам отделиться от Лондона, как их пример соблазнит гугенотов на юге Франции. И пойдёт её Юг против Севера, как было в Столетнюю войну!<sup>22</sup> Тогда Париж вытащили из Смуты воеводы-бретонцы и пророчица с германской границы.<sup>23</sup> Неужели в следующий раз парижан спасут воеводы-корсиканцы? А мятеж казаков в Поволжье укротит немецкий полковник на русской службе?<sup>24</sup> Ведь бывало подобное при царе Петре!

Ох, беда старому королю от его нестареющего воображения! И невдомёк ему, что жуткая реальность превзойдёт буйную фантазию. Всего два года назад на Корсике родились те полководцы, что сокрушат Пруссию через 10 лет после смерти старого Фрица!<sup>25</sup> А победители этих воевод (при Вальми<sup>27</sup>, Бородино и Ватерлоо) уже служат в войсках России и Пруссии, не догадываясь о своей грядущей исторической роли. . . <sup>26</sup>

### Комментарии к тексту с ошибками «Хитрый старый Фриц»

1. Битва при Кагуле произошла летом 1770, а не 1773 года.
2. Старый Фриц — это прусский король Фридрих 2 Гогенцоллерн. В 1770 году ему было 58 лет.
3. Кагул — не озеро, а река — левый (северный) приток Дуная. Переходить Дунай перед битвой русским войскам не пришлось — хотя позднее они это сделали, и командующий Румянцев получил титул князя Задунайского.
4. Немецкое имя Екатерины 2 было София Августа Фредерика, а не София Анна.
5. Принцесса София фон Анхальт-Цербст попала в Россию по замыслу Фридриха 2 — как его будущий агент на русском троне. Но умная принцесса быстро поняла, что ей выгоднее возглавить русскую партию из гвардейских офицеров — и играть против прусского короля, а не за него.
6. К 1770 году Фридрих 2, разбитый русскими в Семилетней войне, фактически стал вассалом Екатерины 2. Но он не мог радоваться успехам русского оружия.
7. Екатерина 2 с самого начала называла себя преемницей дел Петра 1 — хотя бы в надписи на Медном всаднике. Она заслужила это звание после 1783 года — когда Крым (Таврида) стал владением Российской империи, и возник Черноморский флот России.
8. Пётр 1 не пытался подчинить Данию: она и так была соперницей Швеции и союзницей России.

9. Вильям Питт Старший в 1770 году не был премьер-министром Англии. Но он всегда старался привлечь на английский рынок побольше дешёвого русского сырья — особенно железа, необходимого английскому флоту.

10. Англия обычно не препятствовала российским судам выходить из Балтики в Северное море. Иную позицию британский флот занял лишь в последние годы Северной войны — когда Англия помешала Петру 1 оккупировать Стокгольм и сделать побеждённую Швецию своим вассалом.

11. Промышленной Англии нехватало сырья из её американских колоний. По этой причине правители Англии мешали своим колонистам в Америке развивать промышленность — хотя города восточного побережья (Бостон, Филадельфия и другие) жаждали этого уже в 1770 году, не нуждаясь ни в какой французской пропаганде.

12. Осуществить морскую блокаду Франции с обеих сторон — из Средиземноморья и из Атлантики — не мог ни один флот, даже британский.

13. Часть заморских колоний Франции Англия захватила ещё во время Семилетней войны (1756–1763); другие колонии достались англичанам во время Французской революции.

14. Семилетнюю войну Фридрих 2 начал не 10 лет назад, а гораздо раньше — в 1756 году. Тогда спор шёл не о Прибалтике (её подчинил ещё Петр 1, отняв у Швеции), а о переделе зон влияния в Германии между Прусским королевством и Австрийской империей

15. Елизавета Петровна была не тёткой, а скорее «свекровью» молодой Екатерины-Софии: ведь она выбрала её в жёны для своего племянника и наследника — Петра 3.

16. Елизавета заигрывала с Францией в начале своего правления: ведь французские деньги помогли ей совершить переворот и взойти на русский трон в 1742 году. Позднее Елизавета старалась поддерживать ровные отношения с Францией и Англией: ведь английский рынок был необходим российским помещикам для вывоза зерна, пеньки и иных видов сырья.

17. Российские войска под командой Чернышёва (включая казаков) оккупировали Берлин в 1759 году — после разгрома армии Фридриха 2 русскими войсками Салтыкова при Кунерсдорфе. Разумеется, короля тогда не было в его столице — иначе его бы взяли в плен. В следующий раз русские конники ездил по Берлину только в 1945 году.

18. Леонард Эйлер вернулся в Петербург из Берлина в 1766 году — по приглашению Екатерины 2 и с согласия Фридриха 2, который после

своего поражения в Семилетней войне не мог отказать российской императрице.

19. Екатерина 2 (как и Фридрих 2) хотела украсить свой двор такими культурными героями Европы, как Вольтер и Дидро. Но Вольтер дипломатично уклонялся от приглашений всех монархов, пребывая в своём поместье на стыке Франции с Швейцарией. Напротив, Дидро, обеднев в ходе издания «Энциклопедии», принял в 1773 году приглашение Екатерины и прибыл в Петербург. Здесь он сразу понял, что политической свободы в России ещё меньше, чем во Франции — а российские академики во главе с Эйлером считают Дидро и других просветителей-гуманитариев заносчивыми полузнайками. Вскоре старый Дидро вернулся во Францию — благо, Екатерина заплатила все его долги и купила его библиотеку для Петербургской Академии Наук.

20. Казаки в России успешно свергали правителей только в Смутное время: так погибли Фёдор Годунов, Первый и Второй Самозванцы, был пострижен в монахи Василий Шуйский. Янычарам в Турции это удавалось чаще — до 1820-х годов, когда султан Махмуд 2 уничтожил корпус янычар. Но осенью 1773 года казак Емельян Пугачёв попытался сместить Екатерину 2 с престола; из-за этого царице пришлось быстро мириться с Турцией, отложив покорение Крыма на 10 лет. Вскоре после этого восстания Екатерина 2 распустила Запорожскую Сечь — запал любого казацкого мятежа.

21. Французские дипломаты заранее не готовили восстание американских колонистов против Лондона. Но когда оно вспыхнуло (1773), король Франции разрешил офицерам-добровольцам сражаться с англичанами в Новом Свете, и поддержал эту интервенцию казёнными деньгами.

22. Столетняя война между Англией и Францией происходила задолго до Реформации — когда Франция не была расколота по религиозному принципу. Тогда не было раскола между Севером и Югом — зато был раскол между Юго-Западом (Аквитанию, которая была не против власти англичан), Центром (где преобладали французские патриоты) и Северо-Востоком — Бургундией, чьи правители до 1477 года противостояли и Парижу, и Лондону.

23. Прервать цепь английских побед в Столетней войне впервые удалось в 1370-е годы бретонским полководцам: Бертрану дю Геклену и Оливье де Клиссону. Их опыт повторила в 1430 году Жанна д'Арк — родом из Эльзаса, с франко-германской границы.

24. В подавлении восстания Пугачёва важную роль сыграл немецкий подполковник российской кавалерии — Иоганн Михельсон. Но главные

роли достались русским генералам: Бибикову и Голицыну. Суворов прибыл на этот фронт очень поздно; он лишь конвоировал пленного Пугачёва.

25. Наполеон Бонапарт родился на Корсике в 1769 году — за год до битвы при Кагуле, в которой участвовал молодой капитан Михаил Кутузов.

26. В 1770 году в прусской армии служил молодой капитан Гебхард Блюхер — будущий победитель Наполеона при Ватерлоо. Там армия Блюхера спасла британскую армию Веллингтона, придя на поле битвы в последний её час — когда Наполеон уже ввёл в бой старую гвардию и остался без резервов.

27. Битва при Вальми (1792) — это первая победа революционной армии Франции (под командой Дюмурье) над войсками роялистов всех европейских наций. Их лидер — герцог Карл Брауншвейг, ученик Фридриха 2 Прусского — позднее (1806) погиб при Йене, сражаясь за независимость Пруссии от Наполеона. Генерал Дюмурье был вынужден покинуть Францию в эпоху якобинского террора — но не повернул оружие против своей родины.

## Аналитический обзор

**Задача 1** о Давиде Гильберте оказалась в числе самых трудных — даже для ломоносовцев, увлечённых математикой. Очень многие школяры, *не сведущие* в математике, сразу ставили неверный диагноз: раз задача предложена на конкурсе по истории, значит, её герой — историк! Дальше следовали самые дикие домыслы.

Но пусть специальность Гильберта угадана верно: математик и учитель. Кто его знаменитые ученики, чем они знамениты? Многие ломоносовцы знают яркие имена: Герман Вейль, Джон фон Нейман, Альберт Эйнштейн, Эмма Нётер.

В случае Эйнштейна цепь из знакомых оказывается совсем короткой: Гильберт помог Эйнштейну в синтезе математического аппарата общей теории относительности, а статьи Эйнштейна на эту тему читали все физики — включая того учителя, который обучает данного школяра.

Путь через алгебраиста Эмму Нётер оказывается чуть длиннее — поскольку она *не* написала знаменитых учебников. Это сделал её ученик Ван дер Варден («Современная Алгебра»), а также ученик ученика Нётер — француз Серж Ленг, чья книга «Алгебра» служит пособием для студентов нынешних вузов.

Не столь просто довести до удачного конца линию, идущую через фон Неймана — потому что этот математик не раз менял тему своих занятий. Сначала он строил систему аксиом *квантовой механики* (то есть решал 6-ю проблему Гильберта). Затем фон Нейман создал *теорию игр* и начал проектировать первые электронные компьютеры — для быстрых вычислений, нужных при расчётах ядерных реакторов и бомб, а также для зенитной артиллерии и авиации. В итоге фон Нейман оказался отцом современной *информатики*, которой учат всех школьников.

Далее, Герман Вейль. К счастью, его популярная книга «Симметрия» до сих пор знакома многим участникам математических кружков. В этом случае цепь от школьника до Гильберта содержит всего одну промежуточную персону.

Столь же мало посредников понадобилось для решения задачи бывалым шахматистам. Они пишут просто: чемпион мира Эммануил Ласкер был студентом Гильберта, учился у него высшей алгебре. А всякий уважающий себя шахматист разбирал хоть одну партию Ласкера!

К сожалению, ни один ломоносовец 2012 года ещё не заглядывал в книги, написанные Андреем Колмогоровым или Павлом Александровым — самыми известными россиянами из числа прямых учеников Гильберта (они слушали лекции Гильберта в Гёттингене в конце 1920-х годов). Значит, радость чтения творцов Московской математической школы у нынешних школяров ещё впереди.

В задаче 2 (о «Князе Московском» в 1812 году) более всего нас поразило *разнообразие* неверных ответов — при широко известном верном ответе. Наполеоновский маршал Ней получил этот титул от своего императора за отвагу на Бородинском поле — а потом оправдал это звание, командуя арьергардом отступавшей Великой Армии.

Какова была логика *неверных* ответов? Во-первых, князем московским наивные школяры называли самого царя Александра 1 — либо его братьев Константина и Николая. Далее перебирали *всех* царей из дома Романовых — включая даже Петра 1 и Николая 2. Затем следовали многие российские полководцы 1812 года: Кутузов (князь Смоленский), Багратион (князь Грузинский), Милорадович и Барклай де Толли. Но нашлись среди ломоносовцев и такие, что перенесли в 1812 год почти любых московских князей — вплоть до Юрия Долгорукого. Широко же распространена в нашей школе наивная чушь, будто все знаменитые люди прошлых веков — современники!

Однако проявился и любопытный положительный эффект: затмение исторического героя его образом в кино. Несколько школьников из



Ивановской области заявили, что они *не* помнят имя француза, носившего титул князя Московского. Зато они могут назвать имя *киноактёра*, игравшего эту роль в известном фильме. И верно назвали Олега Долгачёва. Спасибо ему от имени маршала Нея! Многие ли из нынешних россиян видели реальный портрет славного маршала хотя бы на экране компьютера? Кстати, это относится и к вражеским военачальникам 1941 года — будь то Гудериан, Манштейн или Модель. Спасибо фильму «Освобождение», где их играют очень хорошие актёры!

В задаче 4 о Сталинградской битве интереснее всего оказались те *сравнения* германской стратегической неудачи на Волге с более ранними неудачами российской армии, которые пришли на ум самым эрудированным ломоносовцам.

Логично, что наши олимпиадники с одинаковой частотой приводили примеры трёх больших котлов: Киевского и Вяземского в 1941 году, Харьковского в 1942 году. Но из них законно лишь *третье* сравнение — когда большая часть Красной Армии угодила в котёл, безоглядно *наступая* на изготовившихся немцев. Напротив, в обоих примерах 1941 года советские фронты неподвижно ожидали врага — и так дождались немецких «клещей».

Более адекватный прецедент (его назвали немногие школьники) — катастрофа Второй ударной армии генерала Власова, пытавшейся прорвать кольцо блокады вокруг Ленинграда в 1942 году, сразу после победы под Москвой. Другой столь же удачный пример — зимнее наступление 1939 года на Карельском перешейке, стоившее российским войскам пятикратных потерь, по сравнению с финнами.

Наконец, некоторые эрудиты вспомнили гораздо более раннюю катастрофу армии Самсонова в августе 1914 года — когда генерал Людендорф пробил открытые фланги русской армии так же успешно, как генерал Василевский сделал это с Паулюсом в ноябре 1942 года. Большое спасибо тем учителям истории, чьи ученики знают военное прошлое отечества в таких деталях — и так смело сопоставляют отдалённые точки школьной науки!

Внесение элементов теории этногенеза (**задача 5**) в год столетнего юбилея Л. Н. Гумилёва прошло неудачно. Формально около половины участников Турнира объявляют себя сторонниками теории Гумилёва — и даже грамотно объясняют, *что* можно назвать Пассионарностью (видимо, черпая информацию из сети Интернет). Но почти никто из этих приверженцев не готов *численно проверить* гипотезы Тойнби и Гумилёва о характерном *времени* проживания каждым этносом раз-

ных фаз этногенеза — будь то 4 века или иной срок. Сколь ни ругают физики историков за то, что те «из всех цифр знают только даты» — но тот, кто ругает, обычно даже дат не знает.

Наша школьная программа, с её бурной гонкой фактов (с 9 по 17 век Отечественной истории — или от пирамид Египта до Реформации в Германии), не даёт цельной картины исторической эволюции всего человечества — или хотя бы одной цивилизации. Вместо этого школьники видят и запоминают лишь цепочку ярких пятен на тёмном фоне общего незнания. На роль универсального клея для такой россыпи фактов псевдоисторические гипотезы «школы Фоменко» годятся, пожалуй, не хуже, чем измышления полужнаек марксистов или квазифизические рассуждения более современных мыслителей. Отраднее уже то, что некоторые смыслённые и самоуверенные школяры честно признавались: «Я не хочу думать о теории Гумилёва, чтобы не сползти в фоменковщину».

Интересно, что в **задаче 3** (об английских королях — героях Шекспира и их монетах) *ни один* участник не угадал верного ответа: чеканка *фунтов* и *шиллингов* началась при Генрихе 7 Тюдоре, а раньше чеканились только *пенсы* (этот термин пришёл из латыни). Хотя многие участники турнира были близки к истине, назвав *предшественника* либо *наследника* этого короля — либо Ричарда 3 Йорка, либо Генриха 8 Тюдора. Почему так получилось? Видимо, все школяры сделали общую *логическую* ошибку в рассуждении: «Если монеты чеканит король, и он — герой пьесы, то он должен быть её *главным* героем!» Но у Шекспира всё иначе — и ближе к реальной жизни Англии в 15 веке. Тихий и хитрый зануда Генрих 7 *не* был полководцем: победу над Ричардом Йорком для него одержал граф Оксфорд. Не был он ярок и в религиозном плане — как его сын Генрих 8, автор английской Реформации и муж шести жён. Оттого Шекспир *не* создал особой пьесы в честь такого короля — и бегло вставил его в пьесу о Ричарде 3 лишь потому, что на престоле Англии в эпоху Шекспира сидела внучка Генриха 7 Тюдора.

Как и следовало ожидать, почти все ломоносовцы знают о том, что императрица Екатерина 2 назвала своего второго внука Константином, имея в виду сделать его императором возрождённой Греческой Империи в Средиземноморье (**задача 8**). Напротив, **задачу 9** (о слоне — подарке Гаруна ар-Рашида Карлу Великому) большинство участников турнира пытались решить, *не* глядя на карту. И потому наделали грубых ошибок, спутав Кордовский Халифат в Испании (с ним Карл воевал) с Багдадским Халифатом (где правил Гарун). Менее 10 школьников сообразили, что в этих исламских державах правили *разные* дина-

стии (Омейяды и Аббасиды), враждовавшие между собой. Оттого война Карла в Испании была *выгодна* для Гаруна в Багдаде — и тот пытался соблазнить Карла ещё одной войной. Против Византии, чьи правители *не* признавали государя франков полноценным императором.

Таковым объявил Карла римский папа: с его точки зрения, правители Царьграда впали в ересь иконоборчества, Карл же был правильный католик. Но трезвый политик: Карл *не* ввязался в ненужную ему войну с богатой христианской державой (это знают многие ломоносовцы). Вместо этого Карл объявил войну языческой державе — Аварскому Каганату на Балканах, где союзником Карла стал другой воинственный язычник — Болгарский хан Крум. В итоге авары были разгромлены (на радость южным славянам) — а Крум напоследок одолел и убил ромейского императора Никифора 1. Но уж этих деталей не знает ни один современный российский школьник!

В таких условиях полухудожественные тексты-ловушки со вставленными историческими ошибками (анахронизмами) играют более полезную роль, чем теоретические абстракции. Что выявили примеры этого года, посвящённые подвигу Магеллана (**задача 11**) и битве при Кагуле (**задача 12**)?

Во-первых, даже младшие школьники помнят многие детали экспедиции Магеллана: от числа вернувшихся моряков, их национальностей и даты возвращения до персоны тогдашнего германского императора Карла 5 Габсбурга и его военных подвигов. Зато массовые *заблуждения* юных ломоносовцев проявились в *логике* рассказа.

Например, многие школьники уверены, что корабль Магеллана *не мог* называться «Виктория», а сам Магеллан *не мог* погибнуть от рук дикарей — *потому что* имя «Виктория» носил корабль Нельсона в 19 веке, а дикари убили Кука в 18 веке. Или же: *не могли* испанцы расстрелять французских рыцарей из ружей, поскольку рыцари исчезли *раньше*, чем появились ружья! Все эти детали укладываются в общую догму: «в Другом веке *всё* должно быть по-другому, чем у нас!»

В *биологии* эту догму исповедовал великий эволюционист Кювье — основатель современной *палеонтологии*. Она помогла ему реконструировать великолепную фауну млекопитающих Третичного периода. Но она же *помешала* Кювье распознать более древнюю фауну динозавров в Мезозойской эре! Или Палеозойскую флору *голосеменных* и *папоротников* — в ещё более давние времена, хронологию которых Кювье *не мог* ничем измерить. Но современные историки располагают довольно точной и цельной хронологией — и школьные учителя должны передавать

её школярам не как сухую словесную схему, но как компас в частично познанном море фактов, событий и персон былых времён и ушедших миров.

Что нового в этом плане сообщают нам успехи и неудачи старшекласников в поиске ошибок в тексте о Фридрихе 2 и Екатерине 2? Во-первых, очень многие школяры не могут поверить, будто русские казаки ездили по Берлину до 1945 года — и даже до 1815 года. Значит, великая победа Салтыкова над Фридрихом у Кунерсдорфа (1759) повисает в воздухе без немедленных последствий. Берлинский марш корпуса Чернышёва как бы вычеркнут из истории последующим антироссийским указом Петра 3 о мире с Пруссией. Но ведь не бесследно! Без явного предательства русских имперских интересов Петром 3 даже столичные гвардейцы не решились бы свергнуть и убить законного государя всего через полгода после его воцарения.

Вспомним, что даже принц Павел (взбалмошный умник, но твёрдый патриот) молча признал обоснованность действий заговорщиков 1762 года. Вступив на трон (1801), Павел выставил цареубийцу Алексея Орлова на публичный позор во время перезахоронения Петра 3 — однако не посадил знатного злодея в тюрьму и даже не сослал его в дальнее село. И пожал плоды этой своей ошибки через 5 лет — но всё же не через 5 месяцев, как его глупый отец. Нашим старшекласникам полезно бы знать такие тонкости! А где их сейчас прочтёшь, кроме давних книг покойного Натана Эйдельмана?

Далее: о ничем не заполненной пропасти между историями российской *державы* и российской *науки*. Очень многие ломоносовцы не помнят или не верят, что Эйлер был современником Екатерины 1 и Екатерины 2, что он приезжал в Петербург *дважды* (1727 и 1766) — по приглашению обеих цариц. Ещё труднее школьнику поверить, что вслед за Эйлером в Россию приехал Дидро — накануне восстания Пугачёва (1773). Однако в России французский просветитель-атеист встретил явное неодобрение большинства академиков, во главе с Эйлером — и поспешно уехал домой, с пожизненной пенсией от русской императрицы. Чтобы ждать развала абсолютной монархии хотя бы в просвещённой им Франции.

Этого Дидро не дождался — как и многие российские диссиденты через 200 лет. Но учат ли сейчас российских подростков *сравнивать* буревестников двух разных революций? Видимо, учат — но в очень немногих школах. В итоге лучшую сумму баллов по тексту о Фридрихе 2 и Екатерине 2 собрала наша давняя знакомая — Катя Рыбина из 9 класса знаменитой московской физматшколы 57.

Напротив — в поиске ошибок вокруг Магеллана очень хорошие суммы баллов набирали ученики младших классов из многих провинциальных школ.

К сожалению, они не столь сведущи в ранней истории Руси. Здесь (**задача 10**) авторы ожидали от школяров каких-либо сообщений или надежд на *археологические* дополнения к летописным сведениям о древнем Киеве, Новгороде или Смоленске.

Увы — *ни один* ломоносовец не употребил с пользой даже слово «дендрохронология»! Хотя эта разновидность летописи доведена в Новгородской земле до середины 8 века — а в Поднепровье и на Балканах ещё дальше в прошлое. Видимо, для пропаганды этой ветви исторического знания школьным учителям не хватает ярких образов и персон, описанных в научно-популярных книгах и фильмах.

Но ведь они есть! И нестареющая книжка Валентина Янина «Я послал тебе бересту», и переизданные недавно «Рассказы о Древнем Новгороде» Юрия Вронского. Без этого фундамента и лучшие романы Дмитрия Балашова не доходят до ума и сердца школьников — будь они даже заядлыми олимпиадниками. Так что всем нам есть над чем поработать в ближайшие годы.

## Критерии проверки и награждения

Всего было предложено 12 заданий, в том числе 10 задач-вопросов (№ 1–10), предполагающих развёрнутые ответы, и два творческих задания на поиск исторических ошибок в предложенных текстах (задания № 11 и 12). Каждое задание оценивается в баллах (целое положительное число либо 0).

1 балл ставится за 1 верно названное и описанное событие, персону или связь между ними (в заданиях № 1–10, в соответствии с тем, что требуется в заданиях).

Оценки за задания 11 и 12 являются целыми числами, соответствующими количеству верно указанных и обоснованных участником исторических ошибок. (В случае, если при перечислении ошибок участник допускал логические повторы или перебирал ошибки наугад, включая в их число и верные утверждения, ставилась более низкая оценка, соответствующая реальному объёму выполнения задания.)

При награждении учитывалась сумма баллов по всем заданиям, и класс, в котором учится участник.

Сумма  $S$  считалась по формуле

$$S = 4N_1 + 2N_2 + 2N_3 + 2N_4 + 2N_5 + 2N_6 + 2N_7 + 2N_8 + 4N_9 + 4N_{10} + N_{11} + N_{12}$$

где  $N_1, \dots, N_{12}$  — баллы за задания с 1 по 12 соответственно.

Как было объявлено в преамбуле заданий по истории, сравнительно более сложными считались (и, соответственно, выше оценивались) задания № 1, 5, 8. Это не противоречит тому, на какие числа умножались баллы за задания в вышеуказанной формуле — так как критерии выставления первоначальных баллов были разными по разным заданиям.

Оценки «е» и «v» ставились в соответствии с таблицей (нужно было набрать указанную в таблице или большую сумму баллов  $S$ ).

Класс	«е» (балл многоборья)	«v» (грамота)
3 и младше	—	1
4	1	2
5	1	3
6	2	3
7	3	5
8	3	5
9	4	6
10	4	7
11	4	7

В случае, если поставлена оценка «v», оценка «е» не ставится.

## Статистика

Приводим статистику решаемости задач конкурса по истории. Учтены все работы по истории, сданные школьниками (в том числе и нулевые). Школьники, не сдавшие работ по истории, в этой статистике не учтены.

Сведения о количестве школьников по классам, получивших грамоту по истории («v»), получивших балл многоборья («е»), а также общем количестве участников конкурса по истории (количестве сданных работ).

Класс	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Всего
Всего	0	1	5	15	236	1138	1109	1194	1000	942	1065	6705
«е»	0	0	0	0	33	93	79	103	88	154	224	774
«v»	0	0	0	1	12	74	82	121	138	128	230	786

Сведения о распределении баллов по заданиям №№ 1–10.

Оценка (баллы)	Номера заданий // количество участников									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
–	6083	3563	5673	4985	5576	6005	5306	5306	3817	3180
0	502	2569	930	1117	880	480	769	961	2692	3268
1	99	519	99	493	190	172	537	410	173	239
2	19	44	2	92	46	36	77	23	21	15
3	1	10	1	14	12	10	12	3	2	3
4	1	0	0	4	0	2	2	1	0	0
5	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
≥10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Всего	6705	6705	6705	6705	6705	6705	6705	6705	6705	6705

Статистика по «текстам с ошибками» (задания № 11 и № 12) — количество ошибок, найденных участниками конкурса по истории.

№	Количество найденных ошибок // количество участников																				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	≥20
11	606	438	231	132	80	49	42	17	13	5	3	1	1	4	0	0	1	0	0	0	0
12	512	286	187	111	65	55	32	14	9	5	0	3	5	1	0	0	1	0	0	0	0

# Конкурс по биологии

## Задания

На каждый вопрос могут отвечать школьники любого класса (задания по классам не делятся).

- 1.** Известно, что у многих животных встречаются особи с нестандартным окрасом: белые (альбиносы) или очень тёмные (меланисты). Чем такие окраски могут вредить и чем могут быть полезны животному?
- 2.** Гуляя зимой по лесу, мы часто натываемся на следы различных животных. Узнать, кто из представителей животного мира проходил здесь до нас, помогают специальные книги — определители по следам. Однако нас также заинтересует и вопрос, как давно животное здесь проходило, что оно тут делало и есть ли шанс встретить его здесь в ближайшее время? Предложите критерии и признаки, на которые вы будете ориентироваться, стараясь ответить на данные вопросы.
- 3.** Одним из направлений программы освоения космоса является изучение влияния невесомости на различные живые организмы. Попробуйте спрогнозировать результаты таких экспериментов: как невесомость будет влиять на представителей разных групп организмов, какие изменения при этом мы будем наблюдать?
- 4.** В клетках эукариот (к которым относится и человек) молекулы ДНК, содержащие наследственную информацию, находятся в ядре. А у прокариот ядра нет, а молекулы ДНК есть, и они тоже содержат наследственную информацию. Как вам кажется, какие преимущества даёт наличие клеточного ядра? Приводит ли его наличие к каким-то проблемам? Перечислите как можно больше проблем и преимуществ.
- 5.** В животном мире известны примеры, когда отдельные зубы (чаще всего — верхние клыки) очень сильно разрастаются. Примером могут служить вымершие саблезубые тигры или современные слоны. Приведите другие примеры животных с разросшимися зубами и придумайте, как животные могли бы их использовать.
- 6.** На земном шаре жизнь есть практически везде, в том числе в местах с очень высокой температурой (например, в горячих источниках), и с очень низкой (в приполярных областях, на вершинах гор). С какими трудностями сталкиваются обитающие там организмы и как они их преодолевают?



7. Представьте себе, что звездолёт прилетел на незнакомую планету. Учёные исследовали её и обнаружили, что все живые организмы там представлены только грибами. Может ли такое быть? Если нет, то почему? Если да, то при каких условиях?

### Пояснение к заданию

При оценке ответов на вопросы по биологии школьники могут получить баллы за правильные ответы. За неправильный ответ баллы не снижаются. Полученные за ответы на разные вопросы баллы складываются, итог подводится в зависимости от суммы баллов и класса.

Как правило, вопросы по биологии предполагают наличие нескольких (а часто — и довольно многих) правильных ответов. За каждый правильный ответ начисляется 1 или 2 балла, в зависимости от того, насколько сложен вопрос и насколько очевиден ответ. Бывают вопросы, на которые нет однозначно правильного ответа. В этом случае положительные баллы начисляются за любую разумную гипотезу.

Если школьник не только перечисляет идеи, являющиеся, по его мнению, ответами на вопрос, а и разумно их аргументирует, это может повышать его оценку.

В тех вопросах, где просят привести примеры, — каждый правильный пример повышает оценку на 0,5–1 балл. Важно, что примеры должны точно соответствовать поставленному вопросу. Так, при ответе на вопрос про светящихся водных животных пример «светлячок» учитываться не будет.

Также считаются за один совсем однородные примеры. Скажем, если вопрос про животных, у которых личинки и взрослые особи имеют разный корм, примеры «лягушка» и «жаба» будут считаться однородными.

За каждый вопрос можно получить несколько баллов, и даже довольно много (8–10). Верхнего предела оценки не существует. К сожалению, довольно часто ребята, придумав 1 ответ на вопрос, этим и ограничиваются, получая за ответ 1–2 балла.

Объём написанного текста не влияет на оценку. Важно не сколько написал автор работы, а сколько разумных мыслей он при этом высказал и сколько правильных примеров привёл. Также не повышают оценку рассуждения на посторонние, пусть и связанные с вопросом, темы.

Оценивается только работа самого участника. За текст, переписанный из справочной литературы, а также из других работ, баллы не начисляются.

## Ответы и комментарии

1. Известно, что у многих животных встречаются особи с нестандартным окрасом: белые (альбиносы) или очень тёмные (меланисты). Чем такие окраски могут вредить и чем могут быть полезны животному?

**Ответ.** Ответ на этот вопрос предполагал обсуждение различных сторон жизни животных, которые связаны с их окраской. Как правило, видовая окраска не случайна. Она может быть маскировочной — делать животное малозаметным; или наоборот — яркой, контрастной, выделяющейся — предупреждая, например, о ядовитости её носителя. Нарушение любой приспособительной окраски скорее всего нанесёт вред организму — такие животные будут легче попадаться хищникам.

Белая или чёрная окраска в некоторых случаях может повысить приспособленность организма. Самый частый пример — альбиносы на белом снегу. Этот ответ засчитывался, однако надо сказать, что если животному выгодно быть белым зимой, то такая окраска обычно в процессе эволюции уже выработалась у всех организмов данного вида.

Гораздо менее вероятно, что необычная окраска будет помогать животному спастись от хищника из-за того, что, как писали в некоторых работах, «хищник его не узнает и не съест». Опыт показывает, что хищников обычно не останавливает необычный вид жертвы.

Ещё одна важная функция характерной видовой окраски — сигнальная. Она позволяет узнавать друг друга самцам и самкам, может информировать сородичей о возрасте, физиологическом состоянии и силе животного. Нарушение окраски будет мешать её носителю налаживать нормальные взаимоотношения с особями своего вида. Он будет «белой вороной» в своей стае.

Многие школьники обращали внимание на то, что белая или чёрная окраска может повлиять на то, как организм относится к солнечным лучам. В простейшем случае — чёрные нагреваются сильнее, чем белые, при прочих равных условиях. Это иногда может быть полезно, а иногда — вредно. Кроме того (и это даже важнее!) тёмная окраска защищает её хозяина от ультрафиолетовых лучей. Если при этом в ответе была выстроена логическая цепочка: ультрафиолет может вызывать мутации, которые, в свою очередь, повышают вероятность раковых заболеваний, — оценка повышалась.

В некоторых случаях альбинизм может быть признаком сложных генетических нарушений. Так широко известно, что среди белых кошек глухота встречается чаще, чем среди кошек с другим окрасом. При этом животное страдает не столько от цвета, сколько от других болезней.

Распространённое мнение о том, что у альбиносов нарушен иммунитет, достоверных подтверждений не имеет. В некоторых случаях большая подверженность таких животных различным заболеваниям может быть следствием нарушения механизмов гормональной регуляции, поскольку ряд гормонов имеют тот же химический предшественник, что и краситель меланин — аминокислоту тирозин.

Наконец, в некоторых работах отмечалось, что для животных может быть небезразлично, как к его окраске относится человек. Необычную окраску домашних животных люди часто поддерживают с помощью искусственного отбора. А вот диким животным она может приносить вред, поскольку шкурка необычного окраса становится особенно желанным охотничьим трофеем.

**2.** Гуляя зимой по лесу, мы часто натываемся на следы различных животных. Узнать, кто из представителей животного мира проходил здесь до нас, помогают специальные книги — определители по следам. Однако нас также заинтересует и вопрос, как давно животное здесь проходило, что оно тут делало и есть ли шанс встретить его здесь в ближайшее время? Предложите критерии и признаки, на которые вы будете ориентироваться, стараясь ответить на данные вопросы.

**Ответ.** Обсудим ответ на каждый из вопросов отдельно.

На вопрос «Как давно животное прошло» школьники чаще всего предлагали отвечать, обращая внимание на чёткость отпечатка на снегу или грунте. Однако при этом необходимо учитывать, давно ли шёл снег или дождь, а также структуру поверхности, на которой оставлен след. Понятно, что на плотной почве следы будут менее чёткими, чем на мягкой, а прошедший снег гарантирует нам то, что мы увидим только следы, оставленные после снегопада. Аналогичные рассуждения применимы и к глубине следа. Только на глубину влияет ещё и вес самого животного.

О давности следа может свидетельствовать обнаружение в нём каких-то посторонних предметов (листьев, хвоинок и т. п.), или то, что интересующий нас след оказался перекрытым другими следами.

Стоит обращать внимание и на дополнительные «улики», если они есть: свежий или подсохший помет, свежесть погрызов или, скажем, царяпин на деревьях и т. п.

Большим подспорьем может послужить поведение других животных при встрече со следом. Охотничья собака может понять, насколько свежий след, по запаху, что человеку почти недоступно. Только в редких

случаях человек может отличить свежий след, обнюхав его. Тем не менее, если школьники в своих ответах предлагали понюхать следы, этот вариант засчитывался как разумный.

Что животное делало?

О поведении и «занятии» животного в первую очередь можно судить по особенностям следовой дорожки. Рисунок будет разным в случае, если животное бежало и если оно долго топталось на одном месте. На глубине следа поведение отражается, но эту связь трудно интерпретировать. Гораздо полезнее оценивать характер походки (размер прыжков, взаимное расположение отпечатков и т. п.), а также общий вид следовой дорожки. Так известно, что заяц, спасаясь от хищников, запутывает след, делая петли, сдвойки и неожиданные прыжки в сторону.

Естественно, если вы видите лёжку (отпечаток тела животного) — значит оно лежало, а если видны остатки пищи — значит питалось. Иногда можно видеть следы охоты или транспортировки добычи. Например, горноста́й, поймав мышь, тащит её в зубах и оставляет характерные чёрточки рядом со своим следом.

Можно заметить также следы взаимодействия животных одного вида. Иногда это метки разного рода, оставляемые животным для обозначения территории. Иногда — следы нескольких особей, проходивших вместе или по очереди. Всё это тоже может дать информацию о поведении «хозяина» следа.

Есть ли шанс встретить это животное вновь?

Чтобы по следам определить, насколько вероятна встреча с животным, желательно иметь представление о биологии вида: живёт он стаями, семьями или в одиночку? имеет ли собственную территорию? чем питается? как выращивает детёнышей? Всё это поможет понять, насколько вероятно встретить данный вид в месте обнаружения следа.

Если вы обнаружили место скопления или многократно использованную тропу, вероятность встречи достаточно велика. Есть вероятность увидеть животное и в том случае, когда вы видите несколько следов одного и того же животного разной свежести (это означает, что оно проходило тут неоднократно).

Конечно же, весьма вероятно увидеть животное, если вы нашли постоянно используемое место питания или водопоя. Или обнаружили его нору или другое постоянное убежище.

Все эти признаки вместе могут дать вам очень ценную информацию о жизни животных, но для того, чтобы увидеть их, нужно внимание, опыт и немножко везенья.

**3.** Одним из направлений программы освоения космоса является изучение влияния невесомости на различные живые организмы. Попробуйте спрогнозировать результаты таких экспериментов: как невесомость будет влиять на представителей разных групп организмов, какие изменения при этом мы будем наблюдать?

**Ответ.** Давая ответ на этот вопрос, следует сразу отметить, что в нём спрашивалось только про влияние невесомости. Если участник турнира писал про влияние каких-то других факторов на организм, такие ответы не засчитывались. Тем более вопрос не предполагал выживание организмов в открытом космосе.

Как же невесомость может повлиять на разные живые существа?

Легче всего нам представить себе влияние невесомости на животных (включая человека). Невесомость воздействует на различные системы органов. Так, существенное влияние она оказывает на опорно-двигательную систему. В отсутствие силы тяжести, мышцы и кости не испытывают привычных нагрузок, поэтому при длительном пребывании в невесомости мышцы начинают ослабляться и могут даже частично атрофироваться, а кости перестраиваются. А ещё — не слишком важное изменение, но всё же — меняется кожа на тех участках, которые испытывали нагрузку на Земле, например, на подошвах.

Также в невесомости могут возникать проблемы с кровообращением, с распределением жидкостей в организме. А это может, в свою очередь, влиять и на другие органы, в частности — на мозг.

Ещё одна система, работа которой нарушается в невесомости, — это вестибулярный аппарат, поскольку его работа основана на раздражении кристаллами рецепторов под действием силы тяжести. Космонавты знают, что в невесомости в первое время их преследуют головокружение, тошнота. Им трудно рассчитывать свои движения, точность их снижается. Могут также нарушаться глотание, выведение жидкостей. Однако постепенно организм приспособливается к невесомости и движения становятся более точными. С другими животными происходит то же самое: как правило, они тоже постепенно адаптируются к необычным условиям, хотя это не всегда происходит быстро. Если же животные размножаются в условиях невесомости, то у них могут возникать проблемы с оплодотворением. Хотя опыты показывают, что в основном размножение проходит достаточно успешно.

Для растений проблемы с током жидкости тоже могут быть весьма существенными, а также может нарушаться геотропизм. Отсутствие силы тяжести часто приводит к тому, что растения вытягиваются

гораздо сильнее, чем на Земле, а растут в основном в сторону света. Размножение растений в невесомости вполне возможно, на орбите удавалось получать несколько поколений. Но некоторые сложности растения могут испытывать при оседании спор и других процессах, требующих земного притяжения.

Для грибов невесомость не представляет серьёзной трудности, лишь в некоторых случаях может нарушаться формирование плодовых тел. Практически никакого влияния невесомость не оказывает на бактерии.

**4.** В клетках эукариот (к которым относится и человек) молекулы ДНК, содержащие наследственную информацию, находятся в ядре. А у прокариот ядра нет, а молекулы ДНК есть, и они тоже содержат наследственную информацию. Как вам кажется, какие преимущества даёт наличие клеточного ядра? Приводит ли его наличие к каким-то проблемам? Перечислите как можно больше проблем и преимуществ.

**Ответ.** Преимущества наличия ядра в клетке связаны в первую очередь с наличием ядерной мембраны. Она отделяет внутреннее пространство ядра от цитоплазмы. Это позволяет отделить многочисленные биохимические процессы, идущие в ней, от места хранения наследственного материала. В ядре же сконцентрированы вещества, работающие с ДНК, это позволяет повысить их локальную концентрацию и увеличить эффективность работы.

Кроме того, ДНК в ядре расположена не беспорядочно. Ядро имеет свою структуру, различные участки генома расположены на определённых местах. Это позволяет увеличить размеры генома.

Ядерная мембрана отделяет место синтеза белка от места синтеза РНК. Такое разделение позволяет включить дополнительные регуляторные механизмы. Например, РНК может не выходить из ядра, накапливаясь в нём до поры.

Также в некоторых случаях ядерная мембрана может служить дополнительным барьером на пути проникновения вредоносных объектов, таких как вирусы.

Однако наличие ядра как отдельного органоида несёт и определённые неудобства. Очевидно, что поддержание такой структуры требует дополнительных затрат веществ (хотя бы на построение ядерной мембраны) и энергии. Транспорт веществ через ядерную мембрану также идёт с затратой энергии.

Увеличивается промежуток времени между синтезом РНК и считыванием с этой РНК белка. К тому же клетка теряет некоторые регуля-

торные механизмы, основанные на том, что у безъядерных организмов рибосомы могут начинать синтез белка не дожидаясь, пока РНК будет до конца сформирована.

Отделение наследственного материала от остальной части клетки ведёт и к проблемам с делением. Этот процесс усложняется и также становится более энергозатратным. Это приводит к снижению скорости размножения клеток, что также может быть нежелательно.

Наконец, любое увеличение сложности системы (а формирование ядра безусловно ведёт к увеличению сложности) ведёт к увеличению числа ошибок в работе системы, последствия которых точно предсказать трудно.

**5.** В животном мире известны примеры, когда отдельные зубы (чаще всего — верхние клыки) очень сильно разрастаются. Примером могут служить вымершие саблезубые тигры или современные слоны. Приведите другие примеры животных с разросшимися зубами и придумайте, как животные могли бы их использовать.

**Ответ.** Разросшиеся зубы встречаются у животных не так уж редко. Вот некоторые примеры:

**Кабаны** (дикие свиньи) имеют разросшиеся клыки, которые в основном используют для копания, чтобы добыть пищу. Но также они могут использоваться в турнирных боях между самцами. Для защиты от врагов они используются редко, но такой вариант ответа тоже считался возможным.

Другая свинья с разросшимися зубами так и называется — **кляк-стая свинья** или бабирусса. У самцов клыки так велики, что проходят через кожу и могут загигаться до лба. Использовать такие гипертрофированные клыки для практических целей невозможно, скорее всего, это признак, повышающий статус самца и привлекающий самок

Разросшиеся клыки имеют **моржи**. Они используют их для вскапывания грунта (добычи пищи), для турнирных боёв между самцами, а также они помогают передвигаться по льду (морж может зацепляться ими).

Китообразное **нарвал** имеет на голове огромный разросшийся зуб, который к тому же закручен в спираль. Точное назначение этого орудия не вполне ясно, но, поскольку в вопросе требовалось *придумать*, как животные могли бы использовать свои огромные зубы, принимались разумные версии. Этот зуб может быть чувствительным органом, использоваться для проделывания дыр во льду, а также — для турнирных боёв или как вторичный половой признак.

Свойственны разросшиеся клыки и некоторым **оленям**, таким как кабарга или мунтжаки. Чаще всего самцы используют их при выяснении отношений в борьбе за самок. Но могут иногда применять и для защиты от хищников.

Вымершие **мамонты** использовали свои бивни (разросшиеся верхние резцы) для разгребания снега и почвы для добычи корма, а также в боях между самцами и для защиты от нападения. Практически так же, как используют бивни современные слоны.

Довольно часто разросшиеся резцы можно встретить у представителей отрядов **грызунов** и **зайцеобразных**. Они используют их для разгрызания твёрдой пищи, сдирания коры с деревьев, а некоторые — например, слепушонки — для копания грунта при строительстве нор. Многим школьникам известны **бобры**, которые своими огромными резцами отгрызают ветки и даже валят деревья, а потом используют их в строительстве плотин, хаток, а небольшие ветки едят.

Довольно часто школьники в своих ответах упоминали разросшиеся клыки хищников. Однако на самом деле у большинства современных хищников разрастаются в основном не клыки, а один из коренных зубов (так называемый «хищный зуб»), который используется для раздвигания добычи. Разрастание клыков было свойственно вымершим **саблезубым кошкам** и некоторым **сумчатым**. Они использовали их в первую очередь для быстрого умерщвления добычи.

**Ядовитым змеям** свойственно разрастание передних зубов, которые служат для введения яда в жертву и для удержания добычи. А **рыба саблезуб** получила своё название за то, что имеет разросшиеся зубы, помогающие ей удерживать добычу.

В заключение надо отметить, что, поскольку в вопросе требовалось привести другие (кроме слонов и саблезубых тигров) примеры животных с разросшимися зубами, обсуждение этих примеров не засчитывалось.

**6.** На земном шаре жизнь есть практически везде, в том числе в местах с очень высокой температурой (например, в горячих источниках), и с очень низкой (в приполярных областях, на вершинах гор). С какими трудностями сталкиваются обитающие там организмы и как они их преодолевают?

**Ответ.** Сразу следует отметить, что в вопросе вершины гор и другие места приводились только как примеры жарких и холодных условий. Поэтому не предполагалось обсуждения каких-то факторов, связанных



с высокогорьем, кроме температуры. За рассуждения о разреженности воздуха и т. п. балы не начислялись.

Какие же трудности испытывают организмы в условиях экстремальных температур?

### **В экстремально горячих местообитаниях.**

Наиболее известная проблема — тепловая денатурация белков. То есть нарушение их нормальной структуры, которое не позволяет белкам нормально работать. У живущих в «горячих» условиях организмов в ходе эволюции выработался специфический состав белков, которые денатурируют при более высоких температурах, чем обычно. А у организмов, которые лишь периодически попадают в условия повышенной температуры, очень хорошо работает система теплового шока, свойственная практически всем организмам. Эта система защищает белки в момент повышения температуры от полного распада и слипания в комок, но работать белки при этом не могут. Они только переживают «горячий» период, а потом восстанавливают свою структуру.

Также при повышенной температуре может происходить расплетание цепей ДНК. Чем выше содержание нуклеотидов Г и Ц (гуанин и цитозин), тем при более высокой температуре происходит это расхождение, поэтому в ДНК термоустойчивых организмов содержание этих нуклеотидов обычно высокое.

Также высокая температура может вызывать нарушение клеточных мембран, поэтому в термоустойчивых клетках часто бывает специфический набор липидов, а кроме того мембрана бывает укреплена клеточной стенкой нелипидной природы.

Довольно часто жизнь в условиях повышенной температуры сопровождается большими потерями воды, особенно если организмы используют испарение как способ терморегуляции. При этом им необходимо иметь способы очень точно регулировать испарение или добывать воду какими-то специальными способами. Это, конечно, не относится к обитателям горячих источников — они ведь живут в воде.

### **В экстремально холодных местообитаниях.**

В этом случае опасность представляет замерзание воды в клетках, что может привести к их разрыву. Чаще всего защитой от этой опасности служит накопление в цитоплазме веществ, снижающих температуру замерзания.

Холод может приводить также к денатурации белков и нарушению структуры мембран. Для преодоления этого организмы также используют белки и липиды специфического состава или белки-помощники.

Кроме того, холод приводит к снижению скорости всех химических реакций. Поэтому холодные условия часто выдерживают теплокровные организмы, способные активно поддерживать температуру тела выше окружающей. Также может помочь использование белков-ферментов с повышенной активностью. К этому же типу проблем относятся трудности со всасыванием воды у растений. Поэтому растения, живущие в холодных местах, часто вынуждены защищаться от испарения так же, как растения засушливых мест.

В любом случае в условиях холода организмы теряют большое количество энергии, поэтому должны компенсировать потери каким-то образом, например, за счёт пищи или жировых запасов. Также можно проводить наиболее экстремальный период в неактивном состоянии (спячка, анабиоз и т. п.)

Общими методами защиты от экстремальных температур являются: различные способы избегания, в частности, использование убежищ, а также активное сопротивление условиям — в данном случае — терморегуляция. Многие школьники писали об использовании термоизолирующих прослоек — жир, шерсть и др., а также об изменении соотношения различных частей тела. В частности, широко известно правило, по которому у животных жарких мест большая площадь выступающих частей тела, а у живущих в холодных местах — маленькая.

Есть и некоторые общие трудности, которые испытывают организмы, живущие в разных экстремальных местах, и общие способы их решения.

В таких местах плотность живых существ часто вообще невысока, поэтому организмы могут испытывать проблемы с питанием и поиском пары для размножения. Здесь каждый вид использует собственные механизмы повышения вероятности встречи пар. А недостаток питания возмещают снижением интенсивности обмена, особенно в голодные периоды.

Молодые, развивающиеся организмы в условиях экстремальных температур оказываются особенно уязвимы. Поэтому для них, как правило, создаются особые условия, используются убежища, запасаются питательные вещества. Также может использоваться метод избегания.

**7.** Представьте себе, что звездолёт прилетел на незнакомую планету. Учёные исследовали её и обнаружили, что все живые организмы там представлены только грибами. Может ли такое быть? Если нет, то почему? Если да, то при каких условиях?

**Ответ.** Если отвечать на этот вопрос глобально, ответ будет — нет. Биосфера из одних грибов невозможна, поскольку грибы — гетеротрофы, они не могут сами синтезировать органические вещества из неорганических. Для существования устойчивой биосферы необходимы автотрофы, создающие органику.

Однако вопрос поставлен так, что можно представить себе подобную ситуацию. Для начала можно предположить, что учёные просто исследовали планету не очень тщательно, и автотрофы ещё будут обнаружены. Если же ошибки нет, то можно представить себе, что автотрофы были на этой планете, но к моменту появления учёных уже умерли, а грибы питаются их остатками. Другой вариант — органика поступает на планету откуда-то извне или постоянно возникает в результате химических реакций. Также можно представить себе, что у грибов есть автотрофные симбионты, которые поставляют им органику, но не заметны снаружи. За эти и подобные предположения начислялись баллы.

Многие школьники предполагали, что грибы не смогут выжить на планете без растений из-за того, что на ней не будет кислорода. Но среди грибов есть виды, которые могут обходиться без кислорода, поэтому такой ответ не засчитывался как верный.

*В составлении вопросов и ответов участвовали:*

Татьяна Олеговна Зверева,  
Елена Иосифовна Кудрявцева,  
Евгения Георгиевна Петраш,  
Андрей Николаевич Семёнов,  
Сергей Юрьевич Синельников,  
Кира Николаевна Шатохина.

## Критерии проверки и награждения

Работа каждого школьника оценивалась целым числом баллов  $\geq 0$ . О том, как именно ставятся баллы, указано в пояснении к заданию по биологии (см. стр. 97; этот текст выдавался всем участникам турнира вместе с заданием).

Проверка работ осуществлялась с помощью специальных бланков протоколов проверки (или идентичной по содержанию web-формы при электронной проверке), см. стр. 109. При публикации оценок по биологии после баллов также перечисляются все отмеченные при проверке пункты протокола (номера этих пунктов).

Первая цифра номера пункта — это номер задания, к которому этот пункт относится.

За четырёхзначные номера пунктов вида «A00B», где  $A$  и  $B$  — цифры, давалось  $B$  баллов за задание номер  $A$  (эти пункты соответствуют дополнительным баллам, проставляемым за ответы, не обозначенные в критериях явно).

За пункты 702–705 ставилось по 3 балла.

За пункты 403–405, 407–414, 6012–6034, 6051–6099, 610, 616 и 701 ставилось по 2 балла.

За остальные пункты ставилось по 1 баллу.

При награждении учитывалась сумма баллов по всем заданиям, и класс, в котором учится участник.

Оценки «е» и «v» ставились в соответствии с таблицей (нужно было набрать указанную в таблице или бóльшую сумму баллов).

Класс	«е» (балл многоборья)	«v» (грамота)
3 и младше	4	7
4	6	8
5	7	10
6	8	12
7	9	15
8	10	18
9	11	20
10	12	21
11	15	24

В случае, если поставлена оценка «v», оценка «е» не ставится.

Номер  
карточки

--	--	--	--	--	--	--

Класс

--	--

Фамилия участника:

1. Известно, что у многих животных встречаются особи с нестандартным окрасом: белые (альбиносы) или очень тёмные (меланисты). Чем такие окраски могут вредить и чем могут быть полезны животному?  
**100... +баллы 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9**

*Вред.*

- 101 нарушение приспособительной окраски (маскировки, мимикрии и др.)
- 102 животное «не узнаёт» особи своего вида
- 103 альбинизм делает организм чувствительным к ультрафиолету
- 104 альбинизм может повышать вероятность заболевания раком
- 105 альбинизм может приводить к ухудшению зрения
- 106 меланизм может приводить к перегреву на солнце
- 107 изменение окраски может быть соупств. признаком при сложных генетических нарушениях

*Польза.*

- 108 необычная окраска может повысить приспособленность (например, совпадать с окраской фона)
- 109 белый цвет снижает возможность перегрева (в жарких условиях)
- 110 чёрный цвет лучше нагревается (в холодных условиях)
- 111 тёмный цвет лучше защищает от ультрафиолетовых лучей
- 112 домашние животные необычной окраски могут иметь преимущества при искусственном отборе

2. Гуляя зимой по лесу, мы часто натываемся на следы различных животных. Узнать, кто из представителей животного мира проходил здесь до нас, помогают специальные книги — определители по следам. Однако нас также заинтересует и вопрос, как давно животное здесь проходило, что оно тут делало и есть ли шанс встретить его здесь в ближайшее время? Предложите критерии и признаки, на которые вы будете ориентироваться, стараясь ответить на данные вопросы.  
**200... +баллы 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9**

*Как давно животное прошло.*

- 201 давно ли был снег или дождь
- 202 чёткость следа
- 203 посторонние объекты внутри следа
- 204 прекрытость другими следами при наличии дополнительных «улик»
- 205 свежесть помёта, погадок и т. п.
- 206 свежесть повреждений (засохли ли обкусанные ветки, застроен ли разрытый муравейник и т. п.)
- 207 поведение домашних животных при встрече со следом

*Что животное делало.*

- характер походки
    - 2081 глубина следа
    - 2082 длина шага/прыжка
    - 2083 характерный рисунок дорожки следов (прямая, извилистая, петли, сдвойки)
  - 209 наличие лёжек
  - 210 следы питания
  - 211 наличие нор/убежищ
  - 212 наличие следов другого вида
  - 213 наличие следов других особей того же вида
  - 214 наличие характерных повреждений и/или меток
- Появятся ли вновь.*
- 215 наличие троп или следов скопления данного вида
  - 216 наличие следов разной свежести одного и того же животного
  - 217 наличие пищи или мест водопоя
  - 218 наличие характерных убежищ

---

**3.** Одним из направлений программы освоения космоса является изучение влияния невесомости на различные живые организмы. Попробуйте спрогнозировать результаты таких экспериментов: как невесомость будет влиять на представителей разных групп организмов, какие изменения при этом мы будем наблюдать?

300...+баллы 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

*Для животных.*

- отсутствие восприятия силы тяжести
  - 3011 проблемы с вестибулярным аппаратом, ориентацией в пространстве:
  - 3012 головокружение и тошнота у человека
  - 3013 дискоординация вестибулярного аппарата с другими органами чувств
  - 3014 трудности в расчёте точных движений
- 302 частичная атрофия мышц
- 303 перестройка костей
- 304 проблемы с кровообращением, перераспределение жидкостей в организме
- 305 проблемы с глотанием, опасность поперхнуться
- 306 нарушение нормальных поведенческих реакций
- 307 сложности с выведением жидкостей
- 308 проблемы с оплодотворением, особенно наружным
- 309 изменения кожи на участках, испытывавших нагрузку на Земле

*Для растений.*

- 310 проблемы с током жидкостей
- проблемы с размножением (при наличии пояснения)
  - 3111 спорам, семенам трудно «осесть» на субстрат
  - 3112 сложности с оплодотворением в воде сухопутных растений
- 312 нарушение геотропизма
- 313 снятие некоторых ограничений размера, увеличение роста растения

*Для грибов.*

- 314 сложность формирования плодового тела

---

**4.** В клетках эукариот (к которым относится и человек) молекулы ДНК, содержащие наследственную информацию, находятся в ядре. А у прокариот ядра нет, а молекулы ДНК есть, и они тоже содержат наследственную информацию. Как вам кажется, какие преимущества даёт наличие клеточного ядра? Приводит ли его наличие к каким-то проблемам? Перечислите как можно больше проблем и преимуществ.

400...+баллы 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

*Преимущества.*

- 401 отделение наследственного материала от биохимических процессов в клетке
- 402 упорядоченное размещение ДНК в ядре позволяет увеличить размер генома
- 403 вещества, «работающие» с ДНК, сконцентрированы в одном месте
- 404 разделение мест синтеза РНК и белка
- 405 ядерная мембрана даёт дополнительные возможности регуляции
- 406 ядерная мембрана препятствует проникновению патогенных объектов

*Проблемы.*

- 407 поддержание структуры ядра требует затрат энергии
- 408 расходуется больше веществ, в частности — на ядерную мембрану
- 409 увеличение времени между синтезом РНК и белка
- 410 утрата некоторых механизмов регуляции синтеза белка
- 411 усложнение системы транспорта в клетке, увеличение энергозатрат на транспорт
- 412 затруднение деления клетки, необходимость специальных механизмов деления (митоз, мейоз)
- 413 снижение скорости размножения, следовательно — скорости эволюции
- 414 увеличение сложности системы повышает вероятность ошибок

---

5. В животном мире известны примеры, когда отдельные зубы (чаще всего — верхние клыки) очень сильно разрастаются. Примером могут служить вымершие саблезубые тигры или современные слоны. Приведите другие примеры животных с разросшимися зубами и придумайте, как животные могли бы их использовать. **500...** +баллы **0 1 2 3 4 5 6 7 8 9**

- кабаны (дикие свиньи) [разросшиеся клыки]  
**5011** пример животного **5012** копание **5013** турнирные бои **5014** защита от врагов
- бабируса (клякастая свинья) [разросшиеся верхние и нижние клыки загнуты вверх]  
**5021** пример животного  
**5022** вторичный половой признак (привлечение самки, демонстрация статуса самца)
- моржи [разросшиеся клыки]  
**5031** пример животного **5032** копание в грунте для добыwania пищи  
**5033** турнирные бои **5034** продельвания дыр во льду **5035** закрепление на льду
- нарвалы [разросшийся левый передний резец]  
**5041** пример животного **5042** возможно — чувствительный орган  
**5043** турнирные бои **5044** продельвание дыр во льду **5045** вторичный половой признак
- кабарга, водяные олени, мунтжаки [разросшиеся клыки]  
**5051** пример животных **5052** защита **5053** турнирные бои
- мамонты [разросшиеся верхние резцы]  
**5061** пример животного **5062** разгребание снега, добыча корма  
**5063** турнирные бои **5064** защита от нападения **5065** вторичный половой признак
- грызуны, зайцеобразные, некоторые копытные [разросшиеся резцы]  
**5071** пример животных **5072** разгрызание твёрдой пищи **5073** сдирание коры
- некоторые грызуны (слепушонки, слепыши и др.) [резцы]  
**5081** пример животных **5082** копание грунта, строительство нор
- бобры [разросшиеся резцы]  
**5091** пример животного **5092** заготовка стройматериала для строительства жилищ
- многие хищники [«хищный зуб» — гипертрофированный коренной]  
**5101** пример животных **5102** разделявание добычи
- ископаемые саблезубые кошачьи, сумчатые и др. (кроме тигров) [разросшиеся клыки]  
**5111** пример животных **5112** умерщвление добычи
- змеи [ядовитые зубы]  
**5121** пример животных **5122** введение яда
- рыба саблезуб [многочисленные длинные клыки на верхней и нижней челюсти]  
**5131** пример животного **5132** удерживание добычи

*Примечание.* В соответствии с формулировкой задания («приведите примеры») верно приведённые названия животных оцениваются даже без описания аномального строения и функций зубов.

Биологически разумные (не обязательно реализуемые на практике) описания применений зубов этими животными оцениваются дополнительно. (Описание строения зубов не оценивается.)

---

6. На земном шаре жизнь есть практически везде, в том числе в местах с очень высокой температурой (например, в горячих источниках), и с очень низкой (в приполярных областях, на вершинах гор). С какими трудностями сталкиваются обитающие там организмы и как они их преодолевают? **600...** +баллы **0 1 2 3 4 5 6 7 8 9**

*В экстраемально горячих местообитаниях.*

- белки  
**6011** тепловая денатурация белков  
**6012** повышение температуры денатурации за счёт состава, доп. фиксации структуры  
**6013** специальные стабилизирующие белки-помощники
- структура ДНК  
**6021** нарушение двухцепочечной структуры ДНК при высоких температурах  
**6022** стабилизация за счёт повышенного содержания GC пар

- мембраны
    - 6031 разжижение мембран, нарушение двойного липидного слоя
    - 6032 стабилизация за счёт изменённого состава липидов
    - 6033 использование однослойных мембран
    - 6034 клеточная стенка нелипидной природы
  - испарение влаги
    - 6041 повышенное испарение, потери влаги (для сухопутных организмов)
    - 6042 различные механизмы снижения испарения
- В экстремально холодных местообитаниях.*
- внутриклеточная вода
    - 6051 замерзание — разрыв клетки
    - 6052 использование веществ-антифризов, снижающих температуру замерзания
  - скорость химических реакций
    - 6061 снижение скорости химических реакций с понижением температуры
    - 6062 использование очень активных ферментов
    - 6063 повышение температуры тела с затратой энергии
  - мембраны
    - 6071 замерзание мембран
    - 6072 повышение текучести за счёт состава липидов
  - белки
    - 6081 холододовая денатурация
    - 6082 стабилизирующие белки-помощники
  - энергозатраты
    - 6091 большие затраты энергии в холодной среде
    - 6092 использование жирной пищи (для животных)
    - 6093 запасаение большого количества веществ — источников энергии
- 610** трудности со всасыванием воды у растений
- Общие трудности.*
- низкая численность живых организмов (при наличии пояснений):
    - 6111 трудно найти еду и пару (животные)
    - 6112 бедные почвы (растения и др.)
- 612** большая уязвимость ранних стадий развития
- Общие методы решения.*
- 613 различные способы избегания (укрытия, тень и т. п.)
  - 614 использование термоизоляции (шерсть, жир и др.)
  - 615 активная терморегуляция
  - 616 изменение соотношения между объёмом и поверхностью тела

**7.** Представьте себе, что звездолёт прилетел на незнакомую планету. Учёные исследовали её и обнаружили, что все живые организмы там представлены только грибами. Может ли такое быть? Если нет, то почему? Если да, то при каких условиях? **700...** +баллы **0 1 2 3 4 5 6 7 8 9**

- 701** грибная биосфера невозможна, поскольку в ней отсутствуют автотрофы
- 702** возможно, на планете были другие организмы, но в момент исследования все умерли
- 703** возможно, грибы имеют внутриклеточных автотрофных симбионтов
- 704** возможно, органика на планете постоянно возникает путём абиогенного синтеза
- 705** возможно, органика на планету постоянно поступает с другой планеты (разные варианты)

#### **Информация о выставленных дополнительных баллах**

*Номера вопросов, по которым выставлены дополнительные баллы, краткие пояснения.*

Фамилия, подпись проверяющего:



## Статистика

Приводим статистику решаемости задач конкурса по биологии. Такая статистика даёт интересную дополнительную информацию о задачах (и задании конкурса по биологии в целом): насколько трудными оказались задачи, какие задачи оказались наиболее предпочтительными для школьников, какие версии ответов были наиболее популярными.

В приведённой статистике учтены все работы по биологии, сданные школьниками. (Участники, не сдавшие работ по биологии, не учтены.)

Количество работ, для которых были отмечены соответствующие пункты критериев проверки (пункты, отмеченные 0 раз, не указаны).

пункт	кол-во
101	9069
102	2479
103	1289
104	166
105	545
106	1255
107	614
108	9826
109	979
110	758
111	446
112	323
1000	801
1001	368
1002	192
1003	29
1004	6
1005	5
1008	2
1009	1

пункт	кол-во
201	3778
202	7429
203	2617
204	356
205	896
206	644
207	64
2081	1753
2082	1646
2083	1784
209	428
210	2367
211	481
212	911
213	414
214	1287
215	458
216	826
217	1177
218	724
2000	956
2001	380
2002	138
2003	46
2004	12
2005	7
2006	1

пункт	кол-во
3011	858
3012	271
3013	53
3014	91
302	1921
303	659
304	778
305	123
306	914
307	49
308	47
309	10
310	240
3111	69
3112	10
312	454
313	189
314	35
3000	3894
3001	336
3002	75
3003	29
3004	6
3005	7
3006	3
3007	1

пункт	кол-во
401	498
402	306
403	112
404	73
405	172
406	1094
407	229
408	98
409	156
410	8
411	141
412	732
413	173
414	156
4000	4363
4001	307
4002	25
4003	8
4004	4
4005	1

ПУНКТ	КОЛ-ВО	ПУНКТ	КОЛ-ВО	ПУНКТ	КОЛ-ВО	ПУНКТ	КОЛ-ВО
5011	2119	5071	2869	6011	241	612	97
5012	1061	5072	1912	6012	82	613	2027
5013	264	5073	199	6013	32	614	6653
5014	1022	5081	203	6021	9	615	592
5021	41	5082	166	6022	8	616	295
5022	16	5091	2144	6031	17	6000	2819
5031	3312	5092	1620	6032	15	6001	694
5032	489	5101	3489	6033	2	6002	215
5033	691	5102	2193	6034	138	6003	53
5034	226	5111	238	6041	896	6004	12
5035	488	5112	591	6042	1150	6005	3
5041	337	5121	1049	6051	154	6006	4
5042	19	5122	693	6052	133	6007	2
5043	101	5131	301	6061	161	ПУНКТ	КОЛ-ВО
5044	43	5132	125	6062	21	701	2798
5045	29	5000	823	6063	41	702	262
5051	158	5001	675	6071	5	703	83
5052	45	5002	423	6072	6	704	84
5053	52	5003	123	6081	10	705	73
5061	4174	5004	66	6082	7	7000	6315
5062	583	5005	23	6091	86	7001	755
5063	448	5006	14	6092	72	7002	75
5064	3007	5007	5	6093	307	7003	8
5065	140	5008	4	610	74	7004	1
				6111	2209		
				6112	80		

Сведения о количестве школьников по классам, получивших грамоту по биологии («v»), получивших балл многоборья («e»), а также общем количестве участников конкурса по биологии (количестве сданных работ).

Класс	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	всего
Всего	1	14	36	64	336	2130	2698	3104	2822	2115	2294	15614
«e»	0	1	6	6	71	384	646	834	732	639	504	3823
«v»	1	0	8	16	31	112	146	164	157	206	271	1112

Сведения о распределении суммы баллов, набранных участниками на конкурсе по биологии, по классам. Знаками «e» и «v» в таблице показаны границы соответствующих критериев награждения.

Сумма баллов	Количество участников по классам с такой суммой											Всего
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
0	0	9	8	8	15	49	40	33	20	8	20	210
1	0	3	3	8	32	98	96	72	42	28	17	399
2	0	1	7	9	54	205	159	130	107	46	52	770
3	0	0	4	7	32	276	246	190	162	94	64	1075
4	e 0	e 0	e 4	5	34	291	264	254	204	83	89	1228
5	0	0	2	5	31	272	301	313	247	138	126	1435
6	0	1	0	e 4	36	244	306	304	260	156	152	1463
7	v 0	v 0	v 3	2	e 31	199	246	286	246	163	120	1296
8	0	0	3	v 1	22	e 132	248	298	238	152	150	1244
9	0	0	0	2	18	114	e 174	226	234	142	136	1046
10	0	0	0	5	v 6	81	152	e 207	173	141	129	894
11	0	0	1	2	4	57	110	150	e 165	119	132	740
12	0	0	1	1	12	v 30	84	121	143	e 118	123	633
13	0	0	0	2	2	10	62	96	82	91	122	467
14	0	0	0	2	2	19	64	93	90	86	87	443
15	1	0	0	0	1	18	v 32	68	79	83	e 92	374
16	0	0	0	0	0	10	21	60	66	85	79	321
17	0	0	0	0	2	7	18	39	40	53	81	240
18	0	0	0	0	0	8	26	v 30	39	59	63	225
19	0	0	0	1	0	0	8	26	28	36	45	144
20	0	0	0	0	0	2	12	25	v 24	28	45	136
21	0	0	0	0	0	2	5	14	20	v 24	35	100
22	0	0	0	0	1	2	4	12	15	34	37	105
23	0	0	0	0	0	1	2	9	15	20	27	74
24	0	0	0	0	0	0	6	9	14	22	v 26	77
25	0	0	0	0	0	2	3	8	6	16	33	68
26	0	0	0	0	0	0	3	5	10	11	20	49
27	0	0	0	0	0	0	2	6	8	9	8	33
28	0	0	0	0	0	0	1	6	5	9	22	43
29	0	0	0	0	1	0	2	1	9	9	20	42
30	0	0	0	0	0	0	0	1	6	6	8	21
31	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6	19	27
32	0	0	0	0	0	0	0	2	2	11	12	27
33	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	10	12
34	0	0	0	0	0	0	0	1	5	3	7	16
35	0	0	0	0	0	0	1	0	5	7	11	24
>35	0	0	0	0	0	1	0	9	10	18	75	113

Сведения о распределении баллов по заданиям.

Баллы	Номера заданий // количество участников						
	1	2	3	4	5	6	7
–	1323	1896	7318	8445	2843	3570	5561
0	809	962	3896	4365	825	2807	6321
1	3671	4099	2596	1170	1950	4666	662
2	6614	3908	1133	760	3582	2437	2496
3	1816	2346	387	430	2057	1074	299
4	919	1258	169	173	1832	520	34
5	269	540	49	143	926	205	191
6	117	313	32	40	715	122	16
7	42	135	15	28	311	78	5
8	19	83	8	24	270	41	17
9	7	37	2	12	110	28	1
10	6	18	1	8	82	19	5
>10	2	19	8	16	111	47	6
Всего	15614	15614	15614	15614	15614	15614	15614

# Конкурс по лингвистике

## Задачи

Все задачи (№ 1, № 2 и № 3) адресованы всем классам, при подведении итогов учитываются класс и достигнутые результаты по всем задачам (решённым как полностью, так и частично).

Учащимся 8 класса и младше достаточно полностью решить любую одну задачу, учащимся 9–11 классов достаточно полностью решить любые две задачи из трёх.

**Задача 1.** Даны латинские глаголы в форме 1-го лица единственного числа настоящего времени и в форме инфинитива:

№	1-е л. ед. ч. н. в.	инфинитив	перевод
1.	refugiō	refugere	бежать назад
2.	refodiō	refodere	вскапывать вновь
3.	faciō	facere	делать
4.	cupiō	cupere	желать
5.	mētiōr	mētiri	измерять
6.	fodiō	fodere	копать
7.	pūniō	pūnīre	наказывать
8.	reficiō	reficere	переделывать
9.	capīō	capere	получать
10.	recipiō	recipere	получать вновь
11.	remōliōr	remōliri	пускать в ход вновь
12.	patior	patī	терпеть
13.	sāgiō	sāgire	чувять
14.	gradior	gradī	шагать

**Задание.** Заполните пропуски. Поясните Ваше решение.

15.	fugiō	?	?
16.	jaciō	?	бросать
17.	mūgiō	?	мычать
18.	moriōr	?	умирать
19.	sōpiō	?	усыплять
20.	?	?	бросать назад
21.	?	?	пускать в ход

**Примечание.** *j* читается примерно как русское *й*; чёрточка над гласной обозначает долготу.

**Задача 2.** Даны словосочетания на тайском языке<sup>10</sup> (в упрощённой русской транскрипции) и их переводы на русский язык в перепутанном порядке:

кратхингхет сам док	дуронг си туа	3 акации	1 обезьяна
кратхингхет си док	сэ сонг док	4 акации	3 обезьяны
накленг нынг кхон	накленг си кхон	3 выдры	3 пленника
нангйак си кхон	чанг нынг кхон	1 китайская роза	1 слесарь
кабин нынг туа	чанг сам кхон	3 лотоса	3 слесаря
чаба нынг док	буа сам док	2 лошади	4 слесаря
нак сам туа	чанг си кхон	4 лошади	1 хулиган
дуронг сонг туа	кабин сам туа	4 людоедки	4 хулигана
чалэй сам кхон		2 орхидеи	

**Задание.** Установите, какой перевод соответствует каждому тайскому словосочетанию. Поясните Ваше решение.

**Задача 3.** До распространения компьютерной техники на фондовой бирже широко использовались (и отчасти продолжают использоваться до сих пор) системы жестов, позволяющие маклерам быстро обмениваться сведениями о продаже и покупке акций. Ниже даны изображения нескольких жестов, принятых в одной из таких систем, с указанием их значения:



«продаю 3»

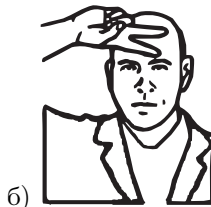
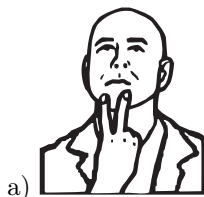


«покупаю 8»



«покупаю 50»

**Задание 1.** Что обозначают следующие жесты?



<sup>10</sup>Тайский язык относится к таи-кадайской семье языков и является государственным языком Королевства Таиланд. На нём говорит более 20 миллионов человек.

**Задание 2.** Данная система включает в себя также два жеста, означающих просто «покупаю» и «продаю» (без указания количества). В чём состоит основное различие между этими двумя жестами?

## Решения задач конкурса по лингвистике

**Задача 1.** (Автор задачи и решения А. Ч. Пиперски.)

Данные в условии задачи глаголы в 1-м лице настоящего времени оканчиваются на *-iō* (тип **a**) или на *-ior* (тип **b**). Установить распределение этих типов невозможно: оно задаётся словарно.

В зависимости от того, на что оканчивается форма инфинитива, глаголы делятся на четыре типа:

Тип	1 л. наст. вр.	инфинитив	пример
<b>Ia</b>	<i>-iō</i>	<i>-ere</i>	<i>refugio — refugere</i>
<b>Ib</b>	<i>-ior</i>	<i>-ī</i>	<i>patior — pati</i>
<b>IIa</b>	<i>-iō</i>	<i>-īre</i>	<i>pūniō — pūnīre</i>
<b>IIb</b>	<i>-ior</i>	<i>-īri</i>	<i>mētior — mētiri</i>

К типу I (*-iō/-ior ~ -ere/-ī*) относятся глаголы с кратким гласным в корне, к типу II (*-iō/-ior ~ -īre/-īri*) — с долгим гласным в корне.

Приставка *re-* имеет два значения:

- значение обратного движения (у глаголов движения);
- значение повторного действия (у остальных глаголов).

Если в бесприставочном глаголе в корне было *a*, в приставочном оно переходит в *i*: *faciō — reficiō*.

**Ответ** на задание (выделено жирным шрифтом):

№	1-е л. ед. ч. н. в.	инфинитив	перевод
15.	<i>fugiō</i>	<b><i>fugere</i></b>	<b>бежать</b>
16.	<i>jaciō</i>	<b><i>jacere</i></b>	бросать
17.	<i>mūgiō</i>	<b><i>mūgiō</i></b>	мычать
18.	<i>morior</i>	<b><i>mori</i></b>	умирать
19.	<i>sōpiō</i>	<b><i>sōpīre</i></b>	усыплять
20.	<b><i>rejiciō</i></b>	<b><i>rejicere</i></b>	бросать назад
21.	<b><i>mōlior</i></b>	<b><i>mōliri</i></b>	пускать в ход

**Замечание.** В заданиях, выданных участникам Турнира, была допущена опечатка: вместо «*mūgiō*» было напечатано «*mugiō*» (п. 17). Эта опечатка не влияла на ход решения задачи, однако вынуждала построить форму *mugere*, противоречащую фактам латинского языка. При оценивании задачи инфинитив от глагола ‘мычать’ не учитывался.

**Задача 2.** (Автор задачи В. В. Бровер, автор решения С. А. Бурлак.)

Можно заметить, что тайские словосочетания состоят из трёх компонентов. Какой-то из них должен переводиться на русский язык существительным, ещё какой-то — числительным, а назначение третьего предстоит установить.

Слов, которые могут употребляться в первой позиции, одиннадцать, во второй — четыре, в третьей — всего три. Среди русских переводов у нас имеется 11 разных существительных и 4 разных числительных. Это значит, что в тайском словосочетании на первом месте стоит существительное, на втором — числительное.

Из числительных чаще всего повторяется тройка — шесть раз. Столько же раз повторяется (во второй позиции) тайское слово *сам*. Значит, *сам* означает «три». Таким же способом устанавливаем, что *си* означает «четыре» (и то, и другое встречается пять раз), *нынг* — «один» (встречается четырежды), а *сонг* — «два» (встречается всего два раза).

Среди существительных есть одно, которое повторяется три раза, — это слово «слесарь». В тайском трижды повторяется *чанг*. Значит, *чанг* — это «слесарь». Соответственно,

чанг нынг кхон	=	1 слесарь
чанг сам кхон	=	3 слесаря
чанг си кхон	=	4 слесаря

«Акаций» бывает либо «три», либо «четыре». Тайское слово, встречающееся с числительными *сам* и *си*, — это *кратхинтхет*. Значит,

кратхинтхет сам док	=	3 акации
кратхинтхет си док	=	4 акации

«Хулиганов» бывает либо «четыре», либо «один» — ищем слово, которое употребляется с *си* и *нынг*; это *накленг*:

накленг нынг кхон	=	1 хулиган
накленг си кхон	=	4 хулигана

«Обезьян» может быть «три» (*сам*) или «одна» (*нынг*):

кабин нынг туа	=	1 обезьяна
кабин сам туа	=	3 обезьяны

«Лошадей» — либо «две» (*сонг*), либо «четыре» (*си*):

дуронг сонг туа	=	2 лошади
дуронг си туа	=	4 лошади



Из оставшихся существительных с «4» (*си*) встречается только «людоедка»:

нангйак си кхон	=	4 людоедки
-----------------	---	------------

... с «1» (*нынг*) — только «китайская роза»:

чаба нынг док	=	1 китайская роза
---------------	---	------------------

... с «2» (*сонг*) — только «орхидея»:

сэ сонг док	=	2 орхидеи
-------------	---	-----------

А для того, чтобы определить, кто из оставшихся — «выдра», а кто — «пленник», надо обратить внимание на те слова, которые в тайских словосочетаниях стоят на третьем месте. Можно заметить, что от числительных эти слова никак не зависят, а вот при каждом существительном возможно только одно из этих слов:

при «слесаре», «хулигане» и «людоедке» употребляется *кхон*,

при «акациях», «китайской розе» и «орхидее» — *док*,

при «обезьяне» и «лошади» — *туа*.

Таким образом, *кхон* указывает на то, что считали людей, *туа* — зверей, а *док* — растения. Соответственно, то словосочетание, где есть *туа* — это «3 выдры», а то, где есть *кхон* — «3 пленника»:

нак сам туа	=	3 выдры
чалэй сам кхон	=	3 пленника

Выпишем **ответ** целиком:

кратхинтхет сам док	=	3 акации
кратхинтхет си док	=	4 акации
накленг нынг кхон	=	1 хулиган
нангйак си кхон	=	4 людоедки
кабин нынг туа	=	1 обезьяна
чаба нынг док	=	1 китайская роза
нак сам туа	=	3 выдры
дуронг сонг туа	=	2 лошади
чалэй сам кхон	=	3 пленника
дуронг си туа	=	4 лошади
сэ сонг док	=	2 орхидеи
накленг си кхон	=	4 хулигана
чанг нынг кхон	=	1 слесарь
чанг сам кхон	=	3 слесаря
буа сам док	=	3 лотоса
чанг си кхон	=	4 слесаря
кабин сам туа	=	3 обезьяны

**Задача 3.** (Автор задачи и решения А. С. Панина.)

У представленных в задаче жестов можно выделить четыре признака — количество выпрямленных пальцев; горизонтальное или вертикальное положение кисти; то, выполняется ли жест у подбородка или у лба; и разворот ладони к себе или от себя.



«продаю 3»



«покупаю 8»

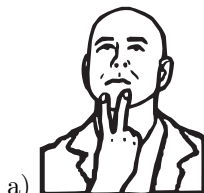


«покупаю 50»

Ладонь развернута к себе в обоих жестах покупки и от себя в жесте продажи; по-видимому, это и есть различие между жестами «покупаю» и «продаю» в задании 2 — жест «покупаю» развёрнут к себе, а жест «продаю» — от себя.

Что касается количества акций, три жеста в условии иллюстрируют три группы чисел: числа меньше 5; числа от 6 до 10; десятки. Жест «продаю 3» с тремя выпрямленными пальцами позволяет заключить, что при вертикально расположенной кисти количество пальцев непосредственно обозначает число. По достижении пяти кисть разворачивается горизонтально, и количество выпрямленных пальцев надо прибавлять к пяти: в жесте «покупаю 8» тоже выпрямлено три пальца. Наконец, числа до десяти и десятки, по-видимому, различаются высотой — пять пальцев, которые у лба означают 50, у подбородка означали бы 5.

Соответственно, в задании 1 жест «а» (два выпрямленных пальца у подбородка при вертикально расположенной кисти) обозначает 2; ладонь развернута к себе, так что это жест покупки — «покупаю 2». Жест «б» выполнен у лба, то есть обозначает десятки; ладонь расположена горизонтально, так что к двум выпрямленным пальцам надо прибавить 5; жест развёрнут от себя, что означает продажу — «продаю 70».



а) «покупаю 2»



б) «продаю 70»

## Критерии оценивания

Решение каждой задачи оценивалось по нескольким параметрам. Эти параметры условно обозначались буквами латинского алфавита. Соответствующие отметки проставлялись в специальном бланке протокола проверки работ (см. стр. 126).

Для проверяющих также была предусмотрена возможность внести в протокол своё заключение по решению конкретной задачи конкретным школьником: «задача решена, участник разобрался в сути дела», «частичное решение задачи» или «нет никаких содержательных продвижений». Таким образом, параллельно с проверкой жюри провело заочное совещание по вопросу о критериях оценивания выполненных заданий.

Окончательные критерии оценивания (в терминах: «полное решение» / «частичное решение» / «отсутствие решения») были сформированы предметной рабочей группой по лингвистике с учётом результатов заочного обсуждения.<sup>11</sup>

Эти критерии по каждому заданию приведены ниже. Для признания задачи решённой требовалось представить как ответы на предложенные задания, так и их обоснование.<sup>12</sup>

В каждом случае приведены минимальные требования к решению, наличие дополнительных пунктов, кроме указанных в критериях, не ухудшает оценку. Если решение соответствует одновременно двум критериям (полное решение и частичное решение), то задача, разумеется, считается решённой полностью. А решения, не соответствующие ни одному из этих критериев, признаются неверными и при подведении итогов не учитываются.

**Задача № 1.** Основное явление задачи — различие в спряжении глаголов с кратким и долгим корневым гласным. Задача считается частично решённой, если это явление описано и правильно выполнены те части задания, в которых проверяется только понимание этого явления. Задача считается полностью решённой, если также описано значение приставки *re-* и переход *a→i* в приставочных глаго-

---

<sup>11</sup>При этом первоначальное мнение проверяющих не во всех случаях совпало с критериями (хотя бы потому, что критерии — единые для всех работ, а мнения проверяющих в совпадающих случаях оценок по пунктам проверки могли быть различными).

<sup>12</sup>При этом учтено, что верное решение задачи может быть получено различными способами, и не для всех способов логически необходимы все представленные в протоколе проверки пункты.

лах и правильно выполнено задание. Если явления описаны верно, при выполнении задания допускается небольшое число ошибок.

В заданиях, выданных участникам Турнира, в пункте 17 задачи 1, к сожалению, была допущена опечатка. Поэтому данный пункт (соответственно, пункт «I» в бланке протокола проверки) при подведении итогов никак не учитывался. Опечатка повлияла только на возможность верного выполнения данного пункта задания и никак не сказалась на возможности верно понять условие и выполнить остальные задания.

*Задача решена.* Выполнены все перечисленные ниже условия:

1. есть не менее 1 пункта из списка (А, В)
2. есть не менее одного пункта из списка (С, D)
3. есть пункт E или все пункты из списка (L, M)
4. есть не менее 8 пунктов из списка (F, G, H, J, K, L, M, N, O)

*Задача решена частично.* Выполнены все перечисленные ниже условия:

1. есть не менее 1 пункта из списка (А, В)
2. есть не менее 4 пунктов из списка (F, H, J, K, N, O)

**Задача № 2.** Основное явление задачи — показатели класса (люди, животные, растения) и порядок слов в тайском словосочетании. Для того, чтобы задача считалась полностью решённой, необходимо описать эти явления и по крайней мере первые этапы установления соответствий, а также правильно перечислить соответствия. Задача считается частично решённой, если явления описаны не полностью. При перечислении соответствий допускается небольшое число ошибок.

*Задача решена.* Выполнены все перечисленные ниже условия:

1. есть все пункты из списка (А, В, С, D, E)
2. есть не менее 15 пунктов из списка (F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V)

*Задача решена частично.* Выполнены все перечисленные ниже условия:

1. есть не менее 4 пунктов из списка (А, В, С, D, E)
2. есть не менее 14 пунктов из списка (F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V)

**Задача № 3.** Задача считается полностью решённой, если дано полное описание системы жестов (описано, как выражаются числа и значения «покупать/продавать») и верно выполнены задания 1 и 2. Задача считается частично решённой, если верно выполнены задания 1 и 2, описано, как выражаются значения «покупать/продавать», и хотя бы частично описано, как выражаются числа.

*Задача решена.*

есть все пункты из списка (A, B, C, D, E, F, G)

*Задача решена частично.*

есть пункт A и хотя бы один пункт из списка (B, C, D) и все пункты из списка (E, F, G)

## **Критерии подведения итогов**

Оценка «е» (балл многоборья) ставилась в каждом из следующих случаев:

1. В любом классе не менее 1 решённой задачи.
2. Класс не старше 5 и не менее 1 частично решённой задачи.
3. Класс не старше 7 и не менее 2 частично решённых задач.
4. Класс не старше 9 и не менее 3 частично решённых задач.

Оценка «v» (грамота за успешное выступление на конкурсе по лингвистике) ставилась в каждом из следующих случаев:

1. В любом классе не менее 2 решённых задач.
2. Класс не старше 7 и не менее 1 решённой задачи.
3. Класс не старше 8 и наличие не менее 1 решённой задачи и ещё не менее 1 частично решённой задачи.
4. Класс не старше 10 и есть 1 решённая задача плюс 2 частично решённые задачи.

В случае, если поставлена оценка «v», оценка «е» не ставится. Приведённые критерии являются минимально необходимыми: итоговый результат не ухудшается, если работа выполнена лучше, чем указано в критериях.

**Конкурс по лингвистике. Протокол проверки работы.**

Номер  
карточки

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

Класс

<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------

Фамилия:

### Задача № 1

Данные в условии задачи относятся к глаголам в 1-м лице настоящего времени оканчиваются на *-iō* (тип **a**) или на *-ior* (тип **b**). Установить распределение этих типов невозможно: оно задаётся словарно.

В зависимости от того, на что оканчивается форма инфинитива, глаголы делятся на четыре типа:

Тип	1 л. наст. вр.	инфинитив	пример
<b>Ia</b>	<i>-iō</i>	<i>-ere</i>	<i>refugiō — refugere</i>
<b>Ib</b>	<i>-ior</i>	<i>-ī</i>	<i>patior — patī</i>
<b>IIa</b>	<i>-iō</i>	<i>-īre</i>	<i>pūniō — pūnīre</i>
<b>IIb</b>	<i>-ior</i>	<i>-īri</i>	<i>mētior — mētīri</i>

**A**     К типу I (*-iō/-ior ~ -ere/-ī*) относятся глаголы с кратким гласным в корне,

**B**     к типу II (*-iō/-ior ~ -īre/-īri*) — с долгим гласным в корне.

Приставка *re-* имеет два значения:

**C**     значение обратного движения (у глаголов движения),

**D**     значение повторного действия (у остальных глаголов).

**E**     Если в бесприставочном глаголе в корне было *a*, в приставочном оно переходит в *i*.

**Ответ на задание.**

№	1-е л. ед. ч. н. в.	инфинитив	перевод
15.	<i>fugiō</i>	<b>F</b> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <i>fugere</i>	<b>G</b> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> бегать
16.	<i>jaciō</i>	<b>H</b> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <i>jacere</i>	бросать
17.	<i>tingiō</i>	<b>I</b> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <i>tingere</i>	мыть
18.	<i>morior</i>	<b>J</b> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <i>morī</i>	умирать
19.	<i>sōpiō</i>	<b>K</b> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <i>sōpire</i>	усыплять
20.	<b>L</b> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <i>rejiciō</i>	<b>M</b> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <i>rejicere</i>	бросать назад
21.	<b>N</b> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <i>mōlior</i>	<b>O</b> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <i>mōliri</i>	пускать в ход

Решение задачи № 1 (по мнению проверяющего):

**W**  полное    **X**  частичное    **Y**  неверное    **Z**  не записано

### Задача № 2

Один из возможных путей к решению: подсчитывая число слов, которые могут употребляться в первой, второй и третьей позиции, получаем, что на первом месте стоит существительное, на втором — числительное. Тройка повторяется 6 раз (как и *сам*), четвёрка — 5 раз (как и *си*), единица —

четырежды (как и *нынг*), двойка — дважды (как и *сонг*). Из существительных трижды повторяется слово «слесарь» (*чанг*). Это позволяет расставить все словосочетания.

**A** +- Могут быть и другие пути решения. Если описаны хотя бы какие-то шаги на пути к решению, выставляется положительная оценка.

**B** +- Порядок слов:  
существительное — числительное — показатель класса.

Показатели класса:

**C** +- люди — *кхон*,

**D** +- животные — *туа*,

**E** +- растения — *док*.

**Ответ на задание.**

**F**  кратхинтхет сам док = 3 акации

**G**  кратхинтхет си док = 4 акации

**H**  накленг нынг кхон = 1 хулиган

**I**  нангйак си кхон = 4 людоедки

**J**  кабин нынг туа = 1 обезьяна

**K**  чаба нынг док = 1 китайская роза

**L**  нак сам туа = 3 выдры

**M**  дуронг сонг туа = 2 лошади

**N**  чалэй сам кхон = 3 пленника

**O**  дуронг си туа = 4 лошади

**P**  сэ сонг док = 2 орхидеи

**Q**  накленг си кхон = 4 хулигана

**R**  чанг нынг кхон = 1 слесарь

**S**  чанг сам кхон = 3 слесаря

**T**  буа сам док = 3 лотоса

**U**  чанг си кхон = 4 слесаря

**V**  кабин сам туа = 3 обезьяны

Решение задачи № 2 (по мнению проверяющего):

**W**  полное    **X**  частичное    **Y**  неверное    **Z**  не записано

### Задача № 3

В описанной системе жестов важны четыре параметра:

**A** +- Внутри или наружу обращена ладонь. Ладонь, обращённая внутрь, обозначает покупку, наружу — продажу.

**B** +- Сколько пальцев разогнуто. Разогнутые пальцы обозначают числа от 1 до 5.

**C** +- Вертикально или горизонтально повернута кисть руки. Горизонтальная ориентация руки обозначает, что к количеству пальцев надо прибавить 5.

**D** +- Выполняется ли жест на уровне подбородка или на уровне лба. На уровне подбородка обозначаются единицы (от 1 до 9), на уровне лба — десятки (круглые числа от 10 до 90).

**Ответ на задание 1.**

**E** +- а) «Покупаю 2».    **F** +- б) «Продаю 70».

**Ответ на задание 2.**

**G** +- Основное различие между жестами «покупаю» и «продаю» без указания количества состоит именно в том, внутрь или наружу обращена ладонь.

Решение задачи № 3 (по мнению проверяющего):

**W**  полное    **X**  частичное    **Y**  неверное    **Z**  не записано

Фамилия, подпись проверяющего:

## Статистика

Сведения о количестве школьников по классам, получивших грамоту по лингвистике («v»), получивших балл многоборья («e»), а также общем количестве участников конкурса по лингвистике (количестве сданных работ).

Класс	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Всего
Всего	1	5	10	28	453	1947	2666	3188	3084	3548	5788	20718
«e»	1	0	1	10	99	15	51	375	416	606	1222	2796
«v»	0	0	0	1	32	173	355	194	107	197	358	1417

Сведения о количестве решённых задач участниками разных классов. Две оценки «+ / 2» (частичные решения) в данной таблице *условно* учтены как одна решённая задача.

Решено задач	Класс / количество участников										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0 задач	1	5	10	27	420	1759	2260	2559	2485	2641	3919
1 задача	0	0	0	1	32	179	363	539	492	710	1406
2 задачи	0	0	0	0	1	9	39	85	93	180	399
3 задачи	0	0	0	0	0	0	4	5	14	17	64

Статистика решаемости задач (сведения о количестве участников турнира, добившихся соответствующих результатов при решении каждой задачи).

Характеристика решения задачи	Номера задач		
	1	2	3
Задача решена	1859	2496	523
Задача решена частично («+ / 2»)	604	9905	589
Задача не решена	4551	699	2860
Запись решения задачи отсутствует	13707	7621	16749
Всего	20721	20721	20721

Подробная статистика выполнения заданий по пунктам критериев является достаточно объёмной и поэтому не включена в настоящее издание. Ознакомиться с этой информацией можно на сайте турнира по адресу <http://turlom.info/2012> в разделе «Статистика».



# Конкурс по астрономии и наукам о Земле

## Задания

Из предложенных 7 заданий рекомендуется выбрать самые интересные (1–2 задания для 8 класса и младше, 2–3 для 9–11 классов).

Перечень вопросов в каждом задании можно использовать как план единого ответа, а можно отвечать на все (или некоторые) вопросы по отдельности.

(\*) Звёздочками отмечены *вопросы для старшеклассников*, школьники младших классов могут на них не отвечать.

Ответы снабдите разумным количеством примеров и пояснений по вашему выбору.

- |                         |                                |
|-------------------------|--------------------------------|
| 1. Астрономии учебник   | На бумажные страницы,          |
| Слишком сухо излагает   | И скажите, что на кухне        |
| Неба звёздного секреты? | Изучали Млечный Путь.          |
| Молоко налейте щедро    | (Из рекламы на пакете молока.) |

Гигантская звёздная система, в которой находится Солнце, называется наша Галактика или Млечный Путь.

а) А почему он «Путь», и почему «Млечный»? Какие ещё у него есть названия?

б\*) Когда и как была понята природа свечения Млечного Пути в разных диапазонах спектра? Как в разное время определялось его строение? Какие в Млечном Пути есть «течения» (или потоки) и из чего они состоят?

2. Мишутка из детской телепередачи «Спокойной ночи, малыши» как-то сказал (выпуск 19.01.2011): *«Уж лучше бы айсберги тонули, тогда бы они кораблям не мешали».*

а) Почему айсберги не тонут, и если бы они в воде тонули, что изменилось бы? Если кусочек льда мысленно опустить на дно океана, всплывёт ли он обратно?

б\*) Какие бывают «подводные» айсберги? Бывают ли «айсберги» на других планетах?

3. В книжке 1960-х годов для юных туристов СССР предлагался такой способ ориентирования с помощью наручных стрелочных часов:

- |                             |                               |
|-----------------------------|-------------------------------|
| Направьте стрелку часовую   | Есть угол — важен он для нас. |
| На Солнце, в точку золотую. | Делите угол пополам           |
| Меж стрелкою и цифрой «час» | И сразу ЮГ найдёте там!       |

Вот удивительное дело: полвека назад этот способ давал приемлемую точность, последние тридцать лет он «работал» только пять месяцев в году, а в прошлом году и вовсе перестал правильно показывать направление!

а) В чём заключается суть этого способа ориентирования?

б) Какова была его первоначальная точность?

в) Почему сейчас (в 2012 году) этот способ почти нигде уже не работает там, где работал раньше?

**4.** В поэме «Медный всадник» А. С. Пушкин так описывает наводнение 1824 года, характерное для Санкт-Петербурга:

Нева вздувалась и ревела,  
Котлом клокоча и клубясь,  
И вдруг, как зверь остервенясь,  
На город кинулась. . .

а) Почему наводнения в Санкт-Петербурге происходили во время бури?

б) В чём их отличие от наводнения, связанного с трагедией 07.07.2012 в городе Крымск Краснодарского края?

в\*) В чём различие защитных дамб в Санкт-Петербурге, Лондоне, Венеции, Луизиане, Зеландии и Японии? Какой наибольшей высоты наводнения могут быть?

**5.** Последнее в 21 веке прохождение Венеры по диску Солнца наблюдалось на Земле 6 июня 2012 года.

а) Какие прохождения Венеры наблюдались исторически и какие научные задачи при этом были решены?

б\*) Почему эти прохождения Венеры наблюдаются только в определённые месяцы с большими перерывами, почему у них именно такая периодичность?

в\*) Для каких ещё небесных объектов наблюдаются аналогичные прохождения?

**6.** Можно ли наблюдать самую яркую звезду северного полушария и самую яркую звезду южного полушария одновременно? Если возможно, — то где?

**7.** Какие телескопы вы знаете? Какие телескопические системы и для чего применяются сейчас и какие, как вы считаете, будут развиваться в перспективе? Кого из их изобретателей и конструкторов вы можете назвать?

## Ответы и комментарии к заданиям

Комментарии сопровождаются иллюстрациями. К сожалению, напечатать иллюстрации хорошего качества в бумажном варианте книги оказалось невозможно. Поэтому они размещены только в электронном варианте книги в конце в качестве приложения, а в тексте на эти иллюстрации даны ссылки.

Электронный вариант настоящего издания распространяется свободно и размещён, в частности, на странице Турнира имени М. В. Ломоносова 2012 года по адресу <http://turlom.info/2012>

### Задание 1

*Гигантская звёздная система, в которой находится Солнце, называется наша Галактика или Млечный Путь.*

*а) А почему он «Путь», и почему «Млечный»? Какие ещё у него есть названия?*

С древних времён люди видели на небе светлую белёсую полосу, по цвету напоминающую молоко (рис. 1.1).

Нужно подчеркнуть, что видели они это в древние времена, когда не было существенного засвечивания неба. Сейчас мы Млечный Путь, как правило, не видим. Невооружённым глазом мы можем его увидеть только на достаточном удалении от населённых пунктов при хороших погодных условиях и достаточном затемнении. Наблюдениям существенно мешает и пыль в воздухе. Все эти помехи, связанные с развитием промышленности и распространением электрического освещения, возникли сравнительно недавно — всего несколько десятилетий назад. А до этого Млечный Путь был самым большим и заметным объектом на ночном небе (после Солнца, Луны и ярких планет). Естественно, он фигурировал в мифах и легендах практически всех народов.

Согласно древнегреческим легендам, Зевс решил сделать своего сына Геракла, рождённого от смертной женщины, бессмертным, и для этого подложил его спящей жене Гере, чтобы Геракл выпил божественного молока. Гера, проснувшись, увидела, что кормит не своего ребёнка, и оттолкнула его от себя. Брызнувшая из груди богини струя молока превратилась в Млечный Путь. Это — одна из наиболее известных интерпретаций, благодаря которой в современном русском языке и закрепилось название «Млечный Путь» (рис. 1.2, Тинторетто Якопо (1518–1594), «Происхождение Млечного Пути»). Из древнегреческого языка мы заимствовали и другое название этого явления — «галак-

тика», примерный перевод этого слова — *молочный*. Белый цвет связан с молоком и во многих других языках (в том числе и в современном русском: *молочный цвет*).

В разных культурах встречаются и другие, самые разнообразные интерпретации. В Китае это была белая река, которая делила небо на две половины. Считалось также, что это путь, по которому летят перелётные птицы. (И как впоследствии выяснилось, перелётные птицы отчасти ориентируются и по звёздам, в том числе по Млечному Пути.) В некоторых легендах это шов, который остался на небе, после того, как небо собирали, склеили, сшили и т. п. из двух половинок. В других культурах — это дорога, по которой проезжал воз с сеном, и там сено падало и обозначило эту дорогу.

Сравнительно новое название — «Чумацкий шлях» (то есть дорога). Чумаки в 16–19 веках занимались соляным промыслом в озёрах Крыма и развозом добытой соли на продажу. Дорога, по которой проходил их путь, действительно была отмечена большим количеством просыпавшейся соли. И это символически переносилось на небо (рис. 1.3, украинская монета 20 гривен).

Интересная интерпретация была в культуре инков. Светлые и тёмные пятна, которые можно видеть на Млечном Пути, на самом деле являются либо скоплениями более ярких звёзд, либо, наоборот, поглощающими пылевыми облаками. Они вдоль всего Млечного Пути представляли своего рода «зоопарк» из тех животных, которые инкам были известны (рис. 1.4).

*б\*) Когда и как была понята природа свечения Млечного Пути в разных диапазонах спектра? Как в разное время определялось его строение?*

Теперь мы знаем устройство нашей Галактики и понимаем, почему на небе образуется такая полоса. Дело в том, что наша Галактика — одна из самых больших, в ней более 200 миллиардов звёзд; она вращается и имеет в целом плоскую форму. Солнце находится внутри, достаточно близко от галактического экватора. И мы, находясь внутри плоской Галактики, естественно, видим большое количество звёзд, спроецированных на выделенную полосу на небе (рис. 1.5). Это и есть плоскость нашей Галактики. Центральная линия этой полосы называется галактическим экватором.

На фоне этой полосы выделяются тёмные облака, которые представляют собой скопление пыли, поглощающей свет звёзд. Те звёзды, которые находятся за ними, существенно ослаблены. Наиболее известное

тёмное пятно называется «Угольный мешок» (рис. 1.6). Более светлые области на общем фоне Млечного Пути, наоборот, представляют собой более густые скопления звёзд.

В созвездии Лебедя Млечный путь как бы раздваивается. На самом деле он, конечно, не раздваивается, а просто утолщается в направлении центра Галактики. Видимый центр как раз находится в созвездии Стрельца. В этом месте начинаются уже существенные сгущения газопылевой материи в диске Галактики, которые существенно ослабляют свет далёких звёзд. Это как раз и видно как более тёмный фрагмент в центре по сравнению с более светлыми краями.

Первые инструментальные исследования Млечного Пути провёл Галилео Галилей (1564–1642, рис. 1.8). Он, используя свой ещё очень несовершенный телескоп (с увеличением всего примерно в 30 раз, рис. 1.9), тем не менее, сумел разрешить отдельные участки Млечного пути на отдельные звёзды. Он увидел, что это не есть скопление некоторой светящейся материи, а это именно сгущение отдельных маленьких слабых звёздочек. Он правильно понял, что полоса, которую мы видим — это эффект соединения свечения большого числа звёзд, которые при наблюдении без телескопа сливаются в поле зрения в общий светлый фон.

Следующим важным шагом на пути к познанию структуры Млечного Пути были исследования Вильяма Гершеля (1738–1822, рис. 1.10), который в некоторых выделенных направлениях производил достаточно точный подсчёт видимых в телескоп звёзд и учитывал их плотность на единицу угла. Он называл это «черпками». Подсчёт числа звёзд в этих направлениях он перевёл в длину того пространства, через которое проходит луч зрения. Исходя из подсчёта числа звёзд на луче зрения, он попытался построить структуру нашей Галактики. У него получилась довольно забавная с нынешней точки зрения картина. Получилось, что Солнце находится в центре нашей Галактики, а вокруг нас располагается довольно вытянутый «блин», или «кокон» из звёзд (рис. 1.11). Дело в том, Гершель, за неимением иного, исходил из предположения, что звёзды в пространстве распределены равномерно, а это на самом деле не так.

Следующий исследователь, который в оптическом диапазоне существенно прояснил структуру нашей Галактики, был Якобус Корнелиус Каптейн (1851–1922, рис. 1.12). Он исследовал собственное движение звёзд в трёхмерном пространстве. Он определял как скорости перемещения звёзд в перпендикулярно лучу зрения (по их координатам на небе), так и по лучу зрения (спектральным методом). Таким образом было

построено достаточно большое число трёхмерных векторов скоростей звёзд (естественно, в ближайших окрестностях нашего Солнца). Когда Каптейн нарисовал векторную диаграмму скоростей звёзд в окрестностях Солнца, у него получилась странная фигура, которая потом получила название «галoша Каптейна» (рис. 1.13). Она отражает то обстоятельство, что помимо общего хаотического движения у ближайших звёзд в окрестностях Солнца наблюдается как минимум два звёздных потока в разных направлениях.

Следующее исследование — уже в радиодиапазоне — было выполнено в 1932 году. Инженер Карл Янский (1905—1950, рис. 1.14), исследуя свои устройства радиосвязи в интересах компании Bell, обнаружил, что у него каждый день возникает некоторая шумовая помеха. Он достаточно точно определил, что помеха возникает через интервалы времени, равные не земным, а звёздным суткам. И правильно понял, что это шумовое радиоизлучение происходит из центра Галактики. Эта дата, когда впервые было зафиксировано радиоизлучение космического происхождения, считается датой начала радиоастрономии как науки.

Когда была построена картинка радиоизлучения нашей Галактики, по форме она оказалась совершенно не похожей на привычные очертания Млечного Пути. В оптическом диапазоне в основном излучают сами звёзды (рис. 1.15). Как позднее стало известно, в радиодиапазоне излучают в основном молекулы межзвёздного газа (рис. 1.16). Позднее выяснилось, что межзвёздная пыль, заполняющая плоскость Галактики, даёт основной вклад в картинку Млечного Пути в инфракрасном диапазоне (рис. 1.17). И картинка эта по форме также не похожа на то, что наблюдается в видимом свете и радиодиапазоне.

Ещё один важный спектральный интервал, который был исследовали в недавние десятилетия — это рентгеновское излучение. Атмосфера Земли практически непрозрачна для рентгеновских лучей — поэтому наблюдения проводятся со спутников. В космос были запущены рентгеновские телескопы «Интеграл» (рис. 1.18) и «Чандра» (рис. 1.19). И они принесли очень интересные результаты по исследованию так называемого «Хребта Галактики». Достаточно давно было известно, что в Млечном Пути есть локальные источники рентгеновского излучения, и есть некий фон непонятной природы, который простирается вдоль плоскости Галактики. И вот благодаря исследованиям, проведённым российскими учёными на телескопе «Интеграл», было установлено, что излучение хребта Галактики в рентгеновском диапазоне также порождается большим числом слабых точечных источников. Это — белые карлики (один из типов звёзд). Для этих исследований применялся

метод, в некотором смысле напоминающий метод черпков Гершеля. Выбирались площадки на небесной сфере и проводились длительные наблюдения этих площадок с накоплением сигнала (рис. 1.20). Таким образом, в последние годы мы стали свидетелями такого же фундаментального открытия, которое раньше Галилей сделал в оптическом диапазоне.

*Какие в Млечном Пути есть «течения» (или потоки) и из чего они состоят?*

Наша Галактика — это сложная система из многих типов объектов, находящихся в весьма сложном взаимодействии, эволюции и движении.

Выше мы всё говорили о наблюдениях Галактики «глядя с Солнца». Но нам, естественно, интересно узнать («увидеть»), как наша Галактика устроена в своём пространственном размещении, «проникнуть» на разные расстояния вдоль плоскости Галактики.

В оптическом диапазоне такие наблюдения на большие расстояния невозможны — всё поглощает межзвёздная пыль. Для наблюдений используется радиоизлучение. В первую очередь — на длине волны 21 см (это резонансная линия излучения атома водорода). За счёт того, что на одной и той же длине волны мы получаем излучение с разных частей Галактики, которые двигаются по-разному и дают определённые спектральные смещения, удалось построить двумерную карту Галактики в плоскости Галактики, которая впервые показала нам спиральную структуру нашей Галактики в плоскости (рис. 1.21).

Сейчас мы обладаем достаточно большим массивом данных собственных движений звёзд. В гораздо больших объёмах, чем это было у Каптейна. И в принципе можем строить трёхмерную карту динамики нашей Галактики, основываясь на результатах наблюдений во всех диапазонах.

Структура Галактики уже достаточно хорошо известна. Мы нашу Галактику условно разделяем на три типа населения (рис. 1.22):

1. Плоский диск. Здесь находится газопылевая материя, области звёздообразования. Здесь же проходит спиральный узор диска нашей Галактики.

2. Дальше идёт (промежуточное положение) гало нашей Галактики. Здесь двигаются старые звёзды, шаровые скопления. Движение происходит уже не в диске, а во всём объёме Галактики.

3. И, наконец, внешняя часть Галактики. С разреженным высокотемпературным газом и быстрыми звёздами, которые покидают нашу Галактику. Это корона Галактики.

У нашей Галактики есть спутники. Самые большие — это Большое и Малое Магеллановы облака (рис. 1.24). С Земли они видны как светящиеся пятна на небе южного полушария и впервые были открыты Фернандо Магелланом (рис. 1.25) во время его путешествия по Южному океану в 1521 году. Это неправильные галактики, которые находятся в гравитационном и прямом физическом взаимодействии с нашей Галактикой. Сейчас открыто уже несколько десятков спутников нашей Галактики. Это, как правило, карликовые галактики либо объекты переходного типа между маленькими галактиками и большими шаровыми скоплениями звёзд.

Если мы мысленно посмотрим (то есть представим в виде компьютерной графики имеющиеся результаты наблюдений) на узор нашей Галактики «плащмя» (рис. 1.26), то по аналогии с другими крупными спиральными галактиками, которые мы наблюдаем уже как внешние наблюдатели, между рукавами нашей Галактики можно обнаружить эффекты, которые получили название «галактических циклонов». Весь диск Галактики находится во вращении. Скорость вращения зависит от распределения массы по диску, она разная на разных расстояниях от центра. По этой массе газа и звёзд бежит спиральная волна плотности, то есть спиральный узор Галактики.

Но выяснилось, что помимо этого между рукавами Галактики возбуждаются круговые движения газа (чем-то похожие на циклоны в атмосфере Земли). Как оказалось, эти движения играют важную роль в первичном формировании газо-пылевых комплексов, внутри которых впоследствии, при их дальнейшем охлаждении, происходит рождение новых молодых звёзд.

Если говорить не о Галактике в целом, а только о ближайших окрестностях Солнца, то здесь выделяется такое понятие, как апекс Солнца. Это собственное движение Солнца относительно массива ближайших звёзд. Все звёзды движутся, Солнце — не исключение. Наше Солнце движется в сторону созвездия Геркулеса со скоростью около 20 км/с. Если говорить о движении Солнца по Галактике в целом — Солнце описывает квазикруговую орбиту с небольшими отклонениями от плоскости Галактики и делает полный оборот вокруг центра Галактики примерно за 240 миллионов лет.

В центре нашей Галактики находится большое скопление звёзд, закрытое от нас многослойными газопылевыми облаками, поглощающими значительную часть света в оптическом диапазоне. Мы можем наблюдать происходящее там либо в далёком инфракрасном, либо в субмиллиметровом диапазонах длин волн.



Наблюдения движения звёзд в созвездии Стрельца — там, где находится центр нашей Галактики, показали нам, что в центре нашей Галактики расположена так называемая сверхмассивная чёрная дыра с массой около 3,7 миллионов масс Солнца. С помощью космических телескопов были определены траектории движения звёзд в ближайших окрестностях центра Галактики (рис. 1.27), что и позволило «взвесить» эту чёрную дыру (вычислить её массу).

В отличие от многих других галактик, центральная чёрная дыра нашей Галактики очень «лёгкая» — её масса составляет всего около 0,1% от массы Галактики, что, вообще говоря, очень мало (известный сейчас рекорд среди галактик — до 60% массы в чёрной дыре). По-видимому, это связано с тем, что сама наша Галактика такая большая и достаточно быстро вращающаяся. И, соответственно, относительно малая часть вещества за историю развития нашей Галактики попала в её центральную область и центральную чёрную дыру.

В нашей Галактике есть выделенные движения массивов звёзд — т. н. «звёздные потоки». Они являются, по-видимому, следами тех небольших галактик-спутников, которые за всё время развития нашей Галактики попадали в неё и оказались захваченными.

Есть также и газовые потоки. Они, например, соединяют нашу Галактику с Большим и Малым Магеллановыми облаками.

Есть ещё выбросы достаточно горячего газа перпендикулярно плоскости Галактики. Это так называемые «пузыри Ферми», недавно (в 2010 году) открытые также с помощью космических телескопов (рис. 1.28).

В заключение можно добавить, что примерно через 5 миллиардов лет нам предстоит серьёзное «столкновение» с такой же большой галактикой Андромеды, которая с нами сближается. Но не надо понимать это событие как столкновение бильярдных шаров. Это будет скорее слияние двух звёздных массивов, которое приведёт к большой турбулентности в этой суммарной слившейся галактике (рис. 1.29)

Мы специально не стали приводить здесь в тексте многих иллюстраций, хотя имеющиеся данные о нашей Галактике можно очень красиво и наглядно представить с помощью компьютерной графики. Такие иллюстрации в большом количестве можно найти в сети Интернет и посмотреть на экране компьютера. Поэтому печатать их в книжке нет никакого смысла, и мы даём лишь некоторые ссылки.

## Задание 2

*Мишутка из детской телепередачи «Спокойной ночи, малыши» как-то сказал (выпуск 19.01.2011): «Уж лучше бы айсберги тонули, тогда бы они кораблям не мешали».*

*а) Почему айсберги не тонут, и если бы они в воде тонули, что изменилось бы? Если кусочек льда мысленно опустить на дно океана, всплывёт ли он обратно?*

Айсберги не тонут потому, что плотность льда (в обычных условиях  $0,917 \text{ г/см}^3$ ) меньше, чем плотность воды ( $0,99987 \text{ г/см}^3$  при  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Этим вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ) отличается от большинства других химических соединений.

То, что свойства воды именно такие (плотность в твёрдом состоянии меньше, чем в жидком), и то, что именно вода именно с такими свойствами широко распространена по всей поверхности Земли, в конечном итоге определяет наш климат. А иначе климат на нашей планете был бы совсем другим (и вообще все условия на ней).

Разница плотности воды и льда достаточно маленькая (около 9%). Поэтому у айсберга (рис. 2.1), плавающего в воде, более 9/10 объёма находится под водой и только 1/10 часть «торчит» над поверхностью воды.

Айсберги в океане происходят от ледников, расположенных на суше. В первую очередь это ледники Антарктиды и Гренландии. Лёд сначала накапливается, образуясь из атмосферных осадков, на материке. Образуется толстый ледник: например, толщина ледника в центре Антарктиды достигает 4,5 километров (на периферии его толщина существенно меньше). (Рис. 2.2).

Когда такой ледник сползает с материка к береговой черте и дальше продолжает своё движение в океан, части ледника отрываются от ложа твёрдой поверхности и начинают плавать уже на поверхности океана. Здесь периодически происходит откалывание достаточно больших кусков такого ледника, которые превращаются в наиболее мощные, т. н. «столовые» айсберги (рис. 2.3).

У Антарктиды эти айсберги наиболее крупные именно потому, что мощные ледники сползают плавно в океан и дальше там разрушаются. Есть даже целые шельфовые ледники — это огромные территории (размерами сотни и тысячи квадратных километров), покрытые плавающими ледниками. Не льдинами, которые имеют толщину порядка десяти метров, а ледниками, которые имеют толщину сотни метров. От таких шельфовых ледников иногда откалываются айсберги размером со среднее европейское государство. За всю историю наблюдений

самым большим айсбергом, отколовшимся от Антарктики, является ледяная глыба, размеры которой в 2011 году достигали 11 тысяч квадратных километров (площадь города Москвы после присоединения новых территорий составляет всего 2511 км<sup>2</sup>). Ушли годы, прежде чем он раскололся и растаял в Южном океане.

Плавающий лёд представляет существенную опасность для судоходства. Современные корабли оснащены системами навигации, позволяющими обнаружить айсберг заранее и уклониться от него (лишние манёвры, впрочем, тоже создают неудобство). А раньше корабли достаточно часто сталкивались в темноте с айсбергами, получали пробоины и тонули. Самая известная катастрофа — «Титаник» 1912 года (рис. 2.4).

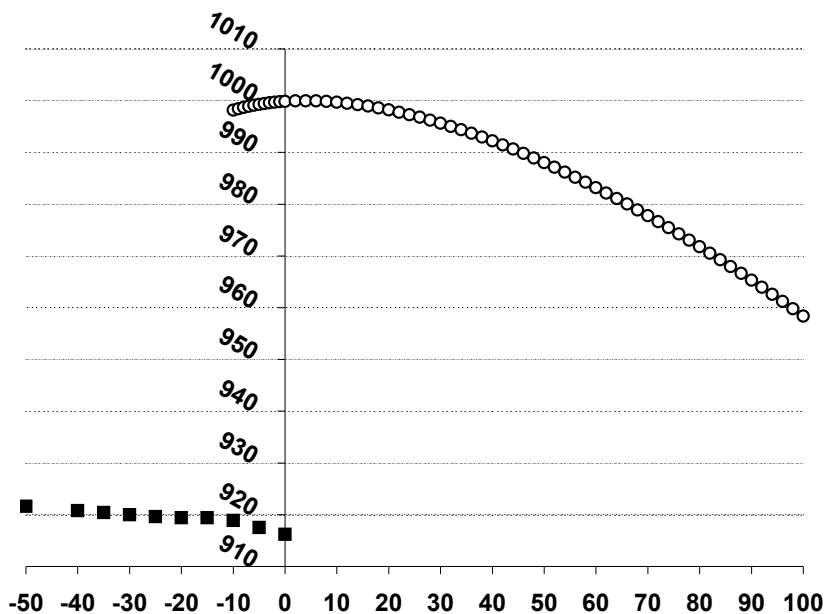
Помимо столкновений с плавучим айсбергом для кораблей существует опасность вмержания в морской лёд. Корабль либо окружается сплошным льдом, примерзает к нему и теряет ход. Это происходило, например, с кораблем Ф. Нансена «Фрам» в 1893–1896 гг. (рис. 2.5). Либо, как это нередко было на Северном морском пути, сжимается движущимися льдами; его корпус продавливается, и корабль тонет. Так, в частности, погиб теплоход «Челюскин» в 1934 г. (рис. 2.6). Именно поэтому форму корпуса ледоколов и других судов ледового класса делают такой, чтобы при сдавливании с боков корабль не сминаялся, а выдавливался ими вверх (рис. 2.7).

Морские льды имеют достаточно много видов. Одна из работ М. В. Ломоносова была посвящена описанию и классификации морских льдов (рис. 2.8). Эту работу он представлял в 1760 г. в Шведскую Академию наук, за что его и избрали иностранным членом этой академии. Эта тема Ломоносову была хорошо известна — он с раннего детства ходил на морские промыслы именно в Северном Ледовитом океане.

Лёд является в известном смысле является перспективной инженерной конструкцией, прежде всего для транспорта. В истории было несколько случаев, когда существенную роль сыграли ледовые переправы. Например, Ледовое побоище (Чудское озеро, 1242 г.). В 1709 году отряд Баркляя де Толли совершил переход по льду Ботнического залива из Финляндии в Швецию (и угрожал взятием Стокгольма, что решило исход тогдашней русско-шведской войны). До сооружения Кругобайкальской железной дороги в течение 1901–1905 гг. осуществлялась «перекатка» вагонов по льду озера Байкал от истока Ангары до Мысовой на восточном берегу. Зимой 1941 года по льду Ладожского озера проходила «Дорога жизни» в Ленинград (рис. 2.9). В труднодоступных северных районах замёрзшие реки и озёра до сих пор используются в

качестве зимних дорог (а раньше, до строительства сухопутных дорог, это был основной способ транспортного сообщения в зимнее время).

Зависимость плотности воды от температуры имеет необычный вид. На графике показаны плотности воды и льда при различных температурах при давлении 1 атмосфера. По горизонтали отложена температура в  $^{\circ}\text{C}$ , по вертикали — плотность в  $\text{кг}/\text{м}^3$ . Кружочками показана зависимость для воды, квадратиками — для льда. Плотность воды максимальна при температуре  $+4^{\circ}\text{C}$ , а как при охлаждении, так и при нагревании уменьшается. (Для отрицательных температур для наглядности приведены данные для переохлаждённой воды, которая может существовать в жидком состоянии, не превращаясь в лёд, если в ней нет примесей — возможных центров кристаллизации льда).



Такая зависимость плотности воды от температуры приводит к тому, что все водоёмы, которые испытывают сезонное замерзание на поверхности, дважды в год — осенью и весной — проходят так называемый цикл вертикальной циркуляции воды.

Осенью вода начинает остывать. Когда на поверхности водоёма она достигает температуры  $+4^{\circ}\text{C}$ , то опускается до дна (так как именно при данной температуре вода самая плотная). И до самого дна, соот-

ветственно, доходит слой воды с поверхности, насыщенный кислородом. Потом на поверхности образуется лёд, под ним — холодная вода меньшей, чем  $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , температуры (и, соответственно, меньшей плотности). А самая плотная вода сохраняется около дна (рис. 2.11).

Потом происходит весеннее нагревание водоёма, лёд на его поверхности тает, талая вода прогревается до  $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , приобретает максимальную плотность и опять опускается до дна, вновь принося с собой растворённый кислород во всём объёме озера.

Поэтому почти все водоёмы, которые испытывают периодическое замерзание на поверхности (как пресные, так и солёные), по всему своему объёму снабжены кислородом, что создаёт благоприятные условия для развития жизни в них. (Известным исключением является Чёрное море, нижние слои которого насыщены сероводородом.)

Следующий вопрос — фазовая диаграмма льда. Молекула воды — это один атом кислорода и два атома водорода, расположенные под углом примерно  $120^{\circ}$  (рис. 2.12). Но в таком «простом» виде вода никогда не существует. Молекулы воды выстраиваются в хаотические комбинации в жидком состоянии и устойчивые кристаллические «узоры» — в твёрдом. При этом атомы водорода являются своеобразными «мостиками» между атомами кислорода (рис. 2.13).

В зависимости от давления и температуры эти кристаллические узоры могут быть очень разными. На сегодняшний день для воды известно около 16 типов кристаллизации (рис 2.14). И большинство из них имеет плотность больше плотности жидкой воды. Такой лёд в воде тонет. Другое дело, что для образования таких льдов нужны высокие давления. Если обычный лёд, намёрзший на поверхности, подвергается затем высокому давлению, то он тоже может испытать фазовый переход с увеличением плотности.

Во льдах айсбергов содержатся пузырьки воздуха из-за того, что первоначально эти льды образуются за счёт уплотнения выпавшего снега. Между снежинками есть воздух, который так и остаётся потом в толще льда в виде пузырьков. Но это не является определяющим фактором для плавучести льда — плотность льда меньше плотности воды и сама по себе, даже и без пузырьков.

Кстати, эти пузырьки имеют важное научное значение. Именно по анализу состава воздуха в ядрах из ледников установлены наиболее точные данные о прошлом климате нашей планеты, о газовом составе атмосферы в предшествующие эпохи (рис. 2.15). В толстых ледниках Гренландии и Антарктиды возраст наиболее старых льдов и пузырьков воздуха в них составляет многие сотни тысяч лет.

Ещё одним фактором, который мы должны учитывать, рассматривая плавучесть айсбергов, — это зависимость плотности воды от её солёности (рис. 2.16). Как известно, морская вода солёная (солёность воды в океанах почти повсеместно близка к 35 промилле; и её плотность колеблется в пределах от  $1,02 \text{ г/см}^3$  до  $1,03 \text{ г/см}^3$ ), в то время как лёд айсбергов — пресный.

*И если бы они [айсберги] в воде тонули, что изменилось бы?*

Что произошло бы, если бы вода не обладала такой особенностью — лёд легче воды, а максимальная плотность воды при  $+4$  градусах? На нашей планете произошла бы ледяная катастрофа. Лёд, образующийся на поверхности и имеющий большую, чем у воды, плотность, постоянно бы в ней тонул. И это продолжалось бы до тех пор, пока весь Мировой океан не превратился бы в единый сплошной ледник до дна. В тропических зонах Земли, где солнце могло бы растопить лёд, на поверхности этого глобального ледника образовывалась бы тоненькая плёнка талой воды, замерзающая каждую ночь.

В геологической истории Земли ранее уже случались эпохи оледенений, в том числе и по всей поверхности, когда весь океан был полностью покрыт слоем льда. Сейчас у нас в океане температура поверхности около  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  градусов в полярных зонах и около  $+25 \text{ }^\circ\text{C}$  в экваториальных. Далее до глубины несколько сотен метров (зона волнового перемешивания моря) температура воды плавно изменяется до  $+4 \text{ }^\circ\text{C}$ , и так сохраняется почти до самого дна. У дна океана температура воды примерно  $+2 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Так происходит из-за того, что у нас почти весь Мировой океан работает «радиатором» от мощного «холодильника» под названием Антарктида. Она постоянно сбрасывает ледники и талые воды с температурой  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ . И эта холодная вода по континентальному шельфу Антарктиды растекается затем по дну всех океанов. И если бы лёд в воде тонул, то весь Мировой океан выглядел бы как продолжение ледника Антарктиды.

*Если кусочек льда мысленно опустить на дно океана, всплывёт ли он обратно?*

Средняя глубина океана 4 км, и давление там примерно в 400 раз больше атмосферного. Лёд в таких условиях перейдёт в одну из тех фаз, у которой плотность больше плотности воды. При этом сжимаемость воды очень маленькая, её плотность с глубиной практически не меняется. Поэтому плотность льда на дне будет больше, чем окружающей воды, и он не всплывёт, а так на дне и останется. Даже если вода

вокруг солёная, плотность льда под таким давлением всё равно будет больше.

В процессе перехода в более плотную фазу лёд может раскрошиться. А часть льда, возможно, в этот момент растает в результате выделения теплоты при механическом взаимодействии частей льда друг с другом и трении между ними.

*б\*) Какие бывают «подводные» айсберги?*

Подводные льды на дне океана действительно существуют, хотя открыты они были сравнительно недавно. Образуются эти льды в тех местах, где на дне океана расположены газовые месторождения и газ сквозь плотные породы дна просачивается в воду. При этом происходит резкое уменьшение (сброс) давления газа, сопровождающееся его охлаждением. В этих местах нарастают огромные объёмы твёрдых газовых гидратов — это газ, смешанный с замёрзшей водой. Кусочек такого «льда» можно поднять на поверхность, поджечь — и он будет гореть (рис. 2.17).

Когда будут разработаны промышленные методы добычи такого газа, это будет иметь большое экономическое значение. Газовые гидраты — огромный резервуар энергетических ресурсов для всего человечества, пока ещё совершенно не разработанный.

*Бывают ли «айсберги» на других планетах?*

Для образования айсбергов на какой-либо планете<sup>13</sup> нужно, чтобы на поверхности планеты были какие-либо вещества (будем считать, что это не обязательно вода), которые при имеющихся там условиях (температурах и давлениях) могли бы находиться как в твёрдом, так и в жидком состоянии (и первое могло плавать во втором).

Известны так называемые ледяные планеты. В Солнечной системе это, например, Ганимед и Европа (спутники Юпитера). В центре таких планет (точнее, планетных тел) есть каменистое ядро. Дальше располагается глобальный океан. Выше этого океана располагается огромный ледник — толщиной около 50 км. Корка льда — фактически единый глобальный айсберг, который этот океан покрывает (рис. 2.18).

На экзопланетах (планетах, входящих не в Солнечную систему, а в планетные системы других звёзд), там, где физические условия аналогичны земным и позволяют существовать жидкой воде на поверхности

---

<sup>13</sup>Планетой мы будем считать любой похожий на планету космический объект, не обязательно носящий формальное название планеты (в частности, спутники планет Солнечной системы).

такой планеты, вполне возможно повторение нашей ситуации с глобальным океаном (или локальными морями) и айсбергами в нём.

На поверхности Титана (спутник Сатурна), где температура составляет около  $-180\text{ }^{\circ}\text{C}$ , обнаружены не только моря и озёра из жидкого метана ( $\text{CH}_4$ ), но и твёрдые конгломераты (по-видимому, метан с примесями), плавающие на их поверхности.

### Задание 3

*В книжке 1960-х годов для юных туристов СССР предлагался такой способ ориентирования с помощью наручных стрелочных часов:*

Направьте стрелку часовую	Есть угол — важен он для нас.
На Солнце, в точку золотую.	Делите угол пополам
Меж стрелкою и цифрой «час»	И сразу ЮГ найдёте там!

*Вот удивительное дело: полвека назад этот способ давал приемлемую точность, последние тридцать лет он «работал» только пять месяцев в году, а в прошлом году и вовсе перестал правильно показывать направление!*

Сейчас такой способ кажется странным и даже непонятным. У многих людей есть смартфоны, которые умеют не только показывать стороны света, но и определять точные координаты по спутникам (GPS, ГЛОНАСС). И, конечно же, показывать время — цифрами на экране.

А ещё сравнительно недавно ничего этого не было... Люди носили наручные стрелочные механические часы, чтобы в любой момент знать время. Магнитные компасы были далеко не у всех — они были достаточно дорогими, а продавались не везде и не всегда. Поэтому способ ориентирования по часам был действительно актуальным.

*а) В чём заключается суть этого способа ориентирования?*

Слово «полдень» означает, что прошла ровно половина дня. До этого момента Солнце поднималось над горизонтом, сейчас (в полдень) оно находится максимально высоко, а после полудня высота Солнца над горизонтом уменьшается, пока оно не зайдёт за горизонт совсем.

Когда мы наблюдаем Солнце на максимальной высоте над горизонтом, оно находится в плоскости того же меридиана, что и мы. А линия, проведённая по поверхности Земли в том направлении, в котором над горизонтом находится Солнце, как раз и будет местным меридианом.

Все меридианы соединяют Северный и Южный полюса. То есть вдоль меридиана в одном направлении будет север, а в другом — юг. Если мы знаем, что находимся в Северном полушарии вне зоны тропи-



ков (то есть севернее  $23,5^\circ$  северной широты), в направлении меридиана в сторону Солнца будет юг, а в противоположном направлении — север. (В тропической зоне Солнце может наблюдаться в зените, и направление на юг или север однозначно определить по Солнцу нельзя.)

Указанный в задаче способ ориентирования позволяет реконструировать направление, в котором Солнце в данный день наблюдалось (или ещё будет наблюдаться) на максимальной высоте над горизонтом, наблюдая положение Солнца в текущий момент и зная местное время в этот же момент.

С некоторой точностью можно считать, что Солнце движется по небосводу равномерно, делая полный оборот за сутки (24 часа). А часовая стрелка за сутки делает 2 оборота по циферблату. Значит, биссектриса угла между часовой стрелкой и каким-либо делением на циферблате часов движется в 2 раза медленнее часовой стрелки и делает как раз 1 оборот в сутки. Поэтому можно мысленно совместить круговые движения этой биссектрисы по циферблату и Солнца по небосводу и таким образом узнать, в каком направлении в какое время наблюдалось Солнце — это направление как раз будет совпадать с направлением на соответствующую цифру циферблата.

Так, отметка «12» на циферблате будет указывать, в каком направлении Солнце наблюдалось в полдень. А именно там и находится юг.

### *б) Какова была его первоначальная точность?*

Заметим, что нужное направление будет определено верно, если мы расположим плоскость циферблата параллельно плоскости суточного движения солнца по небосводу, которая, в свою очередь, параллельна плоскости земного экватора (и совпадает с этой плоскостью в дни весеннего и осеннего равноденствия). А угол между поверхностью земли и плоскостью экватора равен ( $90^\circ$  минус географическая широта). Поэтому в полярных областях циферблат достаточно расположить параллельно поверхности земли, и ошибка получится небольшой. Ошибка будет возрастать по мере удаления от полюса, для её уменьшения и правильного расположения циферблата нужно знать географическую широту и ... направления сторон света. Но именно стороны света нам и нужно определить!

Первоначально время в каждой местности (в каждом городе) определялось по полуденному солнцу (полдень соответствовал максимальной высоте солнца над горизонтом), и на каждой долготе было своё, т. н. местное время. Сейчас для удобства в основном используется так называемое поясное время: вся поверхность Земли условно разделена на

24 часовых пояса. В пределах каждого пояса используется одинаковое время, а между соседними поясами время различается на 1 час ровно.

В каждой местности поясное время уже не соответствует солнечному, а на границах часовых поясов может отличаться от него на полчаса (или даже больше, если географическая граница часовых поясов была сдвинута по административным причинам).

За полчаса часовая стрелка перемещается по циферблату на 15 градусов. Соответственно, ошибка определения направления на юг по часам будет в 2 раза меньше и может составлять 7–10 градусов.

Поясное время стало вводиться в 19 веке в связи с развитием техники и установлением устойчивых связей между достаточно удалёнными территориями (телеграфные линии, железные дороги и т. п.), когда иметь в каждом месте своё собственное время стало очень неудобно.

Процесс установления поясного времени был длительным и непростым. В частности, по историческим причинам в СССР с 1930-х годов применялось так называемое декретное время, которое на 1 час отличается от поясного времени, естественного для данного часового пояса по астрономическим соображениям. Солнце достигало максимальной высоты над горизонтом (находясь в этот момент в южном направлении) в 1 час декретного местного времени. Именно поэтому в стихотворении 1960-х годов (когда уже несколько десятилетий действовало декретное время) предлагалось брать за точку отсчёта на циферблате не деление «12», а деление «1».

Административные границы часовых поясов также могут сильно отличаться от географических. Например, географически город Москва делится границей часовых поясов на две части. Но поскольку иметь разное время в разных частях одного города неудобно, административная граница часового пояса была сильно сдвинута, чтобы и Москва, и весь Московский регион жили по одному времени. По этой же причине к этому поясу были отнесены и многие территории на Европейской части СССР. При этом такое время, установленное административным путём, будет сильно отличаться от местного астрономического (на некоторых территориях более чем на 2 часа).

*в) Почему сейчас (в 2012 году) этот способ почти нигде уже не работает там, где работал раньше?*

В 1981 году в Советском Союзе ввели летнее время. Весной часы переводились на 1 час вперёд, а осенью — обратно на 1 час назад. В период действия летнего времени, который каждый год продолжался 5 месяцев, максимальная высота Солнца над горизонтом соответствовала

примерно 14 часам поясного летнего времени. Поэтому описанный в задании способ ориентирования не работал. (Для ориентирования по циферблату часов нужно было брать цифру «2» вместо цифры «1».)

Введение летнего времени связано с тем, что летом в средних широтах световой день начинается существенно раньше, чем зимой. Например, в Москве в соответствии с декретным временем восход Солнца в середине июня происходит в 3.44 утра, а в конце декабря — в 8.59. В летние месяцы получается, что Солнце уже давно взошло и настал световой день, а у людей на часах ещё раннее утро и они ещё спят. Чтобы исправить этот недостаток и более эффективно использовать световой день, и было решено переводить время на летний период на 1 час вперёд

По летнему времени самый ранний восход в Москве будет наблюдаться уже в 4.44 утра, а заход в эти же дни — в 22.17 (вместо 21.17 без летнего времени). Соответственно, считалось, что люди утром раньше проснутся (когда уже будет светло), а вечером раньше лягут спать и потратят меньше электроэнергии на освещение дома и на работе.

Но у летнего времени есть и свои недостатки. Например, 2 раза в год — в моменты перехода на летнее время и обратно — возникают проблемы с расписанием транспорта, и организацией работы непрерывных производств. Да и многим людям просто неудобно просыпаться на час раньше. Споры о достоинствах и недостатках перевода времени 2 раза в год происходят постоянно; и сторонники, и противники перевода времени по своему правы. Но следует признать, что в современном мире привязка деятельности людей к световому периоду намного меньше, чем это было в прежние эпохи.

В 2011 году в Российской Федерации сезонный перевод времени был отменён. Весной 2011 года было введено летнее время, а осенью 2011 года переход на зимнее время не состоялся. В результате на большей части территории России солнечное время «отстаёт» от официально принятого примерно на 2 часа в течении всего года. Поэтому описанный в задании способ ориентирования по солнцу и часам не работает (для получения правильных результатов за точку отсчёта на циферблате нужно принимать цифру «2» вместо цифры «1»).

Ещё одна причина ошибок ориентирования по солнцу — неравномерность солнечного времени в течении года. Смена дня и ночи на Земле обусловлена не только вращением Земли вокруг своей оси, но и вращением по орбите вокруг Солнца (если бы Земля вокруг своей оси вообще не вращалась, то земные сутки были бы равны по продолжительности одному году). Земля движется вокруг Солнца по эллиптической орбите, и чем дальше от Солнца она находится, тем меньше линейная и угло-

вая скорость её орбитального движения. Соответственно, изменяется и скорость течения солнечного времени. Поскольку пользоваться временем, которое каждый день течёт с разной скоростью, очень неудобно, мы пользуемся равномерным временем, — так называемым средним солнечным временем. Оно всегда течёт с одинаковой скоростью, но зато в разные даты время наблюдения кульминации реального Солнца (максимальной высоты над горизонтом) будет различным. Например, в Москве солнечная кульминация в конце октября – начале ноября наблюдается в 13.13, а в начале февраля — в 13.43 по московскому времени, то есть разница составляет полчаса.

Как мы убедились выше, ошибка описанного метода ориентирования по солнцу и стрелочным часам практически всегда будет больше половины одного часового деления циферблата, то есть  $15^\circ$  на местности. Такой точности вполне хватит для похода в лес за грибами, но это совершенно не годится, например, для целей мореплавания или авиации. При неудачном стечении обстоятельств эта ошибка может составить более 2 часовых делений циферблата — то есть, соответственно, до  $45^\circ$  на местности. А это уже слишком много и для обычных туристов. Поэтому данный способ всегда был только вспомогательным, а основным прибором ориентирования служил компас с точностью определения сторон света 1–3 градуса.

#### Задание 4

*В поэме «Медный всадник» А. С. Пушкин так описывает наводнение 1824 года, характерное для Санкт-Петербурга:*

Нева вздувалась и ревела,  
Котлом клокоча и клубясь,  
И вдруг, как зверь остервенясь,  
На город кинулась. . .

*а) Почему наводнения в Санкт-Петербурге происходили во время бури?*

Что такое наводнение вообще?

Часть поверхности нашей планеты Земля покрыта сушей, а её большая часть (около 70%) — водными объектами: океанами, морями, озёрами, реками, болотами, лужами, искусственными прудами и водохранилищами. Граница между водой и сушей постоянно и непрерывно меняется — это обычный природный процесс.

Наводнениями обычно называют ситуации, когда такие процессы

неожиданно вмешиваются в жизнь людей и приносят существенный ущерб. Например, разливы в дельте реки Невы стали восприниматься в качестве наводнений уже после основания в этом месте в 1703 году города Санкт-Петербург.

Нужно подчеркнуть именно неожиданность наводнений. Известно довольно много случаев, когда те или иные населённые и освоенные территории периодически затопляются водой — ежедневными морскими приливами, штормовыми морскими приboями, сезонными или стихийными паводками в поймах рек, часто случающимися сильными дождями, сбросами воды с водохранилищ. В таких случаях использование затопляемых территорий для людей оправдано и выгодно по тем или иным причинам, даже несмотря на временные потери и неудобства.

Всё хозяйство на этих территориях приспособлено к регулярным затоплениям водой, а люди на время просто оттуда уходят (или меняют способ своего существования, например, используют лодки и катера вместо автомобилей). Прекрасный пример такого существования — город Венеция.

Санкт-Петербург (Ленинград) в этом смысле занимает промежуточное положение. На момент основания города было хорошо известно, что эта территория иногда заливаётся водой, и будет заливаться и впредь. Но политические и экономические соображения во времена основания и последующего строительства города перевесили. Пётр Первый решил, что город (столица Империи!) в этом месте всё равно нужен, а будущие наводнения жители как-нибудь переживут.

Дельта Невы имеет достаточно большой объём и большую площадь поверхности. Собственного стока Невы, дождей или талых снеговых вод в районе Санкт-Петербурга недостаточно для получения сколь угодно значительного объёма воды по сравнению с имеющимся и заметного поднятия уровня воды. Паводковые наводнения в Санкт-Петербурге случались крайне редко.

Основной источник воды для наводнений в Санкт-Петербурге — обратное течение воды в Неву из Финского залива, в который Нева впадает. Это течение обусловлено атмосферными явлениями — поэтому наводнения в Санкт-Петербурге в основном и случаются в ветреную погоду.

Известно 2 основных механизма возникновения обратных течений.

- 1) Ветровые нагоны. Сильный ветер, дующий вдоль поверхности воды, вызывает на ней волнение, а также увлекает поверхностный слой воды в том направлении, куда он дует. В поверхностном слое воды возникает течение, иногда весьма сильное, способное вызвать существен-

ное повышение уровня воды в том месте, куда оно придёт. («Прекрасным» примером ветрового нагона стало катастрофическое наводнение в Новом Орлеане во время урагана Катрина в 2005 г.: под водой оказалось около 80% площади города, в результате стихийного бедствия погибли 1836 жителей, экономический ущерб составил 125 млрд. долларов.)

2) Барические волны. Над поверхностью воды могут перемещаться циклоны — круговые движения воздуха (радиус таких круговых движений — километры, десятки или даже сотни километров). В центре циклона находится область пониженного давления воздуха, куда засасывается вода, образуя горб на поверхности. Это водяной «горб» перемещается по поверхности моря вслед за циклоном.

В России такие барические волны наиболее известны как раз в Балтийском море. Они сопровождают циклоны, идущие из Атлантики с запада на северо-восток.

В открытом море подобные изменения уровня воды остаются практически незаметными и не создают неприятностей. Кроме того, эти течения обычно бывают сбалансированными — если воду откуда-то «сдуло» или «отсосало», через некоторое время она окружными путями (боковыми или глубинными течениями) возвращается на место.

Когда же такой процесс «утыкается» в мелководье или берег, равновесие нарушается и происходит выброс в сторону берега больших объёмов воды и повышение уровня. Эффект усиливается в местах, подобных тому, где расположен Санкт-Петербург — массы воды по инерции продвигаются вверх против течения Невы, занимая всё более узкие и мелкие участки. Места для натекающей воды в русле Невской губы становится всё меньше, из-за чего и поднимается уровень. И уровень этот в конкретном месте может оказаться существенно выше, чем в Финском заливе у устья Невы, а тем более на акватории Балтийского моря.

Барические волны и связанные с ними течения имеют достаточно большие размеры, в процесс вовлекается практически всё Балтийское море целиком. Для Финского залива известно эмпирическое правило: если у берегов Таллина (ранее — Ревель, Кольвань) уровень воды поднялся на какую-то величину, эту величину можно умножить на 2 и получить оценку высоты наводнения, которое ожидается на территории Санкт-Петербурга.

За всю историю инструментальных измерений зафиксирован максимальный подъём уровня воды на 4 м 20 см (это как раз и есть наводнение 19 ноября 1824 года, о котором идёт речь в стихотворении Пушкина). По историческим источникам до основания города в этой местности упоминаются повышения уровня воды более 7 метров (хотя трудно

судить о точности как самих измерений, так и перевода их в современные единицы длины). Также нужно учитывать, что по целиком залитой водой поверхности большой площади во время сильного ветра «гуляют» штормовые волны, и высота этих волн может быть несколько метров (дополнительно к повышенному уровню воды).

Жители Санкт-Петербурга, разумеется, с самого момента основания города с тревогой относились к угрозе наводнений, и пытались с ними бороться. В городе насыпались и укреплялись набережные, прокладывались дополнительные ирригационные каналы, строились многоэтажные дома. Планировались прямые улицы города, по которым при необходимости можно эвакуироваться из зоны затопления (напомним, что уровень воды во время Санкт-Петербургских наводнений поднимается постепенно, что даёт достаточное время для эвакуации). Был предусмотрен и общий сигнал оповещения горожан об опасности — выстрелы пушек Петропавловской крепости и других гарнизонов.

В результате в истории Петербурга-Ленинграда бедствиями (наводнениями) считались только случаи поднятия уровня воды выше 160 см над обычным значением. Более мелкие повышения уровня воды в дельте Невы вообще стали незаметными и за наводнения не считаются. (Хотя это и создаёт проблемы с судоходством под многочисленными низкими мостами города.)

Во второй половине 20 века велось строительство защитных дамб в Финском заливе. Строительство было закончено в 2011 году. Общая длина дамб составляет более 25 км. По длине дамбы расположено много шлюзов для пропуска воды и судов. При закрытых шлюзах энергия движущихся в сторону Санкт-Петербурга нагонных течений равномерно рассеивается по всей длине дамбы без серьёзных последствий. По расчётам, нагонных (барических) наводнений в Санкт-Петербурге больше быть не должно, и будем надеяться их уже и не будет. Хотя и это решение проблемы имеет свои минусы: при угрозе наводнения шлюзы дамбы закрываются, и судоходство в заливе прерывается до окончания катаклизма. Также в это время теперь затапливаются участки берега по краям дамбы, где наводнений раньше не наблюдалось.

*б) В чём их отличие от наводнения, связанного с трагедией 07.07.2012 в городе Крымск Краснодарского края?*

Причиной наводнения, связанного с трагедией 07.07.2012 г. в городе Крымск Краснодарского края, был стихийный паводок на протекающей через город реке Адагум, возникший из-за переполнения её дождевой водой.

Сам город Крымск находится в относительно равнинной местности. Через город протекает река Адагум, питающаяся преимущественно дождевой водой с горных склонов. Река эта не очень большая. Хотя её название переводится с адыгейского языка как «бурный поток», в засушливое время она может полностью пересыхать.

Типичной ситуацией для рек является сбор воды с большой площади поверхности, которая затем собирается в узкое русло реки. Обычно дождь, выпавший одновременно над большой площадью водосбора реки, не приводит к катастрофическим последствиям. Дождевая вода впитывается в почву, задерживается в естественных углублениях и попадает в реку постепенно небольшими порциями.

Причиной трагических событий в Крымске стали обильные дожди на протяжении нескольких дней перед наводнением. В результате площадь водосбора реки Адагум оказалась насыщена водой. В дальнейшем выпадающая дождевая вода уже не задерживалась и по крутым горным склонам стекала во множество притоков реки.

В результате большая масса воды концентрируется в одном месте одновременно. При этом также размываются потоками и заполняются обваливающейся и смываемой горной породой естественные резервуары, поэтому в общий поток попадает не только та вода, которая выпала в виде дождя прямо сейчас, но и та, которая задержалась на склонах раньше.

В русле реки также могут формироваться волны, догоняющие друг друга, что приводит к ещё большей концентрации воды на маленькой площади в короткий промежуток времени. Основная причина образования таких кумулятивных волн — возникновение временных плотин (препятствий, заторов) потока воды в узкостях русла, в результате завалов из несущегося мусора, в зоне незаконной застройки поймы реки.

На реке Адагум ниже по течению города Крымск находится Варнавинское водохранилище. Благодаря этому у нас есть результаты измерений стока реки Адагум. Подсчитано, что максимальный расход воды Адагума через город Крымск составлял около  $1500 \text{ м}^3$  в секунду. (Для справки: расход воды реки Волга около города Волгоград вне периода паводка составляет всего около  $8000 \text{ м}^3$  в секунду.)

Естественно, река Адагум вышла из берегов (превышение уровня составило около 4 метров), что привело к формированию мощных водных потоков по территории самого города Крымска. Само по себе такое событие нельзя считать абсолютно катастрофическим — в мире есть города, на улицах которых такое случается достаточно регулярно. В Крымске же подобное явление произошло неожиданно, в ночное



время. В результате погибло по официальным данным 160 человек, причинён значительный ущерб.

К сожалению, эту трагедию нельзя считать чисто природной. Здесь имеются и серьёзные административные просчёты. В принципе, такой интенсивный поток через город не прогнозировался, поэтому даже полное выполнение всех противопаводковых мероприятий (строительство защитных дамб, расчистка русел, запрет строительства на предполагаемых опасных территориях) скорее всего не смогло бы в данном случае предотвратить все последствия.

Однако за дни (когда шли обильные дожди) и часы (вечером и ночью) до трагедии примерный сценарий развития событий уже был понятен и известен. Опасная территория была сравнительно небольшой, и чтобы её покинуть, людям достаточно было пройти пешком расстояние не больше километра. К сожалению, большинство жителей затопленной территории города информацию о надвигающейся опасности так и не получили.

В это же время наблюдались сильные дожди и паводковые явления на соседних территориях Краснодарского края, в разных местах (за исключением города Крымск) погибло более 10 человек.

*в\*) В чём различие защитных дамб в Санкт-Петербурге, Лондоне, Венеции, Луизиане, Зеландии и Японии? Какой наибольшей высоты наводнения могут быть?*

На Земле есть много мест, где люди живут или желают жить на затопляемых территориях. Естественно, в целях своей безопасности и удобства они стараются защитить свою территорию от паводков и наводнений. Одним из наиболее эффективных способов защиты являются дамбы.

Самыми высокими дамбами можно считать плотины водохранилищ и гидроэлектростанций — более 200 метров. Хотя основная функция этих сооружений иная, они могут эффективно защищать от паводков нижележащую территорию поймы реки, при правильном планировании потока сброса воды через плотину.

В остальных случаях дамбы обычно строят такой высоты (с небольшим запасом), какой уровень воды перед ними ожидается.

Например, значительная часть территории Голландии — это территории, которые «отняты» у моря. Так называемые польдеры — территории, которые огорожены дамбами со всех сторон, осушены и приспособлены для хозяйственной деятельности. Избыточная вода, которая попадает на эту территорию с дождями и фильтрацией через дамбы,

постоянно оттуда выкачивается. Раньше это были ветряные мельницы, а сейчас — электрические насосы. Дно польдера может располагаться на 3–4 метра ниже уровня окружающего моря. Соответственно, строятся дамбы необходимой высоты.

В Японии частым стихийным бедствием является цунами. Для защиты от них за многие десятилетия разработана техника построения прибрежных дамб, высота которых сейчас составляет около 10 метров. Во время событий 2011 года высота волн в ряде регионов оказалась существенно больше — до 40 метров. Но при этом всё равно существенная часть воды такими дамбами была всё-таки задержана. Верхняя часть волн, перелившихся через дамбы, причинила существенно меньший ущерб, чем это могли бы сделать волны цунами целиком (хотя всё равно — урон катастрофический). Здесь важно не только количество перелившийся воды, но и динамическая энергия волн, которая на дамбах частично гасится, и частично отражается обратно в открытый океан.

Максимальная высота морских приливов известна — это 18 метров в заливе Фанди (залив расположен на Атлантическом побережье Северной Америки, на границе США и Канады). В остальных местах эта высота меньше и в каждом конкретном месте и известна по результатам наблюдений. Чем и определяется высота дамбы в случае необходимости её строительства.

Также для каждого места известны по результатам многолетних наблюдений и высоты штормовых волн. Максимальная возможная высота их примерно такая же.

Цунами — явления, порождающие волны существенно большей высоты — случаются относительно редко (раз в несколько лет или даже раз в несколько десятков лет в данной местности). Максимальная высота волн цунами у побережья Японии, определённая по результатам исторических реконструкций прошлых событий, составляет около 80 метров. Понятно, что строить вдоль всего берега дамбу такой высоты нецелесообразно. К счастью, современными техническими средствами возможно зафиксировать цунами ещё до подхода к берегу и успеть провести оповещение и эвакуацию населения. (Все детали этого мероприятия тщательно продумываются и отрабатываются заранее.)

Регулярных явлений с волнами большей высоты на Земле в настоящее время не прогнозируется. Чем больше высота волны, тем больше требуется энергии и мощности для её создания. Каких-то более мощных источников энергии, чем подводные тектонические процессы, приводящие к возникновению цунами, на Земле в настоящее время, скорее

всего, нет. Например, взрыв вулкана Кракатау привёл к образованию волн до 50 м высотой. А взрыв древнего вулкана Санторин в Средиземном море мог вызвать волны до 200 м.

Самые редкие из наблюдаемых, но зато и самые большие по амплитуде — это волны заплескового происхождения. Здесь в процесс вовлекается относительно небольшой объём воды (на что требуется ограниченное количество энергии), но зато амплитуда волн действительно может быть очень большой. Наиболее выдающимся событием такого рода является оползень, сошедший 9 июля 1958 года со склонов горы Фейрузер в заливе Литуя на Аляске. В результате в заливе случилось «наводнение», которое всё попавшееся на своём пути смыло в океан. Высота волны (определённая по заплескам на склонах гор) составила около 550 метров (примерно как Останкинская телебашня в Москве). По расчётам объём оползня составил 80 миллионов кубометров, скорость волны — около 160 км/ч.

Нужно понимать, что подобное событие может наблюдаться на всех водоёмах (озёрах, реках) с высокими крутыми склонами. Сходящие с такого склона оползни, сели или снежные лавины могут выплеснуть большой объём воды из водоёма или нагнать волну к противоположному берегу. В результате опасная зона может быть намного шире, чем предполагается от непосредственного воздействия обвала.

Похожие мощные заплесковые волны могут наблюдаться при отломах айсбергов от ледников. Правда, такие явления не считаются наводнениями, так как происходят в ненаселённой местности и не причиняют ущерба.

В качестве экзотических водяных волн можно рассматривать водопады, которые могут достигать до 900 метров в высоту. Правда, волны эти стоячие, находятся на одном месте, и не причиняют вреда.

Самые высокие (но, к счастью, и самые редкие) волны — ударного происхождения при возможном падении астероида в океан. По расчётам, их высота может быть сопоставима со средней глубиной самого Мирового океана около 4 км (более высокими такие волны быть не могут, так как для них неоткуда будет взять достаточное количество воды). Но такое случается на Земле не в каждый десяток миллионов лет.

## **Задание 5**

*Последнее в 21 веке прохождение Венеры по диску Солнца наблюдалось на Земле 6 июня 2012 года.*

*а) Какие прохождения Венеры наблюдались исторически и какие научные задачи при этом были решены?*

Прохождение Венеры по диску Солнца для обычного человека на Земле является полностью незаметным. Наблюдать это явление можно только с помощью оптических приборов. Видимый диаметр Солнца с Земли — около  $0,5^\circ$ , а видимый диаметр Венеры (когда она находится между Солнцем и Землёй) — примерно в 30 раз меньше. Для наблюдателя это выглядит как маленькая тёмная точка на поверхности Солнца. Из-за очень большой яркости Солнца глазом это наблюдать невозможно (и опасно!).

Солнце и Венера замечательно наблюдаются на небе по отдельности. Естественно, люди с древних времён занимались изучением видимых траекторий этих небесных тел, и вполне могли заметить, что эти траектории иногда пересекаются. Однако надёжных данных по таким верно сделанным предсказаниям в древности неизвестно. Прохождение Венеры по диску Солнца — событие достаточно редкое, а изучение древних астрономических расчётов — очень непростая задача.

Первое достоверно известное наблюдение прохождения Венеры по диску Солнца провёл английский астроном Джереми Хоррокс в 1639 году (4 декабря по современному календарю, 24 ноября по Юлианскому календарю, действовавшему тогда в Англии). Наблюдения проводились с помощью достаточно простого линзового оптического прибора, который проецировал изображение Солнца на экран (в качестве которого использовалась доска). Перед наблюдениями Хоррокс провёл расчёты, основываясь на известной тогда информации (в частности, расчётах Кеплера), в результате которых была верно определена дата события. Параллельно наблюдения провели ещё несколько человек.

Прохождение Венеры по диску Солнца — событие, которое наблюдается из разных мест на поверхности Земли, расположенных далеко друг от друга, по-разному. И, в отличие от множества других астрономических явлений, эта разница была доступна для наблюдения даже достаточно примитивными инструментами 17–18 века.

Так, видимая траектория Венеры по диску Солнца будет располагаться на различных расстояниях от центра диска. Также будет различной продолжительность явления — время, в течение которого Венера наблюдается поверх Солнечного диска. Используя эту разницу, можно связать расстояния на Земле (известные расстояния между пунктами наблюдения) с космическими расстояниями. И тем самым эти расстояния (от Земли до Венеры и от Земли до Солнца) определить.

Такие наблюдения были проведены во время следующего прохождения Венеры по диску Солнца 6 июня 1761 года, когда в разных местах Земли было развёрнуто более 40 наблюдательных пунктов. Результаты наблюдений 1761 года оказались не очень точными и достоверными, они были существенно уточнены во время наблюдений следующих прохождений Венеры по диску Солнца в 1769 и в 1874 годах. Заметим, что к 1874 году уже была изобретена фотография, что позволяло фотографировать и затем объективно оценивать результаты наблюдений (тогда как ранее результаты наблюдений могли только записываться или зарисовываться человеком, что существенно снижало точность и приводило к случайным и субъективным ошибкам).

До наблюдений прохождения Венеры по диску Солнца в 1761 году астрономы уже достаточно хорошо представляли себе общее устройство Солнечной системы, но не знали её точных размеров. Весьма точно были известны только отношения радиусов орбит планет друг к другу. Теперь же, по измерениям прохождений Венеры, стало возможным определить в абсолютных единицах длины радиусы орбит планет, размеры планет и Солнца.

Вторая важная задача, которая была решена при наблюдениях прохождения Венеры по диску Солнца — определение географической долготы. В эпоху Великих географических открытий европейцы совершили несколько кругосветных путешествий, и побывали почти во всех уголках земного шара (по крайней мере, доступных по воде).

Естественно, путешественникам важно уметь определять свои географические координаты для самых разных целей: определять расстояние планируемого путешествия, иметь возможность вернуться в какое-нибудь место повторно (или, наоборот, избежать столкновения с ранее известным препятствием), определить границы своих новых владений.

До появления точных методов ориентирования в открытом океане навигационные ошибки были основной причиной кораблекрушений. С ошибкой определения долготы связан и один из самых известных исторических курьёзов, когда Америку по ошибке первоначально приняли за Индию (из-за чего коренных жителей Америки мы до сих пор называем индейцами).

Географическая широта определяется достаточно просто по высоте светил над горизонтом. А никаких методов определения долготы тогда просто не существовало. В двух точках с одинаковой широтой и разными долготами на небе наблюдается всё то же самое, но только с разницей по времени. «Перенести» же точное время из одного места в другое было невозможно. Маятниковые часы для плаванья по морю не

годятся (из-за качки корабля; морские хронометры, позволяющие хранить время с достаточной точностью, появились существенно позже).

Для сравнения времён в двух разных точках Земли представляют интерес астрономические явления — неважно какие, но наблюдаемые одновременно в разных местах Земли. Тогда в интересующих нас местах можно определить местное время наблюдения этого события. Затем наблюдатели могут обменяться информацией об этих временах, и разница этих времён как раз и будет разницей долгот.

Исторически, со времён арабской астрономии, предпринимались попытки определения долготы по наблюдению лунных и солнечных затмений. Но такие наблюдения давали низкую точность, так как моменты начала и окончания лунных и солнечных затмений различаются в разных местах поверхности Земли. К тому же в средние века ещё не было даже маятниковых часов, — только водяные.

После открытия Галилеем изохронности маятника и спутников Юпитера началось систематическое наблюдение их положений для уточнения их орбит (и в ходе этих работ Оле Рёмер попутно впервые измерил скорость света). Однако, для практических целей определения долгот при наблюдении спутников Юпитера нужно очень точно измерить их положение в заданной точке орбиты для фиксации момента времени. При наблюдении же прохождения Венеры по диску Солнца такими выделенными событиями являются моменты времени начала вступления Венеры на диск Солнца и конец её прохождения.

Поэтому прохождение Венеры по диску Солнца как раз являлось очень подходящим явлением для долготных измерений. Для этих целей снаряжались многочисленные экспедиции. Так, тогда ещё никому не известный капитан Кук был отправлен на остров Гаити. По территории России несколько таких экспедиций было организовано М. В. Ломоносовым далеко на Восток, в Сибирь.

Определение расстояния от Земли до Солнца и долготные измерения на Земле — это запланированные задачи, поставленные задолго до прохождения Венеры. Наиболее известное незапланированное открытие — это «явление Ломоносова», наблюдение М. В. Ломоносовым на Венере атмосферы. В момент соприкосновения наблюдаемых Солнца и Венеры край Солнца сначала выгнулся, а затем прогнулся в другую сторону («на Солнце пупырь учинился»). То же самое в обратной последовательности произошло и в момент окончания наблюдений. Ломоносов, наблюдая этот эффект, совершенно справедливо интерпретировал его как прохождение лучей света от Солнца через атмосферу Венеры и их преломление атмосферой.

*б\*) Почему эти прохождения Венеры наблюдаются только в определённые месяцы с большими перерывами, почему у них именно такая периодичность?*

Дело в том, что угол между плоскостями орбит Земли и Венеры составляет  $3,4^\circ$ . Эти плоскости пересекаются по прямой, естественно, проходящей через Солнце. Прохождение Венеры по диску Солнца может наблюдаться с Земли, только если и Земля, и Венера находятся на этой прямой линии с одной стороны от Солнца (точнее, Венера должна попасть внутрь конуса, основанием которого является Солнце, а вершиной — Земля; угол при вершине такого конуса, напомним, составляет  $0,5^\circ$ ). Это может быть только на двух участках орбиты Земли, соответствующих середине лета и середине зимы.

Период обращения Венеры вокруг Солнца (то есть венерианский год) составляет 225 земных суток. Если в данный момент сложилась конфигурация, позволяющая наблюдать прохождение Венеры по диску Солнца, следующий раз точно такая же конфигурация сложится через 243 земных или 394 венерианских года.

Число  $8 \cdot \frac{365}{225} \approx 12,97$  близко к целому числу 13, поэтому приблизительно повторение конфигурации расположения Солнца, Земли и Венеры наблюдаются через 8 земных или 12,97 (почти 13) венерианских лет. Эти повторения всё время «съезжают» вдоль орбит Земли и Венеры. В современную эпоху как раз оказывается, что для двух таких последовательных событий летом (с интервалом в 8 земных лет) как раз возникают благоприятные условия для наблюдения. И следующий раз то же самое происходит через половину 243-летнего периода на противоположной стороне орбиты Земли, то есть зимой. Там также наблюдаются 2 события с интервалом 8 лет.

Напомним, что Джереми Хоррокс впервые наблюдал прохождение Венеры по диску Солнца зимой 1639 года. Следующие прохождения были летом 1761 и 1769 годов, затем зимой 1874 и 1882 годов, затем летом 2004 и 2012 годов. Следующие прохождения будут наблюдаться ещё не скоро — зимой 2117 и 2125 годов.

*в\*) Для каких ещё небесных объектов наблюдаются аналогичные прохождения?*

Самые известные подобные события — солнечные и лунные затмения. Они хорошо наблюдаются без использования какой-либо техники.

Меркурий меньше по размерам, чем Венера, поэтому его прохождения по диску Солнца наблюдать ещё труднее — для этого требуется достаточно хороший телескоп.

Интересно заметить, что подобные прохождения наблюдались уже не только на Земле, но и на других планетах. Первый исторический прецедент — наблюдение марсоходом «Кьюриосити» с поверхности Марса прохождения по диску Солнца спутника Марса — Фобоса.

С Земли достаточно часто наблюдаются покрытия звёзд Луной. Если Луна движется по небу тёмной стороной вперёд, это выглядит очень эффектно — на небе была яркая звезда, и вдруг она исчезает. Такие наблюдения позволяют уточнять орбиту и форму тела Луны.

Также случаются покрытия звёзд астероидами. В этот момент происходит резкое уменьшение яркости звезды. По поверхности Земли бежит как бы тень астероида в свете звезды, которая в разных местах Земли наблюдается в разные моменты. Эти наблюдения также активно используются и для уточнения орбит астероидов, и для уточнения их размеров и формы. Уточнение размеров по покрытиям звёзд особенно актуально для тех астероидов, для которых уже есть измерения отражённого света, но ещё не было выполнено непосредственное фотографирование с пролетающих рядом космических аппаратов.

Затмения можно наблюдать и для спутников Юпитера. Спутники могут как заходить за Юпитер, так и проходить на фоне его диска. Кроме того, они могут попадать в конус солнечной тени Юпитера. В этот момент освещённый Солнцем спутник перестаёт быть освещённым и как бы «гаснет».

Аналогичные события наблюдаются в системах спутников всех планет-гигантов — не только Юпитера, но и Сатурна, Урана и Нептуна. У всех этих планет много спутников. В том числе маленьких, которые интересно наблюдать именно потому, что они маленькие, и по моментам затмений возможно определить параметры их орбиты с точностью до их размеров (то есть десятков и даже единиц километров).

Аналогичные явления могут происходить и в планетных системах других звёзд. С помощью таких наблюдений как раз и открыто большинство известных сейчас экзопланет. Таким образом можно не только узнать о существовании планеты, обращающейся вокруг звезды, но и получить много информации об атмосфере этой планеты, её газовом составе. Когда планеты находится между «своей» звездой и Землёй, мы наблюдаем падение яркости звезды и можем проанализировать спектральный состав света звезды после прохождения через атмосферу планеты. Когда планета находится сбоку от звезды, мы наблюдаем отражённый от атмосферы планеты свет звезды (и также можем проанализировать его спектральный состав). Наконец, когда планета заходит за звезду, отражённый от её атмосферы свет пере-



стаёт наблюдаться. Таким образом мы можем выяснить, какие именно спектральные линии в наблюдаемом от звезды излучении связаны не с самой звездой, а с атмосферой её планеты (и из чего эта атмосфера состоит).

Подобные системы очень удобны для наблюдения. Разные фазы расположения планеты относительно звезды (затмение звезды планетой, боковое расположение планеты, затмение планеты звездой) сменяют друг друга достаточно резко, и это даёт возможность выяснить, что в спектральном составе света в результате смены фазы поменялось (и тем самым связано с атмосферой планеты), а что осталось неизменным. Кроме того, эти явления происходят неоднократно и периодически. То есть их можно предсказывать по времени и на каждом новом витке планеты по орбите вокруг звезды уточнять результаты предыдущих наблюдений.

Такие исследования, очевидно, сейчас будут бурно развиваться. Исследования планет других звёзд с точки зрения физики планетных атмосфер, химического состава и поиска возможных маркеров жизни на этих планетах — это является сейчас самой животрепещущей проблемой астрономии и естествознания в целом.

Затменные явления также происходят в системах двойных звёзд. Самая известная затменная двойная звезда — Алголь. Она и получила такое название (алголь по-арабски — глаз дьявола), потому ещё в Средние века что было замечено, что эта звезда очень странным образом подмигивает, в некоторые моменты существенно уменьшая свою яркость. Сейчас мы знаем, что это двойная затменная звезда, и снижение её яркости наблюдается, когда её компоненты проходят друг перед другом и заслоняют друг друга от наблюдения с Земли. Сейчас подобных звёзд известно уже много тысяч.

Ещё один тип затменных явлений — гравитационное линзирование, в результате которого происходит не уменьшение, а увеличение яркости наблюдаемого объекта. Если между наблюдаемой звездой и наблюдателем (точно по лучу зрения или близко к нему) оказывается объект с сильным гравитационным полем (например, чёрная дыра), происходит фокусирование света в гравитационном поле этого объекта и мы некоторое время наблюдаем звезду более яркой. Такие эффекты уже несколько раз наблюдались. Эти наблюдения очень важны — по ним можно сделать предположительные выводы о том, сколько же в нашей Галактике помимо наблюдаемых звёзд имеется таких странных тёмных объектов, которые сами никак (помимо наблюдений линзирования звёзд) не видны.

## Задание 6

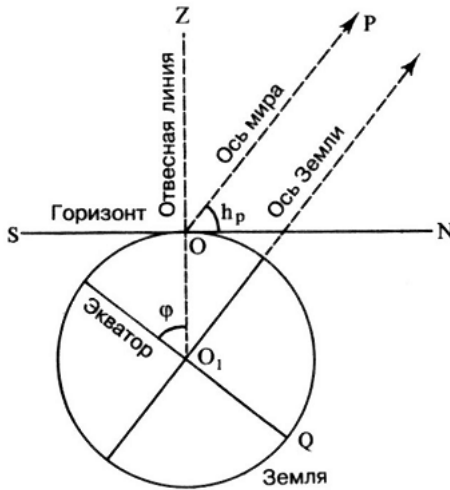
Можно ли наблюдать самую яркую звезду северного полушария и самую яркую звезду южного полушария одновременно?

Если возможно, — то где?

Ярчайшей звездой земного неба (после Солнца, разумеется), является Сириус ( $\alpha$  Большого Пса). Он располагается в южной небесной полусфере. В северной полусфере на звание ярчайшей претендуют две звезды: белая Вега ( $\alpha$  Лиры) и оранжевый Арктур ( $\alpha$  Волопаса). Их блеск примерно одинаков, но из-за особенностей зрения человека белая Вега кажется ярче.

Попробуем разобраться, в каких случаях два светила одновременно находятся над горизонтом наблюдателя.

Вид звёздного неба и суточные траектории небесных тел зависят от широты места наблюдения. Понять, как именно, нам поможет следующий рисунок:



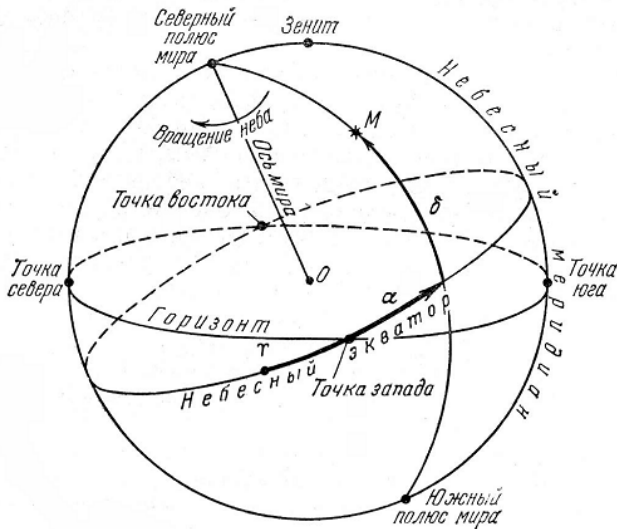
Изобразим земной шар, обозначим ось вращения планеты (она направлена приблизительно к Полярной звезде). Плоскость экватора проходит через центр планеты  $O_1$  перпендикулярно её оси суточного вращения. Наблюдатель находится в точке  $O$  на поверхности планеты; отвесная линия  $OO_1$  направлена вниз, к центру Земли; плоскость горизонта  $SN$  касается поверхности планеты в точке  $O$ . Ось мира  $OP$ , вокруг которой происходит видимое наблюдателю суточное движение

светил, параллельна оси вращения Земли. Точка  $P$  на небесной сфере называется Полюсом мира. Угол между осью мира и плоскостью горизонта обозначим  $h_P$  — высота Полюса Мира над горизонтом. Угол  $\varphi$  между плоскостью экватора и направлением из центра Земли к наблюдателю — это не что иное, как географическая широта наблюдателя.

Ось мира перпендикулярна плоскости экватора, отвесная линия перпендикулярна плоскости горизонта. Следовательно, углы  $h_P$  и  $\varphi$  равны как углы с взаимно перпендикулярными сторонами. Мы доказали Теорему о высоте Полюса Мира над горизонтом:  $h_P = \varphi$ , **высота Полюса Мира над горизонтом равна широте места наблюдения.**

Из теоремы следует, что наилучшие условия для наблюдения звёзд из разных полусфер — на экваторе. Для экваториального наблюдателя полюса мира находятся на горизонте, поэтому все светила в ходе суточного движения восходят и заходят. И наоборот, для наблюдателя, находящегося на одном из географических полюсов, полюс мира расположен в зените, поэтому он сможет видеть только половину небесной сферы — северную или южную. Уточним, из каких мест северного полушария виден южный Сириус и из каких мест южного полушария видны северные Вега и Арктур.

Напомним, что положение светил на небесной сфере астрономы описывают при помощи небесных координат, в частности, экваториальных.



В экваториальной системе координат положение светила в направлении «север—юг» задаёт координата «склонение». Она отсчитывается от небесного экватора (линии, по которой плоскость земного экватора пересекает небесную сферу), обозначается греческой буквой  $\delta$  и измеряется в градусах.

От значения склонения зависит, будет ли светило восходить в данной местности. Например, склонение Сириуса примерно  $-17^\circ$ . Для наблюдателя, находящегося на северном полюсе, звезда расположена на  $17^\circ$  ниже горизонта. Чтобы звезда стала появляться над горизонтом, необходимо переместиться на  $17^\circ$  к югу. То есть Сириус восходит южнее параллели  $73^\circ$  северной широты, а южнее  $73^\circ$  южной широты он не заходит.

Аналогично Вега, имеющая склонение  $\delta = 39^\circ$ , не восходит южнее  $51^\circ$  южной широты и не заходит севернее  $51^\circ$  северной широты, а Арктур, имеющий склонение  $\delta = 19^\circ$ , не восходит южнее  $71^\circ$  южной широты и не заходит севернее  $71^\circ$  северной широты. Таким образом, между  $73^\circ$  с. ш. и  $51^\circ$  ю. ш. восходят и Сириус, и Вега, а между  $73^\circ$  с. ш. и  $71^\circ$  ю. ш. восходят и Сириус, и Арктур.

Чтобы понять, происходит ли это в одно и то же время, потребуется вторая экваториальная координата — прямое восхождение. Она отсчитывается от точки весеннего равноденствия в сторону видимого годичного движения Солнца, обозначается греческой буквой  $\alpha$  и измеряется в часах ( $^h$ ) и минутах ( $^m$ ) прямого восхождения ( $1^h = 15^\circ$ ,  $1^m = 15'$ ).

Прямое восхождение Сириуса  $6^h45^m$ , Веги  $18^h37^m$ . Разница, практически равная  $12^h$ , означает, что с экватора видеть эти звёзды одновременно нельзя — когда одна из них восходит, другая заходит. Будем мысленно удаляться от экватора к северу. При этом продолжительность видимости Веги над горизонтом будет увеличиваться, а Сириуса — уменьшаться. Наблюдатель, расположенный между  $73^\circ$  и  $51^\circ$  с. ш., в любую ясную ночь сможет увидеть Вегу и может в течение года выбрать период одновременной видимости Сириуса. На широте Москвы ярчайшая из звёзд хорошо видна осенью и зимой. В середине сентября она восходит перед рассветом, в середине апреля заходит вскоре после наступления темноты.

Для южного полушария «симметричное» решение не существует, поскольку интервалы широт, в которых Вега ещё восходит, а Сириус уже не заходит, не пересекаются.

Арктур ( $\alpha = 14^h16^m$ ) по прямому восхождению отстаёт от Сириуса на 7,5 часов, поэтому их можно видеть одновременно везде, где они восходят, но от широты зависит интервал времени и дат. На широте

Москвы это возможно с начала ноября, когда Арктур восходит перед рассветом, до середины апреля, когда Сириус заходит вскоре после наступления темноты.

Поскольку участникам не были даны координаты звёзд, требовалось качественное решение задачи с опорой на наблюдательный опыт.

Также отметим, что, вообще говоря, для любых двух объектов на небесной сфере можно подобрать дату, время и место наблюдения с поверхности Земли так, чтобы оба эти объекта наблюдались из данного места одновременно и время наблюдения приходилось на тёмное время суток.

## Задание 7

*Какие телескопы вы знаете? Какие телескопические системы и для чего применяются сейчас и какие, как вы считаете, будут развиваться в перспективе? Кого из их изобретателей и конструкторов вы можете назвать?*

Приводим стенограмму лекции по материалам данного задания, прочитанной участникам на торжественном закрытии Турнира 23 декабря 2012 года в МГУ.

Для чего вообще нужны телескопы?

Телескоп нужен для того, чтобы перехватывать световой поток от небесных источников. Что такое световой поток? Есть источник света, есть телесный угол, куда этот свет излучается. Есть световой поток, который распространяется в пространстве (рис. 7.1.). Поскольку в астрономии мы работаем с источниками света, которые удалены на очень большие расстояния (принципиально бóльшие, чем все расстояния, которыми мы пользуемся обычно), лучи, которые к нам приходят, мы в достаточной степени можем считать параллельными, если они приходят от точечного источника. Если источник протяжённый (а, в общем, в астрономии все источники уже не точечные, мы все их разрешаем — о чём я скажу позже), то, конечно, мы будем заниматься лучами, приходящими немного под разными углами.

Простейший телескоп у нас устроен в голове. У нас у каждого их два — это наши глаза. Глаз так или иначе воспроизводит все базовые оптические схемы. Входное отверстие — это наш зрачок, затем имеется линза — наш хрусталик, и, наконец, фокальная плоскость, в которой

расположен приёмник света, — сетчатка глаза (рис. 7.2.). От проходящих параллельных пучков света от далёкого источника (например, звезды) лучи хрусталиком фокусируются в точку на сетчатке, и мы в какой-то точке нашей сетчатки видим светящуюся точку и воспринимаем её как изображение. В данном случае точечное.

Поскольку источники слабые (за исключением Солнца; все остальные астрономические источники — очень слабые источники света), главная задача телескопа — первая, которую он решает, — это попытаться перехватить максимально больший световой поток. Для этого, естественно, нужно увеличить площадь сбора лучистой энергии. Соответственно, для точечного источника (лучи от него расходящиеся, а от далёких источников будут параллельные) мы устраиваем какую-то площадку, постараемся направить её перпендикулярно проходящему потоку и стараемся сделать эту площадку побольше. Чем больше площадка перехватывания светового потока, тем больше энергии мы сможем получить. Это самое главное наше устремление. Поэтому в живой природе те животные, в первую очередь хищники (глаз орла, например, показан, на рис. 7.3.), которым это является принципиально важным для того, чтобы кого-нибудь поймать и скушать — у них, соответственно, и глаза лучше наших, и зрачки побольше. Что позволяет им существенно лучше видеть. Именно за счёт увеличения, что называется, апертуры.

Вторая задача, которую решает телескоп, и, соответственно, решают и наши глаза, и все другие системы, принимающие оптическое излучение, — это угловое разрешение. Если у вас есть 2 источника света, находящихся на некотором угловом расстоянии друг от друга, то у вас тем лучше угловое разрешение, чем на меньшем угловом расстоянии вы их сможете различить отдельно. Для того, чтобы близко отстоящие световые источники можно было отдельно различать, нужно повышать угловое разрешение этой системы. Оказывается, что угловое разрешение также связано с диаметром зрачка, как и площадь. Дело в том, что полезная площадь (или апертура) в любой оптической системе для круговой площадки размеров  $D$  пропорциональна  $D^2$ . То есть, если вы увеличили диаметр зрачка в 2 раза, вы увеличили площадь сбора света в 4 раза, соответственно, в 4 раза увеличили перехватываемый световой поток.

Угловое разрешение оценивается по формуле  $\alpha_R = 1,22 \frac{\lambda}{D}$  (критерий разрешения Релея). Здесь в числителе стоит длина волны наблюдаемого света, а в знаменателе — тот же самый диаметр зрачка или диаметр

апертуры системы  $D$ . Соответственно, чем больше у вас апертура, тем выше угловое разрешение. Поэтому орлы видят не только лучше, но и зорче. То есть они существенно лучше различают угловые детали, чем мы с вами.

Общепринятым критерием разрешения для человеческого глаза считается 1 угловая минута. Напоминаю, что у нас есть окружность 360 градусов, каждый градус разделён на 60 минут. И вот эта 1/60 доля градуса — это наше зрительное разрешение. Это примерно соответствует видимому диаметру диска Венеры. Большинство людей видит Венеру как звёздочку. И только наиболее остроглазые могут видеть в том числе фазы Венеры (рис. 7.4.). У орлов зрительное угловое разрешение побольше, чем у нас.

Любопытно отметить, что первое научное сообщество астрономических наблюдателей — Академия Линчеев, членом которой был и Галилей, — было названо по латинскому наименованию рыси, очень зоркого хищника, и её название можно перевести как «Академия Рысьеглазых».

Ну а мы сейчас перейдём к телескопам, которые работают в существенно бóльших угловых разрешениях. Самое известное — это объектив фотоаппарата или любого аналогичного прибора, например, объектив в проекторе. То есть некоторое подобие глаза. Оптическая система, которая в первую очередь характеризуется своим зрачком, или апертурой. В фотоаппаратах такие апертуры являются переменными — в зависимости от диафрагмы, которая там вставляется. В зависимости от того, с какой яркостью приходится работать, вы можете уменьшить, например, входной зрачок, если у вас источник слишком яркий. Или, наоборот, увеличить его, если нужно работать с более слабым освещением.

Для большого зрачка вы получается одновременно и максимальная площадь сбора света, и максимальное угловое разрешение. В телескопах примерно та же идеология, начиная с самых маленьких. На рис. 7.5 показан 6-метровый, самый большой советский телескоп, который есть в нашей стране. Этому телескопу уже больше 30 лет. Вот показано главное зеркало 6 метров диаметром (внизу видно). В мире сейчас, естественно, существенно бóльшие телескопы. Опять-таки по той же самой идеологии: для единого зеркала увеличить площадь (т. е. сделать его зрачок побольше), при этом увеличится и угловое разрешение. На рис. 7.6 показано зеркало самого большого телескопа диаметром суммарно 11 метров. Как можно видеть, зеркала такого размера уже, естественно, не монолитные, а ячеистые, и построены из отдельных зеркал шестигранной формы примерно метрового размера, из которых

набрана большая мозаика суммарным диаметром 11 метров. Это пока самый большой работающий телескоп в мире — но, опять-таки, для сплошного зеркала.

Для того чтобы увеличивать угловое разрешение, астрономы достаточно быстро перешли от полностью заполненной апертуры к разнесённым телескопам, которые работают в связке. На рис. 7.7 дана примерная схема двухэлементного интерферометра. Считается, что мы смотрим на звезду, которая расположена бесконечно далеко, поэтому от неё приходят параллельные лучи. Два приёмника — два телескопа — стараются разнести на достаточно большое расстояние. Тогда угловое разрешение такой системы будет определяться уже не размерами зеркал, а проекцией базы интерферометра (т. е. расстояния между зеркалами) поперёк направления прихода излучения.

Естественно, что телескопы интерферометрической системы стараются раздвинуть как можно дальше. Это, правда, не всегда хорошо получается. Дело в том, что для разных диапазонов длин волн чисто технически эта задача решается по-разному. И наиболее хорошо она решена для радиодиапазона — радиоволн. Тут у нас могут быть построены в каждом телескопе свои задающие генераторы, которые позволяют удерживать частоту сохранения фазы, то есть принимать сигнал когерентно, а потом его складывать, и получать интерференцию сигналов. С радиоинтерферометрами всё более-менее хорошо получается.

В оптике, к сожалению, поскольку там частота на несколько порядков выше, организовать соответствующие фазостабильные генераторы частоты пока ещё не очень получилось (хотя учёные работают в этом направлении). И поэтому оптические интерферометры работают только в качестве интерферометров сложения. То есть два сигнала, пришедшие от звезды на тот или иной телескоп, нужно будет по волоконным каналам или по вакуумным трубкам отразить-переизлучить и потом просуммировать в реальном времени, не потеряв фазу сигнала.

Самое большое достижение в оптических интерферометрах (реальных, то есть интерферометрах реального времени) было получено на системе сверхбольшого телескопа в Чили. Там есть система из четырёх восьмиметровых зеркал, разнесённых на максимальное расстояние порядка 130 метров (рис. 7.8). Этот телескоп был запущен в 1998 году и начал функционировать как отдельные зеркала. Но вот сложить их оптические сигналы и получить интерферометрию реального времени в оптике получилось только в этом году (2012), спустя почти 15 лет. Таким образом, в оптике параметр базы достигает сейчас величины порядка 130 метров.



Следующий момент, который телескопом должен выполнять — это работать в разных диапазонах длин электромагнитных волн. На рис. 7.9 показана известная шкала электромагнитных излучений. Мы с вами живём и видим нашими глазами только узенькую часть — оптический диапазон, который простирается от 400 до 700 нанометров (от фиолетового до красного конца). Длина волны здесь меняется всего-навсего примерно в 2 раза — это очень узенький кусочек от всего электромагнитного спектра. К нему примыкают со стороны красного конца — инфракрасное излучение (от 1 мм до 1 см), с другой стороны — ультрафиолетовое излучение. Но и это тоже очень маленький кусочек всей шкалы электромагнитных волн. Как вы знаете, в длинноволновую сторону есть огромный радиодиапазон, меняющийся от сантиметровых волн до километровых. В коротких волнах у нас есть диапазон рентгеновского излучения и гамма-излучения.

Естественно, что современная астрономия работает со всеми диапазонами длин волн, и, естественно, в разной технике. В видимом диапазоне, в ультрафиолете и в инфракрасной зоне мы работаем с телескопами. С теми, которые я уже показал, — это зеркала того или иного размера, оснащённые соответствующими приёмниками. В области радиоволн у нас будут радиотелескопы (рис. 7.9), которые устроены немножечко по-другому, нежели оптические инструменты. В коротких волнах тоже чисто специфические инструменты, которые называются рентгеновскими и гамма-телескопами (рис. 7.10). Опять-таки, у них другие оптические схемы, другие приёмники. Тем не менее ещё одну задачу все вместе телескопы решают — это охват всего диапазона электромагнитного излучения.

Теперь нужно вспомнить, что кроме электромагнитного излучения у нас в природе ещё есть много всего всякого другого. Во-первых, если говорить о других волнах — какие другие волны кроме электромагнитных вы знаете? С которыми можно работать в астрономии?

Звуковые — ответ из аудитории. Звуковые? — ну, в астрономии со звуковыми не работают, поэтому что звук — это, как вы знаете, возмущение плотности среды. Он распространяется в среде, имеющей плотность. В космосе среды распространения нет, поэтому звук не может распространяться. И в общем-то, в астрономии не работают со звуком. Отдельным исключением являются только волновые процессы в ионосфере Земли, потому что всё-таки это плазменная среда. Или, скажем, плазменные процессы в атмосфере Солнца — в короне. Там тоже есть — не звук конечно, там магнитогидродинамические волны, но это волны в среде. Ещё одно исключение, — это так называемые акустиче-

ские осцилляции реликтового излучения: специфические следы звуковых колебаний плотной среды ранней Вселенной. Да, такая вещь есть. Но между небесными телами звук, как колебания среды не распространяется, потому что нет самой среды, которая передавала бы эти колебания.

В принципе, у нас есть ещё гравитационные волны, известные из общей теории относительности. И которые уже открыты по наблюдениям систем двойных пульсаров. Например, есть две нейтронные звезды, близко расположенные, и друг вокруг друга вращающиеся. Эта двойная система начинает излучать гравитационные волны. Закон их излучения известен, рассчитан. И из наблюдений было показано, что такие двойные пульсары действительно меняют своё орбитальное движение в полном соответствии с расчётами по общей теории относительности. И, соответственно, такие системы действительно излучают гравитационные волны.

Детектировать электромагнитные волны во всём диапазоне мы уже научились. Опять-таки, давайте вспомним может быть из истории, как мы научились это делать.

Видимые волны мы видим всегда, своими глазами, — это дано нам природой. И все другие животные тоже работают в этом диапазоне. Инфракрасные и ультрафиолетовые волны — это мы потом распространили чуть позже. Но вот первое детектирование радиоволн состоялось только в 1895 году Поповым (рис. 7.11), и вслед за ним сразу (на год позже) Маркони (рис. 7.12), который сразу же перевёл радио в практическую плоскость. У Попова это было поначалу просто детектирование проходящих электромагнитных излучений от грозовых разрядов. Маркони всё перевёл уже в технику практической радиосвязи.

Рентгеновское излучение детектировано было сначала чисто случайно. Как вы знаете, Рентген (рис. 7.13) проводил опыт с вакуумными трубками, в которых катод облучался потоком электронов. Оказалось, что оттуда происходит некоторое непонятное излучение. Одним из первых тестов этого излучения было, соответственно, просвечивание руки самого Рентгена насквозь и получение первых рентгеновских снимков.

Гамма-излучение было открыто существенно позже, уже в рамках работ с радиоактивными материалами. Потом и его научились детектировать, причём не просто как фон (для гамма-фона, как вы знаете, есть счётчики Гейгера и другие приборы контроля радиоактивности), но и воспринимать столь коротковолновое излучение, проходящее из космоса, строить в нём изображения. Сейчас у нас есть целая серия гамма-телескопов, естественно, все они космического базирования.

А вот детектировать гравитационные волны у нас пока ещё не получается; мы понимаем, как именно это нужно делать, уже построены и ещё сооружаются несколько приёмников гравитационных волн, однако, на сегодняшний день у всех них недостаточно чувствительности, чтобы приходящие к нам из космоса гравитационные волны зарегистрировать (только если рядом с нами не взорвётся сверхновая звезда). Известные нам уже источники гравволн будут измеряться только следующим поколением гравтелескопов на орбите между Землёй и Солнцем.

Помимо волн, именно как волнового явления — соответственно, электромагнитных и гравитационных (а других в обозримом времени пока не ожидается), есть ещё потоки частиц. Это — тоже работа для телескопов. Правда, чаще они называются детекторами частиц. Но тем не менее. . . Из космоса приходит не только направленное электромагнитное излучение, но и направленные потоки частиц от тех или иных источников. Их тоже надо ловить, детектировать, определять их направление прихода. Естественно. стараться поймать их как можно больше. У нас есть и счётчики протонов (которые, допустим, от Солнца приходят), и нейтринные телескопы — ловят частицы под названием нейтрино, это тоже бурно развивающаяся отдельная отрасль астрономии.

У нас есть т. н. Стандартная модель, которая сейчас хорошо подтверждена открытием бозона Хиггса. И так или иначе потоки практически всех частиц, которые могут существовать «в свободном полёте» и, соответственно, приходить к нам из космоса. . . Со всеми этими частицами с тем или иным успехом, с той или иной эффективностью можно пытаться работать. И, соответственно, люди с ними работают — точно также, как они работают с электромагнитным излучением.

Следующий момент, который телескоп должен решить — это не просто поймать излучение, а определить, откуда оно пришло и в какой момент времени точно. К вопросу о точности измерения направления прихода — это как раз иллюстрация комбинированного телескопа, в данном случае это всемирная сеть радиотелескопов, которая работает в режиме радиоинтерферометров со сверхдлинными базами. Что это значит? Что каждый радиотелескоп, естественно, находится в своём месте. Они достаточно густо разбросаны по всей территории земного шара (рис. 7.14). У этих телескопов есть свои базовые генераторы опорной частоты, свои регистраторы. Они независимо, но по согласованной программе наблюдают источники на небе, записывают их сигналы, и потом всё это передаётся в единый центр обработки. Раньше всё это перевозилось на магнитных лентах. Сейчас, конечно, всё это качается через интернет. В центре обработки сигналы складываются — записанные

на разных телескопах коррелируются между собой. И тем самым уже чисто компьютерным образом строится аналог такой синтезированной антенны, состоящей из многих десятков телескопов.

Преимущества здесь понятно какие. Самые большие телескопы в радиодиапазоне, скажем, европейский и американский, имеют зеркала диаметром 100 метров (рис. 7.15). Это тоже большая площадь. Но тем не менее, когда таких телескопов десяток — эффективная площадь существенно увеличивается. Мы увеличиваем апертуру, увеличиваем чувствительность нашей системы к слабым сигналам. Но самое главное, что мы увеличиваем — это, естественно, угловое разрешение. Потому что если у нас инструменты разнесены на тысячи километров. . . А в пределах земного шара мы можем работать с базами до 12 тысяч километров. А с учётом того, что сейчас у нас уже есть — и это, как говорится, слава нам, успех нашего российского проекта РАДИОАСТРОН, когда одна антенна пошла в космос, и сигнал интерферометрии достигнут на базах порядка расстояния от Земли до Луны, уже сейчас понятно, что имея такие огромные базы, мы получаем существенно лучшие угловые разрешения и работаем с очень тонкой структурой радиоисточников.

Следующий принципиально важный шаг — это вынос инструментов в космос. Здесь мы полностью избавляемся ото всех помех, которые порождаются паразитными наземными источниками света, от турбулентности нашей атмосферы, поглощения в атмосфере и т. д. То есть мы получаем чистый сигнал, не искажённый никакими факторами нашей планеты. Самым продуктивным, самым успешным проектом стал оптический телескоп Хаббла — оптический инструмент диаметром 2,4 метра (рис. 7.16). В космосе он работает уже около 15 лет, с несколькими модификациями.

Я сейчас рассказал о том, какие задачи телескопы решают. Во-первых — сделать максимальную площадь, собрать максимальный сигнал. И в этом направлении, например, как я вам сказал, в радиодиапазоне есть и активно функционируют полноповоротные антенны диаметром 100 метров. Есть неподвижное зеркало в Аресибо 300 метров (рис. 7.17). И есть проект как бы соединённого радиотелескопа с условным названием «Квадратный километр».

Вторая задача — это увеличить максимальное угловое разрешение. Для этого, соответственно, необходимо сделать интерферометр с максимальной длиной базы. И сейчас достигнуты базы до примерно орбиты Луны — это до 300 тысяч километров.

Третья задача — это взять все диапазоны. И, возможно, не только диапазоны электромагнитного излучения, но и потоки всех частиц,

какие только возможно протектировать. И, соответственно, всю эту мощь направлять на исследование того или иного источника.

Четвёртое — это точно фиксировать направление — с этим максимальным угловым разрешением, которое у нас было. И точное время. Здесь идёт речь о микросекундах угловой дуги и о пикосекундах времени. С такими точностями сейчас начинают работать.

И последнее — о чём я ещё не сказал — это проведение анализа принятого сигнала. Если мы своим глазом что-то увидели, и дальнейший анализ увиденного мы проводим в мозгу — пытаемся понять, например, какому зверю соответствует тот образ, который промелькнул где-то там в кустах, и большую часть, конечно, составляют наши догадки. То есть это уже работа мозга, а не оптической системы глаза. В астрономии же всё нужно делать инструментально, документально. То есть принятый сигнал разложить по спектру, проанализировать, оцифровать — с тем, чтобы потом вся принятая информация могла храниться в цифровом виде.

И, кстати, сейчас, помимо объединения радиотелескопов, такая же методика работает вообще для всех телескопов любых волн. Конечно, это не интерферометрия в реальном времени или на удалённых базах, а электронное хранение информации. То есть вся информация, которую телескопы получают, сводится в единую базу данных. Получается так называемая всемирная виртуальная обсерватория. И, вообще говоря, любой любитель астрономии сейчас может серьёзно заниматься наукой астрономией даже не выходя из дома, а просто работая в интернете с этой базой данных.

Понятно, что если вы пошлёте заявку на наблюдения на какой-нибудь десятиметровый телескоп — её вряд ли примут — потому что вы будете конкурировать всё-таки с наиболее продвинутыми научными группами мира.

Но, во всяком случае, вся информация, которая была получена на инструментах — она через некоторое время становится общедоступной. И вы можете работать с огромными массивами уже ранее отнаблюдённых данных и, вообще говоря, делать открытия, не вставая со стула. Такие прецеденты есть. Достаточно много людей работает не сидя ночью у телескопа (сейчас так не работают, сейчас вообще все наблюдатели работают дистанционно — наблюдатель сидит у себя, например, в Германии, телескоп крутится в Чили) и не со своими данными, а с данными всемирной обсерватории как базы данных. Это тоже значительное направление модернизации современной астрономии — как информационной науки в первую очередь.

Перейдём от общего обзора телескопов к первым астрономическим системам древности — древнего мира и средних веков. После того, как мы сейчас «слетали в космос» — вернёмся на Землю.

Простейший перископ был изобретён Архимедом (рис. 7.18). Оптическая схема здесь понятна — всего-навсего два плоских зеркала — проще некуда. И, соответственно, труба изломана таким образом, чтобы луч света мог обходить препятствия. Перископы — вещь нужная, применяется в военном деле — и в танках, и в подводных лодках, и везде где только можно.

Следующий простейший астрономический инструмент — не оптический ещё — это ещё даже до оптики — это так называемый Посох Якова (рис. 7.19). Простейший угломерный инструмент, который с древнейших времён и в Средние века применялся для того, чтобы измерять угловые расстояния между различными светилами. В отношении звёзд это не очень, может быть, актуально — просто потому что звёзды по крайней мере в ту эпоху считались неподвижными (это мы сейчас знаем, что у них есть собственные движения — достаточно маленькие). А такой инструментарий применялся, конечно, для слежения за движением планет на фоне звёзд. Движение планет происходит довольно заметным образом — можно фиксировать в определённое время определённое положение планеты, делать из этого какие-то выводы. Научные или не очень — но это уже дело следующее. Для начала нужно хотя бы измерить, что, собственно, и делалось. Принцип измерения предельно ясен. Есть визир на планету или на звезду. Другое направление берётся перпендикулярно планке. И, соответственно, меряется этот угол.

С древнейших времён работают так называемые пассажные инструменты. Это инструменты, предназначенные для фиксации момента времени прохождения того или иного светила через местный меридиан. (Французское слово «пассаж» — это «проходить», «миновать мимо». Почему, собственно, пассажирами назывались магазины и все крупные торговые комплексы в прошлом веке. Потому что в них были ряды лавок, мимо которых надо было делать пассаж. Ну и по дороге чего-нибудь купить.) Прохождения звёзд через местный меридиан наблюдаются с древнейших времён. Вы видите таблицу положения звёзд, высеченную в Древнем Египте (рис. 7.20). На линии север-юг, то есть в линии местного меридиана садились два жреца, один из которых работал наблюдателем и фиксировал время, а другой служил таким вот опорным пунктом. Вот опорный пункт здесь нарисован в такой схематической форме. Вот здесь написано, какие звёзды должны проходить в каждый час данной ночи. И здесь показано условное положение, как

эта звезда может находиться. То есть относительно вот этого вот центрального положения, которое является местным меридианом, у жрецов могли быть такие положения, как «над рукой», «на плече», «над локтем», «над ухом», и соответственно, «на макушке» — это прямо в положении меридиана. То есть вот такая вот система фиксации прохождения звёзд через местный меридиан с фиксацией времени.

Следующий — тоже пассажный инструмент — наиболее грандиозный из всех, которые нам известны — здесь показана фотография (рис. 7.21) — сохранившаяся подземная часть главного квадранта обсерватории Улугбека. Это 15 век, точнее 1437 год — создание таблицы Улугбека. Улугбек — это хан Самарканда. Соответственно, всё это находится в Самарканде. Сооружение грандиозное. Эта мраморная дуга с диаметром 40 метров. Многие почему-то думают — те, кто там не был или, может быть, по фотографиям — что наблюдались звёзды через это окошечко. Ничего подобного — это вот скала, на которой стояла обсерватория, это вот подземная часть, вырубленная в скале — здесь максимальная глубина 11 метров. То, что сверху — это просто искусственный свод, построенный уже в 19 веке — просто чтобы сохранить эту подземную часть обсерватории. А сама обсерватория выглядела вот так. В схеме — эта марка СССР 1987 года. Вот портрет Улугбека, а вот схема его обсерватории (рис. 7.22). Соответственно, это направление север-юг. Вот это — сохранившаяся подземная часть в скале. Вы видите, что по длине дуги  $90^\circ$  почти половина инструмента сохранилась. Соответственно, над вот этой подземной частью была построена круглая обсерватория, высотой 30 и диаметром 40 метров. Здесь находилась верхняя часть квадранта. Работал он в наклонении от  $20^\circ$  до  $80^\circ$  от зенита. В верхнем южном углу обсерватории было визирное смотровое окно, на которое можно было ориентироваться. Наблюдатель двигался по лестнице, которая проходит между и рядом с этими мраморными полозьями направляющими. Двигался по полозьям визир, и, соответственно, для каждой звезды, которая наблюдалась, фиксировалось время прохождения и точная высота над горизонтом. Впоследствии всё это пересчитывалось в небесные координаты. И Улугбек составил самый полный (на эту дату) каталог звёзд всего небосвода. Естественно, наблюдались точно также и планеты в своих движениях.

Из пассажных инструментов средневековой Европы мы отмечаем квадрант Тихо Браге. Вот очень похожее изображение на средневековой гравюре (рис. 7.23). Здесь вы видите точно также  $1/4$  окружности, разделённую на деления, и визирное окно. (Хотя я, честно говоря, думаю, что художник здесь немножечко наврал, потому что через такое окно

едва ли чего-то увидишь. Всё-таки оно должно быть устроено по-другому.) Вот сидит наблюдатель, который говорит: «А вон там звезда видна, через это окошечко». Всё это, конечно, не более, чем художественная картинка. Потому что чего пальцем-то показывать? Бесполезно — ну звезда там видна и хорошо. Надо зафиксировать её положение, то есть должен быть какой-то визир. Вот здесь он даже нарисован. И стоит мальчик на часах, который на тех часах, которые тогда были, фиксирует время прохода звезды через меридиан.

Ещё из инструментов той же эпохи — средневековой Европы — вспомним телескопы Гевелия. Это польский астроном. Жил в Гданьске, уже после Тихо Браге. Поскольку линзы были крайне несовершенные, они давали плохое изображение — очень мешала хроматическая аберрация наблюдать звёзды, и особенно диски планет. Для того, чтобы подавить этот эффект, нужно было увеличить фокусное расстояние телескопа. И вот примерно такая методика начала использоваться в это время. То есть делалась «воздушная труба» (рис. 7.23). Вот здесь находился окуляр, вот здесь — объектив. У Гевелия максимальная длина телескопа была 45 м, а во Франции чуть позже была построена такая конструкция 95 метров в длину. Эта конструкция поднималась и перемещалась с помощью команды корабельных матросов на нужную высоту, и наблюдатель смотрел вдоль оптической оси на интересующий его объект.

Это всё к вопросу о древних и средневековых телескопах — ещё безоптических по сути дела.

Первым изобретателем телескопа, как вы знаете, считается Галилео Галилей, который в 1609 году усовершенствовал доставленную ему из Голландии подзорную трубу. Изначально подзорная труба была изобретена на несколько лет раньше в Голландии. Она применялась для военно-морского дела. Галилей же на её основе зрительной трубы прибор, имеющий принципиально иные возможности для астрономических наблюдений по сравнению с тем, что имелось ранее.

На рисунке (рис. 7.24) показана фреска, где Галилей представляет отчёт о проделанной работе начальнику (дож Венеции, то есть глава Венецианской республики), а также сама подзорная труба.

На самом деле здесь изображена одна из последних моделей телескопа. Галилей сделал несколько моделей. Начиная с маленькой, потом всё больше и больше. Научился шлифовать линзы и конструировать эту систему. Главная его заслуга состоит в том, что он, во-первых, на основе маленькой подзорной трубы, которую капитан корабля мог держать в руке и смотреть за судами неприятеля, сконструировал доста-



точно большую систему, 30-кратного увеличения, с диаметром линзы около 3 сантиметров. И, самое главное, что он сделал — он направил эту подзорную трубу в небо. И сделал те великие открытия, которые, собственно, положили начало телескопической астрономии.

Следующий этап развития телескопической астрономии — изобретение зеркального телескопа И. Ньютоном (рис. 7.25). Раньше все телескопы были линзовые, а с эпохи Ньютона начали применяться и совершенствоваться зеркальные телескопы. В современной астрономии, естественно, применяются зеркальные системы.

При увеличении необходимого радиуса зеркала вместо одной сплошной конструкции зеркало нужного размера собирается из частей, как мозаика. Сейчас начато строительство оптического инструмента диаметром 39 метров, и имеется аналогичный проект диаметром до 100 метров (рис. 7.25). Естественно, эти зеркала будут составными, потому что цельное зеркало таких размеров сделать невозможно технически.

Есть методики работы с тонкими зеркалами. Они применяются до диаметров порядка 10 метров. На рисунке показаны тонкие зеркала диаметрами 8 и 10 метров (рис. 7.26). Они работают в режиме адаптивной оптики. То есть зеркало является тонким, гибким, зеркальная поверхность может колебаться с частотами атмосферных колебаний (колебаний атмосферной прозрачности, около 400 Гц). Управляются эти колебания активными двигателями, которые стоят внизу зеркала. Колебания подстраиваются так, чтобы минимизировать уходы фазы по поверхности зеркала. Таким образом, зеркало приводится к идеальному состоянию. На зеркало падает волновой фронт, искажённый турбулентностями атмосферы. Активными оптико-механическими способами он поправляется, и строится изображение так, как будто атмосфера была бы идеальна.

Следующая методика, как упоминалось выше — это составные, мозаичные зеркала. Сейчас уже начато строительство оптического инструмента диаметром 39 метров. Оно будет тоже мозаично-составным, тоже в Чили. Также есть перспективный проект очень-очень большого телескопа с оптическим зеркалом диаметром до 100 метров (рис. 7.27). Естественно, зеркало тоже будет составное — цельное зеркало такого размера сделать невозможно технически.

Что касается радиодиапазона, сейчас развивается и тоже пошёл в производство проект — так называемый «Квадратный километр». То есть нужно построить антенное поле с суммарной апертурой сбора площадью примерно квадратный километр. Естественно, это тоже будет не сплошная поверхность, покрытая тарелками радиотелескопов, а это

будет система, где есть центральное сгущение из этих элементов и достаточно отнесённые элементы в сторону. С тем, чтобы реализовать и огромную собирающую поверхность, и достаточно большое угловое разрешение.

Но и что касается интерферометрии — здесь уже несколько десятилетий работает глобальная интерферометрическая система, реализующая базы до 12 тысяч километров. И сейчас вот мы ушли к Луне с помощью РАДИОАСТРОНа. Понятно, что примерно в том же духе мы будем продвигаться дальше. В точки Лагранжа, а потом, возможно, и на межпланетные расстояния. Вопрос только в том, чтобы у нас были достаточно большие носители, чтобы туда — в дальний космос — забрасывать разворачивающиеся антенны. И достаточно хорошая и надёжная техника, чтобы на таких расстояниях не терять фазу сигнала.

Наиболее перспективным направлением из того, что у нас будет развиваться дальше, по-видимому, нужно признать интерферометрию со сверхдлинными базами, но уже в оптическом диапазоне. Как отмечалось ранее, здесь никаких принципиальных научных запретов, естественно, нет. Трудности чисто технического плана — нужно частоту стабилизирующих устройств и, соответственно, технические характеристики системы регистрации перевести из радиодиапазона в оптический диапазон, повысив их базовые частоты примерно на 4 порядка. Это задача сложная, но — я думаю — технически решаемая. И если такое случится — а я надеюсь, это случится уже в обозримом техническом будущем — то у нас будет, трёх-четырёх метровый оптический телескоп в космосе. Летать сначала на околоземной орбите (как Хаббл), потом на лунной, потом — ещё дальше. На Земле у нас будет стоять оптический телескоп диаметром 100 м. И между ними будет реализована система удалённой интерферометрии. Тогда по формуле для углового разрешения, которую я вам показывал, — возьмите и разделите длину световой волны (это порядка 400 нм) на эту базу — порядка 400 тыс. км. — и вы получите величину углового разрешения, которую мы сможем реализовать. Такими системами мы сможем обзирать практически всю наблюдаемую Вселенную в оптическом диапазоне и получать изображения всех объектов, которые там есть. А не только смотреть на поверхность планет нашей Солнечной системы.

## Критерии проверки и награждения

Работы проверялись с помощью специальных бланков (см. стр. 180). Для каждого задания в бланке перечислены и пронумерованы возможные верные содержательные утверждения (объекты, персоналии и т. п.), которые могли бы быть логическими составными частями верного ответа и отмечались при наличии в работах участников.

Первая цифра номера пункта — это номер задания, к которому этот пункт относится.

За четырёхзначные номера пунктов вида « $A00B$ », где  $A$  и  $B$  — цифры, давалось  $B$  баллов за задание номер  $A$  (эти пункты соответствуют дополнительным баллам, проставляемым за ответы, не обозначенные в критериях явно).

За пункты 106, 107, 108, 112, 113, 114, 116, 117, 121, 123, 124, 207, 208, 210, 211, 215, 216, 219, 304, 307, 312, 314, 316, 320, 405, 410, 502, 504, 506, 513, 514, 515, 516, 603, 605, 606, 608, 710, 717, 719, 720 ставилось по 2 балла.

За остальные пункты ставилось по 1 баллу.

Каждое из заданий считалось выполненными успешно (засчитывалось), если за него поставлено не менее 5 баллов в 9, 10 и 11 классах и не менее 4 баллов в 8 классе и младше. Кроме того, задание № 6 считалось выполненным успешно при наличии пункта 608.

Оценки «е» и «v» ставились в соответствии с таблицей (выбирается лучшая оценка из всех возможных по таблице вариантов).

Класс	«е» (многоборье)		«v» (грамота)	
	сумма баллов	количество заданий «+»	сумма баллов	количество заданий «+»
6 и младше	3	1	5	1
7	4	1	6	1
8	4	1	6	1
9	5	1	7	2
10	6	1	8	2
11	6	1	9	2

Номер  
карточки

--	--	--	--	--	--

Класс

--	--

Фамилия участника:

1. Астрономии учебник / Слишком сухо излагает / Неба звёздного секреты? / Молоко налейте щедро / На бумаженные страницы, / И скажите, что на кухне / Изучали Млечный Путь. / (Из рекламы на пакете молока.)

Гигантская звёздная система, в которой находится Солнце, называется наша Галактика или Млечный Путь.

а) А почему он «Путь», и почему «Млечный»? Какие ещё у него есть названия?

б\*) Когда и как была понята природа свечения Млечного Пути в разных диапазонах спектра? Как в разное время определялось его строение? Какие в Млечном Пути есть «течения» (или потоки) и из чего они состоят? **100...** +баллы **0 1 2 3 4 5 6 7 8 9**

101 полоса на небе — светлая, белёсая как молоко

102 мифы Древней Греции: Гера — Геракл

1031 Via Lactea (лат.)

1032 Galaxia (греч.)

1041 дорога (богов, душ на небо, тропинка Ия)

1046 сено (Дорога соломокрада)

1042 река (Белая Река)

1047 упавший дуб

1043 поток

1048 соль (Чумяцкий плях)

1044 перелётные птицы

1049 животные (небо Инков)

1045 шов неба

105 Галактика плоская, Солнце изнутри — Полоса вдоль большого круга

106 понятие о галактическом экваторе

107 понятие о галактических координатах

108 тёмные облака на МП, поглощение межзвёздной среды

109 Магеллановы облака — БМО, ММО, Местная группа галактик

110 Галилей — разрешение Млечного Пути на отдельные звёзды

111 много слабых звёзд сливаются в поле зрения в светлый фон

112 Гершель — «черпки» — подсчёт числа звёзд на избранных площадках

113 Каптейн — звёздные потоки — «галоша Каптейна»

114 Янский — радиоизлучение центра Галактики

115 межзвёздная пыль — ИК излучение

116 Рентген — хребет Галактики — телескопы «Интеграл», «Чандра»

117 линия 21 см, др. радиолнии — разные рукава Галактики

118 собственные движения звёзд, звёздная динамика — структура Галактики

119 структура рукавов Г.

120 типы населения Г.: диск, гало, корона

121 спутники Г. малые

122 потоки газа в Г.

123 сид Г. «плашмя», Галактические циклоны

124 апекс Солнца, Орбита Солнца в Галактике

125 центр Галактики — скопление звёзд, сверхмассивная чёрная дыра

2. Мишутка из детской телепередачи «Спокойной ночи, малыши» как-то сказал (выпуск 19.01.2011):

«Уж лучше бы айсберги тонули, тогда бы они кораблям не мешали».

а) Почему айсберги не тонут, и если бы они в воде тонули, что изменилось бы? Если кусочек льда мысленно опустить на дно океана, всплывёт ли он обратно?

б\*) Какие бывают «подводные» айсберги? Бывают ли «айсберги» на других планетах?

**200...** +баллы **0 1 2 3 4 5 6 7 8 9**

201 плотность льда < плотности воды (при нормальных условиях)

202 закон Архимеда

203 плавающие айсберги: 1/10 часть над водой (идиома «верхушка айсберга»)

204 откалывание айсбергов от ледников, размеры айсбергов

- 205 опасности кораблевождения: айсберги, вмержание, торосы  
 206 морские льды — виды  
 207 ледовые переправы: 1242(?), 1809, 1941, ледовое строительство  
 208 плотность воды — зависимость от температуры  
 209 плотность воды — зависимость от солёности  
 210 фазовая диаграмма льда  
 211 фазовые переходы, изменение плотности льда в разных фазах  
 212 лёд и примеси, роль пузырьков воздуха внутри льда  
 213 теплобаланс озёр и океана: лёд — вода  
 214 глобальная циркуляция вод океана  
 215 промерзание при плотности льда > плотности воды до дна — ледяная планета  
 216 эпохи оледенений на Земле  
 217 океан как резервуар тепла  
 218 опускание льда на дно — высокое давление — плотность льда > плотности воды — не всплывёт  
 219 подводные льды — гидраты, их значение  
 220 ледяные планеты + подлёдный океан  
 221 подлёдное озеро Восток (на Земле) и т. п.

**3.** В книжке 1960-х годов для юных туристов СССР предлагался такой способ ориентирования с помощью наручных стрелочных часов:

*Направьте стрелку часовой / На Солнце, в точку золотую. / Меж стрелкою и цифрой «час» / Есть угол — важен он для нас. / Делите угол пополам / И сразу ЮГ найдёте там!*

*Вот удивительное дело: полвека назад этот способ давал приемлемую точность, последние тридцать лет он «работал» только пять месяцев в году, а в прошлом году и вовсе перестал правильно показывать направление!*

*а) В чём заключается суть этого способа ориентирования?*

*б) Какова была его первоначальная точность?*

*в) Почему сейчас (в 2012 г.) этот способ почти нигде уже не работает там, где работал раньше?*

**300...** +баллы **0 1 2 3 4 5 6 7 8 9**

- 301 стрелочные (механические) часы  
 302 способ: горизонтальное расположение циферблата, брать азимут Солнца  
 303 различие часового угла и азимута Солнца  
 304 способ: расположить циферблат в плоскости небесного экватора  
 305 способ: поворотом циферблата направить часовую стрелку на Солнце  
 306 биссектриса угла «часовая стрелка — цифра 1» = направление на точку кульминации Солнца  
 307 полуденная линия (местный меридиан)  
 308 точка пресечения меридиана с горизонтом = направление на юг  
 309 неприменимость метода на полюсе и в тропической зоне  
 310 в СССР (1930–1991) «декретное» время = поясное время + 1 час  
 311 кульминация Солнца около 1 часа  
 312 различие угловой скорости в 2 раза: Солнце —  $15^\circ/\text{час}$ , часовая стрелка —  $30^\circ/\text{час}$   
 313 понятие местного времени  
 314 точность: уравнение времени: разница истинного и среднего солнечного времени  
 315 понятие поясного времени (+ перевод часов в поездках, укрупнение часовых поясов)  
 316 точность: отличие поясного и местного времени  
 317 точность: несоответствие плоскости циферблата плоскости суточного движения Солнца по небу (точки восхода, кульминации, захода), ошибка для южных широт (на широте <  $45^\circ$ )  
 318 суммарная ошибка до 1–1,5 часов соответствует  $15^\circ$ – $25^\circ$   
 319 продолжительность светового дня на разных широтах в течение года  
 320 изменение моментов времени рассвета и заката  
 321 переход между «зимним» и «летним» временем  
 322 преимущества и недостатки сезонных переходов  
 323 1981 год — в СССР ввели «летнее» время  
 324 2011 год — в РФ отмена перехода на «летнее» время: +2 часа от поясного времени  
 325 ошибки метода ориентирования больше здравого смысла

---

4. В поэме «Медный всадник» А. С. Пушкин так описывает наводнение 1824 года, характерное для Санкт-Петербурга: Нева вздувалась и ревела, / Котлом хлопоча и клубясь, / И вдруг, как зверь остервенясь, / На город кинулась...

а) Почему наводнения в Санкт-Петербурге происходили во время бури?

б) В чём их отличие от наводнения, связанного с трагедией 07.07.2012 в городе Крымск Краснодарского края?

в\*) В чём различие защитных дамб в Санкт-Петербурге, Лондоне, Венеции, Луизиане, Зеландии и Японии? Какой наибольшей высоты наводнения могут быть?

400...+баллы 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

401 наводнение: приход масс воды и затопление участков суши без периодичности

402 регулярные: приливы (литораль), паводки (заливные луга), шторма (прибойная зона)

403 нерегулярное — стихийное бедствие

404 ветровые нагоны воды

405 барические волны

406 Балтийское море, Финский залив — специфика изменения уровня моря

407 наводнение в Санкт-Петербурге: высота над ordinаром

408 исторические наводнения в Санкт-Петербурге и др.

409 Крымск (лето 2012 г.): осадки в горах, селевые потоки, водохранилище

410 меры безопасности: система оповещения о ЧП, регулярная расчистка русел, защитные дамбы

411 прорывы плотин в мире (в т. ч. Саяно-Шушенская ГЭС)

412 защитные дамбы: приливы и бары, барические волны, штормовые нагоны, цунами, паводки, сели; высоты наводнений и дамб

413 волны ударного происхождения

---

5. Последнее в 21 веке прохождение Венеры по диску Солнца наблюдалось на Земле 6 июня 2012 г.

а) Какие прохождения Венеры наблюдались исторически и какие научные задачи при этом были решены?

б\*) Почему эти прохождения Венеры наблюдаются только в определённые месяцы с большими перерывами, почему у них именно такая периодичность?

в\*) Для каких ещё небесных объектов наблюдаются аналогичные прохождения?

500...+баллы 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

501 научные задачи: измерение расстояния до Солнца (1 астрономическая единица)

502 научные задачи: долготные измерения, Кук и другие экспедиции

503 явление Ломоносова

504 2012 год — наблюдательное подтверждение эффекта Ломоносова

505 орбита Венеры: фазы, периоды

506 наклон орбиты — прохождения

507 узлы орбиты — периоды прохождений, исторические прохождения

508 транзиты: солнечные и лунные затмения

509 прохождения Меркурия и Венеры по диску Солнца — внутренние планеты

510 затмение Солнца на Марсе (Кьюриосити)

511 покрытия звёзд Луной

512 покрытия звёзд астероидами

513 явления в системах спутников планет-гигантов

514 явления в планетных системах других звёзд

515 исследования атмосфер других планет

516 затменно-двойные звёзды, гравитационное линзирование

---

6. Можно ли наблюдать самую яркую звезду северного полушария и самую яркую звезду южного полушария одновременно? Если возможно, — то где?

600...+баллы 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

601 Солнце в равноденствии

602 полушария Земли — Вега, Арктур, Сириус, другие ярчайшие звёзды

603 большие угловые расстояния: Вега—Сириус  $\approx 160^\circ$ , Сириус—Арктур  $\approx 120^\circ$

- 604 возможности одновременного наблюдения  
 605 другие планеты — другие оси вращения и полушария  
 606 выход в космос — любое наблюдение на полный телесный угол 4π  
 607 методика ориентации космических аппаратов: Солнце—Канопус  
 608 любое формально верное решение для наблюдений с поверхности Земли, например:  
**Сириус:**  $06^{\text{h}}45^{\text{m}}$ ,  $-16^{\circ}43'$ ; не восходит севернее  $73^{\circ}$  с. ш., не заходит южнее  $73^{\circ}$  ю. ш.  
**Вега:**  $18^{\text{h}}37^{\text{m}}$ ,  $+38^{\circ}47'$ ; не восходит южнее  $51^{\circ}$  ю. ш., не заходит севернее  $51^{\circ}$  с. ш.  
**Арктур:**  $14^{\text{h}}16^{\text{m}}$ ,  $+19^{\circ}11'$ ; не восходит южнее  $71^{\circ}$  ю. ш., не заходит севернее  $71^{\circ}$  с. ш.  
 Незаходящую Вегу можно видеть одновременно с Сириусом зимой, когда он над горизонтом, между  $51^{\circ}$  с. ш. и  $73^{\circ}$  с. ш.  
 Сириус впереди Арктура на 7,5 часов по прямому восхождению, поэтому их можно видеть одновременно везде, где они восходят, но от широты зависит интервал времени и дат. На широтах Москвы ( $55^{\circ}$  с. ш.) это возможно с начала ноября, когда Арктур восходит перед рассветом, до середины апреля, когда Сириус заходит вскоре после наступления темноты.

7. *Какие телескопы вы знаете? Какие телескопические системы и для чего применяются сейчас и какие, как вы считаете, будут развиваться в перспективе? Кого из их изобретателей и конструкторов вы можете назвать?* **700...**+баллы **0 1 2 3 4 5 6 7 8 9**

Задачи телескопа:

- 7011** световой поток — большая площадь сбора (апертура)  
**7012** угловое разрешение — большой диаметр или база  
**7013** другие диапазоны электромагнитных волн, другие виды волн и потоков частиц  
**7014** направление приёма, измерение углов и времени  
**7015** анализ сигнала (пространственный, временной, спектральный), фиксация (оцифровка)  
**702** вывод телескопа за пределы Земли (телескоп Хаббла и т. п.)  
**703** в древности: перископ Архимеда, «посох Якова»  
**704** коллиматорные трубки  
**705** пассажные инструменты (Древний Египет, Улугбек, Тихо, Гевелий)  
**706** Галилей — 1609 год  
**707** рефракторы (линзовые): труба Кеплера и другие  
**708** составные объективы  
**709** рефлекторы (зеркальные) — Ньютона, Ломоносова-Гершеля  
**710** ломаные трубы — морские бинокли  
 Оптические схемы: **7111** Кассегрен **7112** Несмит **7113** Шмидт **7114** другие  
 Монтировки: **7121** немецкая **7122** английская **7123** альфа-азимутальная **7124** целостат  
**713** Максутов — мениск  
**714** составные зеркала — мозаика  
**715** активная адаптивная оптика  
**716** оптические зеркала диаметром 40–100 м  
**717** угловое разрешение — диаметр зеркала, интерферометры, спеклы  
**718** радиотелескопы: Попов, Маркони, Янский — увеличение размера радио-зеркал 100–300 м  
**719** интерферометры: РСДБ, GVN, Радиоастрон, далее  
**720** фазированные антенные решётки, ALMA, «квадратный километр»  
**721** оптические ИСДБ (?), наращиваемые матрицы телескопов  
**722** другие диапазоны: УФ, Рентген, гамма — особенности конструкции телескопов  
**723** другие волны и частицы: космические лучи, нейтроны, нейтрино, гравитационные волны

### Инструкция для проверяющих

1. Цифровые коды критериев (напечатаны жирным), соответствующие содержащимся в работе школьника ответам на задания, обводятся в кружочек. При необходимости оценить что-то, отсутствующее в критериях, нужно отметить соответствующее количество баллов после слов «+ баллы».
2. Если в работе присутствует ответ на вопрос, но за него не поставлено никаких положительных оценок, нужно обвести в кружочек цифру «0» после слов «+ баллы» (тем самым отмечается, что решение при проверке не было случайно пропущено).
3. Если работа оценивается небольшим количеством критериев (не больше 5), можно протокол проверки не заполнять, а все коды критериев выписать на обложку работы.

## Статистика

Решаемость заданий по астрономии и наукам о Земле (решёнными считались задания, засчитанные в соответствии с критериями, приведёнными в таблице на стр. 179, в зависимости от количества баллов и класса, в котором учится школьник).

Количество заданий	Классы / количество участников										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0 заданий	0	5	17	50	303	1231	1406	1403	1257	742	493
1 задание	0	0	0	1	11	47	72	107	87	52	41
2 задания	0	0	0	0	1	12	12	19	20	19	14
3 задания	0	0	0	0	1	4	2	11	7	6	9
4 задания	0	0	0	0	0	0	1	2	0	5	3
5 заданий	0	0	0	0	0	0	1	2	0	2	0
6 заданий	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
7 заданий	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Сведения о распределении баллов по заданиям. В таблице указано, сколько участников получили данное количество баллов за каждое задание. В случае, если участник не приступал к выполнению задания, это отмечается знаком «-».

Баллы	Номера заданий						
	1	2	3	4	5	6	7
-	2907	1167	5161	4042	6033	4212	5263
0	1184	1705	1675	1762	545	2716	505
1	2571	2762	551	1120	599	596	1027
2	629	1197	190	479	328	147	426
3	245	521	61	179	133	36	244
4	101	185	41	85	49	11	128
5	42	89	21	29	13	5	59
6	15	22	6	8	2	0	22
8	5	13	4	3	3	0	8
9	7	11	3	4	7	0	7
10	3	2	1	0	1	0	1
>10	8	4	1	0	2	0	9
Всего	7726	7726	7726	7726	7726	7726	7726



Распределении сумм баллов по классам. Указано, сколько участников из каждого класса набрали указанную сумму баллов.

Сумма баллов	Классы / количество участников											Всего
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
0	0	2	9	11	95	272	244	186	131	83	42	1075
1	0	3	5	18	84	316	347	295	226	123	73	1490
2	0	0	1	12	53	277	285	316	231	117	77	1369
3	e 0	e 0	e 2	e 4	e 34	e 160	191	242	187	110	61	991
4	0	0	0	1	14	90	e 134	e 136	151	72	61	659
5	v 0	v 0	v 0	v 1	v 5	v 59	95	99	e 99	64	49	471
6	0	0	0	2	11	28	v 49	v 70	77	e 42	e 36	315
7	0	0	0	1	9	24	34	52	v 54	49	31	254
8	0	0	0	0	2	13	33	42	41	v 35	24	190
9	0	0	0	1	0	14	22	22	30	23	v 24	136
10	0	0	0	0	4	9	10	23	34	21	17	118
11	0	0	0	0	2	6	8	12	27	16	10	81
12	0	0	0	0	0	6	14	9	12	10	14	65
13	0	0	0	0	2	4	7	6	18	11	7	55
14	0	0	0	0	0	3	3	8	16	9	4	43
15	0	0	0	0	0	3	4	5	8	3	4	27
16	0	0	0	0	1	1	7	5	6	3	5	28
17	0	0	0	0	0	2	0	2	3	5	3	15
18	0	0	0	0	0	4	3	1	1	3	1	13
19	0	0	0	0	0	2	0	3	5	3	1	14
20	0	0	0	0	0	0	2	3	4	3	1	13
21	0	0	0	0	0	0	0	3	1	1	2	7
22	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	3	6
23	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	4
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	6
25	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2
>25	0	0	0	0	0	1	2	3	6	11	9	32

Знаками «e» и «v» в таблице показаны границы соответствующих критериев награждения (для критериев по сумме баллов, см. стр. 179).

Сведения о количестве школьников по классам, получивших грамоту по астрономии и наукам о Земле («v»), получивших балл многоборья («e»), а также общем количестве участников конкурса по астрономии и наукам о Земле (количестве сданных работ).

Класс	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Всего
Всего	0	5	17	51	316	1294	1494	1544	1372	826	560	7479
«e»	0	0	2	5	48	248	220	224	176	91	68	1082
«v»	0	0	0	5	36	181	207	281	270	166	130	1276

Количество работ, для которых были отмечены соответствующие пункты критериев проверки (пункты, отмеченные 0 раз, не указаны).

пункт	кол-во
101	2692
102	610
1031	23
1032	88
1041	277
1042	30
1043	1
1044	4
1046	1
1047	1
1048	11
1049	3
105	155
106	4
107	1
108	5
109	11
110	55
111	544
112	17
113	27
114	6
115	33
116	4
117	3
118	94
119	157
120	9
122	20
123	10
124	6
125	64
1000	1152
1001	370
1002	36
1003	15
1004	1
1005	3

пункт	кол-во
201	2988
202	875
203	721
204	109
205	439
206	14
208	35
209	222
210	3
211	28
212	720
213	18
214	10
215	152
216	6
218	409
219	19
220	352
221	1
2000	1675
2001	889
2002	99
2003	29
2004	14
2005	2
2006	1
2007	1

пункт	кол-во
301	68
302	11
303	6
304	2
305	80
306	102
307	4
308	46
309	3
310	44
311	47
312	39
313	11
314	4
315	39
316	17
317	2
318	53
320	2
321	233
323	81
324	321
325	21
3000	1649
3001	212
3002	16
3003	4
3006	2

пункт	кол-во
401	141
402	12
403	14
404	718
405	45
406	244
407	246
408	16
409	966
410	48
411	2
412	308
413	10
4000	1726
4001	334
4002	36
4003	9
4004	1
4006	1

ПУНКТ	КОЛ-ВО
501	46
502	31
503	380
504	7
505	255
506	26
507	61
508	205
509	456
510	9
511	229
512	41
513	3
514	3
515	1
5000	514
5001	191
5002	28
5003	10
5004	1
5005	2
5008	1

ПУНКТ	КОЛ-ВО
601	18
602	176
603	10
604	53
605	11
606	119
607	2
608	24
6000	2683
6001	480
6002	5
6003	1
6004	1
6005	1
6006	1

ПУНКТ	КОЛ-ВО
7011	6
7012	4
7013	53
7014	2
7015	9
702	645
703	3
705	2
706	950
707	404
708	20
709	403
710	6
7111	14
7113	12
7114	10
7121	1
7123	1
7124	1

ПУНКТ	КОЛ-ВО
713	20
714	15
715	3
716	12
718	300
719	11
720	3
722	170
723	19
7000	476
7001	530
7002	78
7003	27
7004	13
7005	3
7006	4
7008	1

# Конкурс по литературе

## Задания

Задания № 1 и № 2 рекомендуются школьникам 4–9 классов (и не учитываются при подведении итогов в 10 и 11 классах), остальные задания адресованы школьникам всех классов.

Не обязательно 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.

**Задание 1. (4–9 классы)** *Перед вами отрывки из двух произведений.*

1. Изготовление деревянных фигур в полный человеческий рост было для X делом новым, и для начала он соорудил пробного солдата. Конечно, у этого солдата было свирепое лицо, глазами послужили стеклянные пуговицы. Оживляя солдата, X посыпал ему голову и грудь чудесным порошком, несколько замешкался, и вдруг деревянная рука, разогнувшись, нанесла ему такой сильный удар, что он отлетел на пять шагов. Разозлившись, X схватил топор и хотел было изрубить лежавшую на полу фигуру, но тут же опомнился.

«Себе работы наделаю, — подумал он. — Однако и силища же у него... С такими солдатами я буду непобедим!»

2. Y вошёл в каморку, сел на единственный стул у безногого стола и, повертев так и эдак полено, начал ножом вырезать из него куклу.

«Как бы мне её назвать? — раздумывал Y. — Назову-ка я её Z. Это имя принесёт мне счастье. Я знал одно семейство — всех их звали Z: отец — Z, мать — Z, дети — тоже Z... Все они жили весело и беспечно...»

Первым делом он вырезал на полене волосы, потом — лоб, потом — глаза...

Вдруг глаза сами раскрылись и уставились на него... Y и виду не подал, что испугался, только ласково спросил:

— Деревянные глазки, почему вы так странно смотрите на меня? <...>

Y... продолжал стругать, вырезать, ковырять. Сделал кукле подбородок, шею, плечи, туловище, руки... Но едва окончил выстругивать последний пальчик, Z начал колотить кулачками Y по лысине, щипаться и щекотаться.

— Послушай, — сказал Y строго, — ведь я ещё не кончил тебя мастерить, а ты уже принялся баловаться. . . Что же дальше-то будет. . . А? . .  
И он строго поглядел на Z.

*Назовите героев этих отрывков (их имена скрываются под буквами X, Y, Z), произведения и их авторов.*

*Сравните изображённые ситуации и героев (напоминаем, что сравнить значит выявить и сходное, и различное). Можно ли по этим отрывкам понять, как авторы относятся к своим героям?*

*Припомните как можно больше легенд, сказок, произведений русской и зарубежной литературы, в которых неодушевлённый предмет, изготовленный человеком, оживает; назовите их авторов (если есть) и персонажей.*

*Если можете, расскажите, какие похожие ситуации и приключения встречаются в разных историях об оживающих предметах.*

**Задание 2. (4–9 классы)** *Прочитайте стихотворение современного детского поэта Андрея Усачёва «Великий могучий русский язык».*

Великий могучий русский  
Язык показал я французу,  
А он показал — французский,  
А я дал месье по пузу!  
Мы в бой с ним вступили близкий,  
Катались, вопили, рычали. . .  
Но тут показал нам английский  
Нахальный один англичанин.  
Тогда мы с французом встали

И два языка показали.  
Он сразу полез с нами в драку,  
И в боксе он был неслабым:  
Мы с ним показали поляку,  
Китайцу и двум арабам.  
С трудом нас разняли прохожие. . .  
И поняли мы, дураки:  
Какие у нас похожие  
Великие языки!

*Напишите, что вам показалось смешным в этом стихотворении и какой нештучный смысл можно в нём обнаружить.*

**Задание 3.** *Авторы приведённых ниже стихотворений — Ф. И. Тютчев (1803–1873) и М. А. Кузмин (1872–1936).*

*Какое стихотворение написано Тютчевым? Почему вы так считаете?*

*Как можно полнее ответьте, чем похожи эти стихотворения (обратите внимание и на содержание, и на форму) и в чём основные различия между ними.*

*Какое из стихотворений написано в устойчивой форме, имеющей особое название? Каковы главные признаки этой формы?*

1. Из глубины земли источник бьёт.  
Его художник опытной рукою,  
Украшив хитро чашей золотою,  
Преобразил в шумящий водомёт.

Из тьмы струя, свершая свой полёт,  
Спадает в чашу звучных капель толпою,  
И золотится радужной игрою,  
И чаша та таинственно поёт.

В глубь сердца скорбь ударила меня,  
И громкий крик мой к небу простирался,  
Коснулся неба, радужно распался

И в чашу чудную упал звеня.  
Мне петь велит любви лишь сладкий яд —  
Но в счастья уста мои молчат.

2. Смотри, как облаком живым  
Фонтан сияющий клубится;  
Как пламенеет, как дробится  
Его на солнце влажный дым.  
Лучом поднявшись к небу, он  
Коснулся высоты заветной —  
И снова пылью огнецветной  
Ниспасть на землю осуждён.

О смертной мысли водомёт,  
О водомёт неистоцимый!  
Какой закон непостижимый  
Тебя стремится, тебя мятёт?  
Как жадно к небу рвёшься ты! . .  
Но длань незримо-роковая,  
Твой луч упорный преломляя,  
Свергает в брызгах с высоты. . .

**Задание 4.** Действие рассказа современного русского писателя Эфраима Севелы (1928–2010) «Белые ночи» происходит во время Великой Отечественной войны. Перед вами отрывок из этого рассказа.

Лицо немца было бледно. Под стать его белокурым, от пота слипшимся на лбу волосам. А в бесцветных, как небо над тундрой, глазах застыл ужас, какой только может охватить человека перед лицом неизбежной, неминуемой гибели. Эта смерть сосредоточилась в круглом чёрном отверстии пистолета, мерно качавшемся в такт тяжёлым неуклюжим шагам русского лётчика.

Саша перешёл с бега на шаг. Не потому что устал. Он разглядел лицо врага. Нормальное человеческое лицо. До жути обыкновенное лицо испуганного мальчишки. Немец был намного моложе его. Без шлемофона, со взъерошенными потными волосами, ему и двадцати лет не дашь. И запал ярости, какой клокотал в Саше, пока он гонял его в небо, а потом бежал с пистолетом в руке по земле, стал быстро улечиваться, и уже последние шаги, отделявшие его от немца, Саша прошёл, смущённо опустив пистолет к бедру.

<...> И, глядя в мягкое, окончательно не сформировавшееся по-мужски лицо немецкого лётчика, которого он ещё минуту назад был готов растерзать, Саша смутился и от смущения улыбнулся. Немец ухватился за эту улыбку, как утопающий за спасательный круг, и тоже улыбнулся, часто-часто заморгав рыжеватыми ресницами. . .

*Как вы думаете, как могут дальше развиваться события в этом рассказе?*

*Этот фрагмент написан под несомненным влиянием русской классической литературы и прежде всего одного конкретного произведения. Какого именно? Какие эпизоды из этого произведения вам в этой связи вспоминаются?*

*Какие вам известны произведения русской и зарубежной литературы, в которых изображена встреча лицом к лицу представителей враждующих лагерей, стран, армий?*

*Зачем писателям могут понадобиться подобные эпизоды и чем они могут заканчиваться? (Рассмотрите несколько примеров.)*

**Задание 5.** Поэма Евгения Евтушенко (род. в 1932 г.) «Братская ГЭС» начинается обращением к великим предшественникам. Вот несколько фрагментов с пропущенными фамилиями поэтов.

... Прошу смиренно помощи у вас,  
великие российские поэты...

Дай, \_\_\_\_ [1], мне свою певучесть,  
свою раскованную речь,  
свою пленительную участь —  
как бы шая, глаголом жечь.

...

Дай, \_\_\_\_ [2], уняв мою резвость,  
боль иссеченной музыки твоей —  
у парадных подъездов, у рельсов  
и в просторах лесов и полей.  
Дай твоей неизящности силу.  
Дай мне подвиг мучительный твой,  
чтоб идти, волоча всю Россию,  
как бурлаки идут бечевой.

...

Дай, \_\_\_\_ [3], смещение дней,  
смушение веток,  
сращение запахов, теней  
с мучением века,  
чтоб слово, садом бормоча,  
цвело и зрело,  
чтобы вовек твоя свеча  
во мне горела.

\_\_\_\_ [4], дай на счастье нежность мне  
к берёзкам и лугам, к зверью и людям  
и ко всему другому на земле,  
что мы с тобой так беззащитно любим...

...

Дай, \_\_\_\_ [5], мне  
    глыбастость,  
        буйство,  
            бас,  
непримиримость грозную к подонкам,  
чтоб смог и я,  
        сквозь время прорубясь,  
сказать о нём  
        товарищам потомкам.



*Восстановите пропущенные фамилии [1], [2], [3], [4], [5].*

*Как можно полнее объясните своё решение.*

*Сочините своё стихотворное обращение к ещё какому-нибудь известному поэту; постарайтесь при этом использовать те же приёмы, помогающие и без фамилии узнать, о каком поэте речь. (Но, разумеется, фамилию в это обращение включить нужно.)*

## Ответы и комментарии

### Задание 1

Первый отрывок взят из книги Александра Мелентьевича Волкова (1891–1977) «Урфин Джюс и его деревянные солдаты», второй — из произведения «Золотой ключик, или Приключения Буратино» Алексея Николаевича Толстого (1883–1945). Герой первого отрывка — Урфин Джюс, а персонажи из сказки Толстого — Буратино и папа Карло.

Оба сюжета заимствованы из зарубежной литературы. Однако если произведение А. Н. Толстого напрямую связано с романом «Приключения Пиноккио», созданным Карло Коллоди (1826–1890), то А. М. Волков для своего «Урфина Джюса» позаимствовал лишь некоторые мотивы, причём из различных частей сказки Лайма Фрэнка Баума (1856–1919) о Стране Оз, в частности, историю оживления при помощи чудесного порошка (у Баума так оживает, например, Тыквоголовый Джек).

Ситуации похожи тем, что в обеих человек делает предмет из дерева и он оживает, только в первой ситуации с помощью живительного порошка, а во второй от любви, с которой папа Карло относился к Буратино. *Ольга Ардасенова, 6 кл., школа № 2009, г. Москва.* В каждом отрывке это происходит примерно одинаково: в первом солдат начинает драться, во втором — «колотить кулачками и щипаться». *Андрей Корнеев, 9 кл., школа № 853, г. Москва.*

Буратино не должен был быть живой куклой, просто полено оказалось волшебным, а Урфин Джюс специально вырезал солдата, которого собирался оживить с помощью порошка. *Елизавета Короткова, 9 кл., лицей № 3, г. Волгоград.* Солдат ожил с помощью волшебного порошка, а Буратино сам по себе. *Кирилл Воронцов, 6 кл., школа № 7, г. Кировск.* Карло удивился, когда увидел, что Буратино раскрывает глаза. *Михаил Молодых, 8 кл., ЦО «Пятьдесят седьмая школа», г. Москва.*

И деревянный солдат, и кукольный Буратино, как только почувствовали себя живыми, сразу стали проявлять себя, свой характер, дарованный им от их создателей. В творении Урфина Джюса сразу проследживается солдат — жестокий, сильный, бессердечное орудие убийства, <...> Буратино же настоящий ребёнок. *Евдокия Харитонова, 8 кл., школа № 1747, г. Москва.* Злодей делал злого солдата, а папа Карло — доброго. *Кирилл Воронцов.*

[Урфин и Карло] были бедняками, каждый через своё творенье стремился к личному счастью. *Максим Еронтаев, 9 кл., лицей № 3, г. Волгоград.* [Но бедность Карло] никак не влияет на его мировоззрение и отношение к окружающим. *Никита Прокументов, 8 кл., гимназия № 8, г. Череповец.*

Джюс делал солдат для корыстных целей, а Карло для хороших целей. *Карина Палтышева, 5 кл., лицей «Амтэк», г. Череповец.* [Урфин] создавал кукол для своего величия, своего всемогущества, чтобы возвеличиться над другими людьми, а Карло мастерил свою куклу на радость людям. Карло создавал куклу силой своей любви. *Николай Землянский, 9 кл., лицей № 3, г. Волгоград.* [Урфин] делает солдата, чтобы быть непобедимым, а папа Карло — потому что ему одиноко. Карло делает себе друга. *Елизавета Гладких, 7 кл., школа № 6, г. Апатиты.*

Папа Карло растил и заботился о единственной кукле — маленьком Буратино. А Урфин Джюс создал целую армию деревянных солдат (дуболомов) и пошёл с ними завоёвывать волшебную страну, но у него ничего не получилось. *Мария Трофимчук, 7 кл., лицей № 8, г. Волгоград.*

[Джюс] не полюбил своего солдата с первого взгляда, а Карло сразу полюбил Буратино и ласково с ним говорил. *Данила Польшцев, 5 кл., школа № 2007, г. Москва.* Урфин относится к солдатам как к печальной необходимости («Себе работы наделаю»), а Карло, судя по первым его словам к Буратино, сразу же полюбил своё творение. *Михаил Молодык.* [Если в первом фрагменте] проявляется грубость, суровость к персонажу, то во втором герой относится [к созданной им кукле] с лаской, нежностью. *Ирина Чеснокова, 7 кл., школа № 26, г. Череповец.*

Участники конкурса хорошо почувствовали разное отношение писателей к своим персонажам. А Волков «с презрением относится к своим героям» (*Новикова Анна, 7 кл., школа № 26, г. Череповец*), показывает Урфина «грубым и самонадеянным („... я буду непобедим!“), из чего можно заключить, что он его недолюбливает». Толстой же «описывает

Буратино ... озорным и шаловливым, а Карло заботливым и трудолюбивым» (*Андрей Корнеев*). Волков «приписывает Урфину грубость, жестокость, вспыльчивость, осуждая Урфина, Толстой наделяет Карло добротой, сдержанностью, смирением» (*Максим Еронтаев*). Создатель «очень доброжелательно относится к герою (мы это видим из описания его поведения: „кулачками“, „щекотаться“), <...> если так можно сказать, умиляется» (*Ирина Соловьёва, 9 кл., лицей № 5, г. Волгоград*), «симпатизирует папе Карло» (*Ксения Довгели, 5 кл., школа № 2007, г. Москва*).

Выполнявшие первое задание назвали много сказок об оживающих предметах. [Часто] предмет оживает, чтобы помочь людям. *Юлия Худякова, 7 кл., лицей № 5, г. Волгоград*. Так, в произведении Шарля Перро Дюймовочка появляется на свет из семечка. *Дарья Ионе, 7 кл., лицей № 5, г. Волгоград*. На радость одинокой женщине, в помощь бездетным старику и старухе появляется из хлопка Липунюшка в сказке Л. Н. Толстого. Можно вспомнить и историю Электроника — героя книги Е. Велтистова «Приключения Электроника», — который был создан ради научного эксперимента, но в итоге стал настоящим, живым человеком.

В этих историях встречаются такие ситуации: оживающие предметы не слушаются своих хозяев; убегают от них и чаще погибают. *Полина Сергеева, 9 кл., школа № 638, г. Москва*. Так же, как и Буратино, Пинокио оживает и не всегда слушается своего создателя, но за каждую ложь у Пинокио нос становится длиннее. А в «Снегурочке» А. Н. Островского «оживает девочка, сделанная из снега» (*Дарья Поспелова, 7 кл., школа № 33, г. Череповец*).

Из дерева был изготовлен в сказке Э. Т. А. Гофмана «Щелкунчик и Мышиный король» и оживший Щелкунчик — герой, который «попадает в дом к главной героине, борется с мышами во главе с Мышиным королём, идёт в увлекательные приключения за волшебным орехом и становится принцем» (*Анастасия Гребенникова, 7 кл., лицей № 5, г. Волгоград*). Могут оживать и другие игрушки. Например, одноногий солдатик и танцовщица из сказки Г. Х. Андерсена «Стойкий оловянный солдатик».

В книге эстонского писателя Эно Рауда «Сипсик» оживает тряпичная кукла, которую брат делает сестре в подарок ко дню рождения *Дарья Ионе, 7 кл., лицей № 5, г. Волгоград*.

Вспомнили и древнегреческий миф о скульпторе Пигмалионе — он создал прекрасную статую и влюбился в неё. Статую впоследствии ожи-

вила богиня любви Афродита (*Михаил Бугаев, 5 кл., школа № 1978, г. Москва*). Другой сюжет, но уже из еврейской мифологии, — история о великане Големе, созданном из глины раввином Лёвом.

Ну, а в детских книгах зачастую оживают и бытовые предметы. Так, в произведении К. Чуковского «Мойдодыр» встречаются «оживающие» рукомойник, простыни, подушки, кровать» (*Анастасия Гребенникова, 7 кл., лицей № 5, г. Волгоград*). В стихотворении С. Маршака «Книжка про книжки» беседуют друг с другом порванные, искалеченные книги, а в «Весёлой арифметике» того же автора — цифры. Становится волшебной обстановка хижины, где живут Тильтиль и Митиль из пьесы Мориса Метерлинка «Синяя птица»: здесь появляются Души Часов, Огня, Молока и других предметов.

Конечно, этот список можно продолжить. . .

## Задание 2

Юные участники конкурса по литературе оценили и комизм разыгрываемой сценки, и особенности словоупотребления, и саму неожиданность перехода от тожественных слов к описанию нелепых дел.

Смешным показалось то, как они показывали языки, как дети, дрались. . . *Дарья Ионе, 7 кл., лицей № 5, г. Волгоград*.

Смешно то, что автор «играет» со значениями слова «язык». *Юлия Худякова, 7 кл., лицей № 5, г. Волгоград*.

Смешное заключается в том, что целый язык отождествляется с человеком, который может драться и «давать по пузу». *Вадим Васильченко, 9 кл., ЦО № 936, г. Москва*.

В этом тексте мне показалось смешным то, что «показать язык» можно понять по-разному (показать часть тела или рассказать об особенностях официального языка какой-либо страны). *Анастасия Шевчук, 7 кл., школа № 26, г. Череповец*.

. . . плюс к тому — использование разговорной лексики (пузо, дурак и т. д.). *Карина Денисова, 9 кл., лицей № 5, г. Волгоград*.

Комичность всей ситуации, когда показываются языки, заставляет не раз улыбнуться. И этот внезапный переход от серьёзных фраз («Великий могучий русский. . .») к детским шалостям. *Мария Шешелева, 9 кл., гимназия им. Пушкина, г. Троицк*.

. . . мне показалось смешным то, что сначала, читая это стихотворение, думаешь, что там будет описано, как велик и могуч наш русский язык. Но оказывается, что слово «язык» употребляется не в предполагаемом значении. *Анна Сиреканян, 7 кл., лицей № 6, г. Миасс*.

Смешным кажется здесь перенос значения языка, на котором говорят, на язык — орган, и конечное возвращение к языку в первом смысле: «Какие у нас похожие великие языки!» *Дмитрий Дивиряга, 9 кл., школа № 32, г. Подольск.*

Многие заметили, что слова «великий могучий русский язык» звучат серьёзно и торжественно, но мало кто из участников конкурса догадался, что это цитата («реминисценция на знаменитые слова (Даль?): „Великий и могучий русский язык“» (*Ксения Фонарёва, 8 кл., гимназия им. Пушкина, г. Троицк*)), и, кажется, никто не указал, откуда она. Слова эти взяты из стихотворения в прозе И. С. Тургенева, которое начинается так: «Во дни сомнений, во дни тягостных раздумий о судьбах моей родины ты один мне поддержка и опора, о великий, могучий, правдивый и свободный русский язык!» В этом стихотворении, которое до недавних пор учили наизусть все школьники нашей страны, звучат восхищение и законная гордость, но нет ни слова о превосходстве русского языка над какими-либо другими. А между тем встречаются люди, которые почему-то считают, что гордиться своим можно только унижая чужое, доказывая, что наше не просто прекрасно, но гораздо лучше всякого другого. Такое мнение добродушно осмеяно в стихах А. Усачёва. (Можно увидеть скрытую комическую отсылку и к стихотворению М. Ю. Лермонтова «Бородино», к словам солдата: «Постой-ка, брат мусью! // Что тут хитрить, пожалуй к бою. . .»).

Разные народы спорят, чей язык лучше, красивее. . . Это нешуточный смысл, но этот смысл очень смешно и весело передан. *Есения Марцинковская, 6 кл., лицей № 5, г. Волгоград.*

Нешуточный смысл в том, что не стоит разделять людей по национальности и языку. Ведь все языки похожи и одинаково важны для людей. *Дарья Ракова, 6 кл., школа № 16, г. Саров.*

И даже такие, совсем уж не смешные мысли может вызвать смешное стихотворение.

Люди ищут повода к войне, ссоре, презирают определённые нации, брезгуют общаться с их представителями только из-за того, что человек является представителем другой национальности, говорящей на другом языке. *Дарья Коптелова, 8 кл., школа № 1414, г. Москва.*

Смысл этого стихотворения в том, что не нужно разжигать розни между людьми, народами, глупо искать лучшего среди равных, глупо думать, что какой-то один язык, или даже не язык, а культура, наука, может быть лучше другого, что в конце концов и понимают герои стихотворения. *Дмитрий Дивиряга.*

### Задание 3

Что Ф. И. Тютчев — автор второго стихотворения, определили многие; аргументы были приведены самые разные: одни довольствовались общим ощущением или догадками, другие обнаруживали характерную для поэта лексику или строй мыслей.

2 — Тютчев. Я так считаю, потому что в первом стихотворении говорится: «Его художник опытной рукою, украсив хитро чашей золотую, преобразил в шумящий водомёт» — Кузьмин описывает стихотворение Тютчева, где есть такие строки. *Роман Тихонов, 6 кл., школа № 10, г. Череповец.*

Оно похоже на другое стихотворение Тютчева: «Люблю грозу в начале мая...» Здесь есть похожие сложные определения: «огнецветной» как «громокипящий». *Александр Файер, 10 кл., ЦО «Пятьдесят седьмая школа», г. Москва.*

Первое стихотворение романтическое, по лексике и теме оно похоже на стихи Гумилёва, на обращение к старым традициям и прежним идеалам, что плохо сочетается с моим представлением о Тютчеве, зато хорошо — с датами жизни Кузьмина. *Анна Дикова, 10 кл., ЦО «Пятьдесят седьмая школа», г. Москва.*

Я считаю, что Тютчевым написано второе стихотворение, так как в нём чувствуется тесное влияние традиции первой половины XIX века, не похожее на умышленную имитацию. *Вероника Файнберг, 10 кл., ЦО «Пятьдесят седьмая школа», г. Москва.*

Стихотворение 2 написано Тютчевым. На это указывает его основная мысль: жажда человеческой души достичь небес, прикоснуться к тайнам бытия встречается с гнетущей дланью рока, <...> не пускающей человека дальше некой невидимой черты. Бессилие человеческих страстей составляет одну из главных линий творчества Тютчева; второе стихотворение согласуется в настроении со строками: «Жизнь, как подстреленная птица, подняться хочет — и не может». *Анжелика Бородина, 11 кл., гимназия «Логос», г. Дмитров.*

Многие участники конкурса смогли по первому впечатлению сформулировать, чем похожи предложенные стихотворения и в чём существенные различия между ними.

Они похожи тем, что авторы приводят метафоры воды, сравнивают что-то с водой. *Дарья Ионе, 7 кл., лицей № 5, г. Волгоград.*

Различие заключается в том, что один описывает происходящее, а другой как бы ведёт диалог. *Анна Лузина, 8 кл., лицей № 6, г. Миасс.*

В 1 стихотворении автор говорит о себе, его произведение словно рассказ от 1-го лица, во втором автор скорее обращается к нам, и это видно в 1 строчке. *Ольга Табакова, 7 кл., лицей № 5, г. Волгоград.*

Различие в том, что в первом стихотворении говорится о тьме, а во втором о свете. *Берестова Анастасия, 6 кл., лицей № 6, г. Миасс.*

Два этих стихотворения схожи внешним содержанием, но сильно отличаются по заложенным в них чувствам. Если первое очаровывает нас красотой источника, то второе через образ источника передаёт сущность человека, его стремление ввысь, к небу, но неизменное падение на землю. *Даниил Засульский, 7 кл., Брянский городской лицей № 1.*

Стихотворение Тютчева пронизано мотивами рока: «осужден», «ниспать», «закон... стремится, мятёт», «длань роковая» — в некотором смысле мотивом катастрофичности бытия, у Кузмина мотивы эти пропадают. *Дмитрий Сыропятов, 11 кл., лицей № 6, г. Миасс.*

Есть работы, авторы которых более пристально вглядываются в образы, лежащие в основе стихотворений.

В этих стихотворениях присутствует некоторое количество похожих образов и мотивов. Оба автора выбирают практически синонимичные образы — «источник» и «фонтан», а также называют их общим словом — «водомёт». Ещё один действующий образ, воплощение некой иной силы в первом стихотворении появляется уже в первых строках. Это художник с «опытной рукой». Во втором стихотворении это воплощение судьбы — «длань незримо-роковая».

Интересна игра авторов с мотивами света и тьмы, неба и земли. В первом стихотворении присутствует мотив света (золотой) и мотив тьмы (глубины). Получается, что струя или крик вырывается из тёмной глубины и падает тоже в глубину, но уже в глубину золотой чаши.

Во втором стихотворении нет тьмы, зато очень много света с самого начала: «Фонтан сияющий... пламенеет». А дальше появляется луч («Лучом поднявшись к небу, он // Коснулся высоты заветной...»). *Софья Успенская, 10 кл., ЦО «Пятьдесят седьмая школа», г. Москва.*

Схожи у поэтов и средства изображения. Кузмин явно ориентируется на Тютчева: «чашей золотою» — «фонтан сияющий», «золотится радужной игрою» — «как пламенеет, как дробится его на солнце влажный дым», «грешный крик мой к небу простирался, коснулся неба, радужно распался» — «лучом поднявшись к небу, он коснулся высоты заветной». *Михаил Шапир, 11 кл., ЦО «Пятьдесят седьмая школа», г. Москва.*

Но, конечно, смысл стихотворений к зрительным образам не сводится. Вот как можно сказать о подлинной теме произведений.

Предложенные стихотворения Тютчева и Кузмина схожи между собой не настолько сильно, как кажется на первый взгляд. Одинаковы лишь образы, выбранные поэтами для выражения их чувств, — рвущийся к небу фонтан. Но каждый придаёт этому образу своё значение. Если для Тютчева это страсть познания, стремление души соединиться с высшей силой, то для Кузмина струя бьющей из земли воды — это крик души, рвущийся из глубин сердца, любовная мука. О любовной тематике говорит и выбранная форма сонета, в то время как Тютчев использует два восьмистишия, где в первом создаётся образ мятежного фонтана, а во втором — раскрывается смысл аллегии. Похожий способ толкования использован и Кузминым: только в последних трёхстишиях узнает читатель, с чем связана бьющая струя в понимании поэта. *Анжелика Бородина*.

В обоих случаях использование образа фонтана — способ сказать про нечто другое, нефизическое. Движение вверх, за которым следует падение, материализует для авторов определённый механизм: творчества, мысли. Темы стихотворений, хотя и использующих одинаковый образ, различны. Они могут быть выражены теми немногими абстрактными понятиями, которые есть в каждом стихотворении: у Кузмина это «скорбь», «любовь» и «пение» (т. е. «поэзия»), тогда как Тютчев написал о «смертной мысли» — о вечных попытках диалога с вечностью. *Вероника Файнберг*.

Есть очень разные и при этом очень интересные варианты интерпретации стихотворений; авторы исследуют и особенности стиха, и ритм, и композицию, и лексику, но не останавливаются на перечне терминов, а пробираются к глубинному смыслу.

Каждое стихотворение по содержанию делится на 2 части (поровну у Тютчева и, как позволяет форма сонета, у Кузмина на две неравные по количеству строк). Первая часть посвящена описанию фонтана, во второй изображённый выше механизм приложен к личным переживаниям.

Описания основаны на попытке запечатлеть происходящее в короткий момент времени. Эффект зависит от размера: хорей первого стихотворения на одну стопу длиннее (5 стоп), чем во втором, что придаёт более повествовательное звучание (этому способствуют и повествовательные предложения). Во втором же есть побудительные, два восклицательных, вопросительное — стихотворение более эмоционально.

Фонтан Кузмина «звучнее», чем у Тютчева, расставившего цветовые акценты. И эта «песнь» воды важна для сопряжения со второй частью. Водомёт назван «шумящим», капли — «звучными», а чаша — «поющей».



В стихотворении Тютчева вовсе не упомянуты звуковые впечатления, зато обильно представлены зрительные: «сияющий» фонтан, «пламенеющий» дым, осуждённый «пылью огнецветной ниспасть на землю»; светит солнце. Каждый эпитет связан с огнём, со светом, и даже «влажный дым» поднимается к небу «лучами». У Кузмина же источник появляется «из глубины земли», «из тьмы», а уже вокруг него создана (художником!) «золотая чаша». И струя «золотится радужной игрою», отражая цвет сосуда, не играя на свету. Интересно, что вода, у Кузмина возникнув из земли, ниспадает на землю у Тютчева.

Различия первых частей находят отражение во вторых. Мотив песни у Кузмина связан с осознанием действия вдохновения. Описан «механизм»: скорбное воззвание к небесам будто возвращается к нему песней, поэзией. Последние две строчки — о глубоком осознании себя: стихи не от счастья, а от боли.

Полная визуальных образов первая часть у Тютчева контрастирует со второй, где сказано о «длани незримо-роковой». Больше нет цветного фейерверка, перед «незримой» дланью остаются лишь риторические вопросы. Струи «неистощимого водомёта смертной мысли» постоянно разбиваются об отсутствие ответов и, тем не менее, возвращаются по «непостижимому закону». Здесь много отрицательных приставок («неистощимый», «непостижимый», «незримый»), которые показывают неспособность человека добиться разрешения «вечных вопросов», никогда не оставляющих ум. *Вероника Файнберг.*

Одной из главных тем 1-го стихотворения является тема предназначения «художника», именно он «преображает», направляет природный источник, делает его доступным для всех людей. В этом стихотворении, «спадая» вниз, струя приносит с собой свет и божественную, небесную гармонию, наполняя чашу человеческого знания. Во втором стихотворении «луч» свергается вниз, успев лишь на мгновение прикоснуться к истине. Ему не суждено познать её.

В обоих стихотворениях присутствует божественное начало. В первом стихотворении оно и в «источнике», и в даре художника, поэта. Он призван «петь» людям о смысле жизни, о высшей гармонии, но необходимая цена этому — страдания, лишь «крик» скорби сердца поэта способен наполнять «чудную чашу». Во втором стихотворении это божественное начало присутствует «дланью незримо-роковой», отвергающей постоянные, вечные попытки человека прикоснуться к истине, обрекающей поиск ответов на вечные, «проклятые» вопросы бытия на неудачу. Богом же создан и этот «непостижимый закон» стремления человека к познанию.

Таким образом, обращаясь к образу водомёта, поэты выражают своё мировоззрение, во втором стихотворении звучит роковое, драматическое значение невозможности открытия человеку истины, а в первом — более светлый, но тоже трагический мотив служения искусства и художника людям, возможность обретения людьми высшей гармонии через его страдания. *Екатерина Янковская, 10 кл., Государственная столичная гимназия, г. Москва.*

В обоих стихотворениях фонтан подаётся как нечто необычное, таинственное; что-то, загадку работы чего мы понять не можем: в первом — это результат работы «опытной руки художника», то есть создателя, творца; во втором — и вовсе подчинение «закону непостижимому».

То, что происходит с водой в фонтане, — это преобразование. В первом стихотворении струя «из тьмы» взлетает и падает в чашу, а там как будто сливается с ней: «золотится радужной игрою», отражая золото стенок чаши, а «звучные капли» эхом отдаются в её «таинственном пении». Это превращение передаётся противопоставлением: «из тьмы» — «золотится», — а после — сопоставлением слов: золотая чаша — золотятся капли, «звучных капль толпа» — «чаша таинственно поёт».

Во втором метаморфоза опять передаётся противопоставлением, почти оксюморонными сочетаниями: «влажный дым» «пламенеет», ниспадая с высоты, которой он едва достиг. Вода постоянно («О водомёт неистошимый!») движется в противоположные стороны одновременно. Даже «неистошимость» — явление, в природе, казалось бы, невозможное — как вечная жизнь.

Оба автора отождествляют себя с водой, проходящей это превращение. Но здесь и начинаются различия.

Из тьмы скорби крик возносится к небесам и возвращается оттуда радугой капель, и звенит, ударяясь о стенки чаши. Это преобразование — счастье. «Мне петь велит любви лишь сладкий яд», — читаем мы; любовь сравнивается с тем художником, который сумел преобразить подземный источник в «шумящий водомёт». Точно так же она превращает крик в «радужную игру» — в песнь, её же прославляющую. «В счастья» же — то есть когда ничто не трогает сердца поэта — уста его молчат, как молчал бы источник, текущий под землёй.

Второй поэт говорит нам о «смертной мысли»: из сердца она несётся вверх, но оттуда её свергает «длань незримо-роковая». Преобразование ведёт к смерти: то, что поднималось лучом, падает пылью. *Анастасия Львова, 10 кл., ЦО «Пятьдесят седьмая школа», г. Москва.*

Если в первом стихотворении звон капель при падении сравнивается с голосом поэта, с его стихами, то есть с чем-то светлым, чем-то важным, венчающим, с каким-то результатом, то во втором падение воды — символ усилия, которое ничем не увенчалось, символ мысли, наткнувшейся на преграду и отступившей.

В первом стихотворении струя сравнивается с криком, с сильным болезненным чувством, которое под рукой опытного художника обращается в струю фонтана, в «шумящий водомёт», то есть дикое, первобытное чувство, приходящее из «глубины земли», из самых глубин сердца, под рукой опытного художника — то ли Творца, дающего поэту талант, то ли самого поэта, употребляющего своё мастерство слова, — превращается в фонтан, в волшебную песню. Тут, как и во втором стихотворении, есть мотив борьбы сил природы и человеческого разума, но разрешается он в пользу последнего, разум если не подчиняет себе чувства, то придаёт им форму, извлекает из них что-то новое.

Во втором стихотворении борьба человеческой мысли и сил природы гораздо более очевидна, это — центральная тема, и разрешается она иначе. Струя воды тут сравнивается с мыслью человеческой, с жаждой познания. Однако происхождение этой жажды неясно и, кажется, оно так же глубинно, как происхождение чувства.

Если первое стихотворение разрешается, поток воды «касается неба», то во втором он к небу только рвётся, но не может достичь — мир непознаваем. *Анна Дикова.*

И, наконец, несколько слов об устойчивой форме.

Первое стихотворение — это сонет. Оно состоит из двух катренов и двух терцетов, как и положено сонету. Рифмовка также специфическая: в катренах — опоясывающая внутри, но, кроме того, они рифмуются и между собой, в этих восьми строках вообще использованы только два созвучия — на *-ою* и на *-ёт*.

Если катрены самостоятельны и как бы замкнуты, не связаны жёстко по смыслу, представляют собой законченные предложения, то разбивка на терцеты выглядит странно. По смыслу и рифмовке это как бы не два терцета, а ещё один катрен и две строчки — сонетный замок. Таким образом, формально, по строению, это — итальянский сонет, а по смыслу и рифмовке он распадается на формы, свойственные шекспировскому сонету.

Кроме того, это сонет и по композиции, по тому, как развивается мысль: первые два катрена — пейзаж, описание, третий — собственные переживания, последние две строки — замок, как бы подытоживающий всё сказанное раньше. *Анна Дикова.*

## Задание 4

Главного героя — опытного лётчика Сашу Круга, узнавшего о том, что вся его семья на Украине была убита немцами, одолевает жажда мести и желание встретиться с врагом: «мне крови надо! Чтоб лицом к лицу! В глаза его посмотреть, а потом уж бить и видеть, как он корчится, подыхая».

И вот он добивается невозможного: не зацепив вражеского самолёта, заставляет немецкого лётчика истратить весь запас патронов и топлива и «пустым» сесть на советский аэродром. Кажется, герой добился своего и вот уже бежит с пистолетом за вылезшим из кабины самолёта беззащитным немцем.

Но Саша не станет убивать немца. Очевидно, что «... между двумя этими парнями вполне возможна дружба, несмотря на то что их стороны воюют» (*Дарья Ракова, 6 кл., школа № 16, г. Саров*).

Дальнейшие события в этом рассказе «могут развиваться так: Саша понял, что немец на самом деле просто мальчишка, которого заставили воевать. Немец тем временем опомнился и собрался было уже бежать, но напоследок взглянул на лицо своего врага. Оно уже не было злым, на нём не было выражения ярости. Улыбка, озарившая немца, дала ему понять, что русский не собирается его убивать. Так они стояли там, пока их не обнаружили. Их обнаружили русские и хотели убить немца, но Саша объяснил им свои мысли и все вдруг поняли его. Они хотели верить в лучшее и их надежды оправдались» (*Дарья Поспелова, 7 кл., школа № 33, г. Череповец*).

Справедливо и предположение о том, что «Саша не убьёт немца, а возьмёт его с собой и будет ухаживать за ним» (*Алёна Гаврилина, 9 кл., гимназия № 2, г. Саров*), «главный герой поможет немецкому лётчику, т. к. он даже не испытывает к нему чувства вражды, неприязни. И немец благодарен ему за то, что он, несмотря на столь суровое время, проявил свои человеческие качества, увидел во враге прежде всего не противника, а человека» (*Алина Ватанабэ, 10 кл., гимназия № 2, г. Саров*).

Действительно, до тех пор, пока верховное командование не прибыло на авиационную базу и не отправило немца в лагерь для военнопленных, Саша заботился о немце. Да и Сашины товарищи тоже принимали участие в судьбе Вальтера.

Хотя название рассказа у многих вызвало ассоциацию с произведением Ф. М. Достоевского «Белые ночи», здесь нет ничего общего.

Явно же чувствуется влияние на рассказ Э. Севелы романа Л. Толстого «Война и мир». Ассоциируются с приведённым отрывком сразу несколько эпизодов: «Л. Н. Толстой в романе «Война и мир» описывает сразу несколько встреч. Это встреча после Аустерлица раненого князя Андрея и Наполеона Бонапарта, встреча Пьера в Москве с французскими солдатами и встреча Пети Ростова с французом на поле боя» (*Ирина Исаева, 10 кл., школа № 464, г. Москва*).

Но первое, что приходит на ум, — история, когда Николай Ростов гнался за французским офицером, а догнав, «сам не зная зачем, поднял саблю и ударил ею по французу», и «в то же мгновение, как он сделал это, всё оживление Ростова вдруг исчезло». Ростов взгляделся в лицо врага, которого только что победил: тот, «испуганно шурясь, как будто ожидая всякую секунду нового удара, сморщившись, с выражением ужаса взглянул снизу вверх на Ростова. Лицо его, бледное и забрызганное грязью, белокурое, молодое, с дырочкой на подбородке и светлыми голубыми глазами, было самое не для поля сражения, не вражеское лицо, а самое простое комнатное лицо».

Как Ростов, который, увидав «отвозимых пленных, <...> поскакал за ними, чтобы посмотреть своего француза с дырочкой на подбородке», так и Саша Круг, который взгляделся в юное, беззлобное лицо немца, со своими товарищами интересовался судьбой немца и регулярно навещал его в лагере. Конечно, же, «немецкий лётчик будет благодарен русскому солдату за его сострадание к окружающим людям», что «может подтвердить цитата: „Немец ухватился за эту улыбку, как утопающий за спасательный круг...“» (*Мария Погасян, 11 кл., школа № 19, г. Армавир*).

А известие о гибели Саши оказалось для него равносильным потере смысла существования в лагере. Конечно, можно было заранее предвидеть несчастливый конец: «Наверняка Саша и немец встретятся. У них зародится крепкая дружба, но обе стороны войны узнают об этом и захотят их разъединить. <...> Но смысл будет в их дружбе». (*Анна Мухина, 9 кл., школа № 5, г. Апатиты*). И действительно, вся суть окажется в человеческих отношениях.

Второй эпизод, который можно связать с романом Толстого, — из четвёртого тома, когда «полк, где служил Петя Ростов, взял в плен мальчика-француза. Он <Петя> проявил к нему сострадание, отдал свой сюртук, поесть отнёс, пока никто не видел» (*Анастасия Мариненко, 11 кл., школа № 19, г. Армавир*). Петя Ростов интересуется судьбой пленного французского барабанщика, просит у Денисова разрешения позвать его в избу, дать поесть.

В том же четвёртом томе пленённый Пьер Безухов лицом к лицу встречается с маршалом Даву: «Даву поднял глаза и пристально посмотрел на Пьера. Несколько секунд они смотрели друг на друга, и этот взгляд спас Пьера. В этом взгляде, помимо всех условий войны и суда, между этими двумя людьми установились человеческие отношения. Оба они в эту одну минуту смутно перечувствовали бесчисленное количество вещей и поняли, что они оба дети человечества, что они братья».

В третьем томе можно заметить эпизод с участием Пьера Безухова, когда он, не понимая, что происходит, дерётся с французским солдатом («Я ли взят в плен или он взят в плен мною? — думал каждый из них») и только пролетевшее над головами сцепившихся француза и Пьера ядро заставляет их разбежаться в разные стороны: «... француз побежал назад на батарею, а Пьер под гору, спотыкаясь на убитых и раненых, которые, казалось ему, ловят его за ноги».

Я считаю, что автор вслед за Толстым будет продвигать идею неприятия, неестественности, бессмысленности и бесчеловечности войны, которую великий русский классик донёс нам в «Войне и мире» и в «Севастопольских рассказах» (*Екатерина Тряпицына, 11 кл., гимназия № 1, г. Армавир*).

Возникли у участников конкурса ассоциации и с другими произведениями, и прежде всего с «Капитанской дочкой» А. С. Пушкина. «Ну, зачем Пугачёву было сохранять жизнь Петру Гринёву? Ведь Петруша открыто говорил Пугачёву, что будет всегда верен императрице. Это могло оскорбить Пугачёва. Но в то же время его поразила эта безграничная верность своему государю, смелость, готовность умереть, но не переходить на чужую сторону. Видя все эти качества, Пугачёв начинает испытывать к Гринёву уважение и, может, даже своеобразное чувство отцовской любви. Он благословляет Петра на брак и помогает влюблённым уехать» (*Алина Ватанабэ*).

Вспомнили и роман Виталия Закруткина «Матерь человеческая»: «Главная героиня Мария зашла в дом и решила спуститься в погреб. Страх за себя и за её будущего ребёнка (Мария была беременна) охватил её, и она быстро схватила вилы. Немец был ранен, ему было около пятнадцати лет. Мария занесла вилы над головой немца. Вдруг он произнёс: «Мама». От этого слова всё внутри Марии перевернулось, и она с яростью отбросила вилы в сторону и заплакала. . . » (*Дарья Бахарева, 7 кл., гимназия № 1, г. Армавир*).

В повести Кондратьева «Сашка» «главный герой, его тоже зовут

Сашка, оказывается на передовой. И во время ожесточённого боя захватывает в плен немца, пытавшегося его убить. Злость первых минут сменяется благородными чувствами, в душе у Сашки уже нет ни ненависти, ни обиды. Командование главного героя решает пустить немца «в расход», т. е. убить. Сашка же проникается сочувствием к пленному и уговаривает оставить немца в живых» (*Ирина Исаева, 10 кл., школа № 464, г. Москва*).

Из зарубежной литературы вспоминается роман Эриха-Марии Ремарка «На западном фронте без перемен»: главный герой, прячась в воронке во время вражеской атаки, инстинктивно желая спастись, вонзает нож в горло врагу, упавшему к нему в воронку, а потом, осознав весь ужас убийства («Он первый человек, которого я убил своими руками и который умирает у меня на глазах, по моей вине»), желает помочь раненому, перевязывает его своим платком, приносит ему воды — но раненый умирает на глазах Пауля.

Конечно, список можно продолжить. И нельзя не согласиться, что с помощью таких эпизодов «провозглашается идея всечеловечности» (*Арина Старикова, 10 кл., Женская гуманитарная гимназия, г. Череповец*).

## Задание 5

Евтушенко в данном стихотворении применяет многие приёмы описываемых авторов, и в строки включены косвенные или прямые ссылки на их произведения. *Светлана Чернова, 11 кл., школа № 1350, г. Москва*.

Во всех отрывках Евтушенко использует ритмические размеры, которые использовали поэты, ещё более усиливая сходство. *Владимир Заболотский, 11 кл., лицей № 1535, г. Москва*.

1. **Пушкин.** Здесь присутствует цитата из стихотворения «Пророк». Разумеется, «певучесть» и «раскованную речь» можно с лёгкостью отнести к Пушкину и его поэзии. *Мария Ружейникова, 11 кл., гимназия № 1567, г. Москва*. Слово «пленительный» также из пушкинского лексикона. *Анна Дикова*.

2. **Некрасов.** Отсылки к произведениям «О муза, я у двери гроба!», «Размышления у парадного подъезда», «На Волге», «Железная дорога». *Екатерина Манкевич, 11 кл., Лицей на Донской № 1553, г. Москва*. Поэта (Некрасова) часто обвиняли в простом стиле, грубости, неизящности формы, тем не менее его произведения производит впечатление на читателя, то есть в этом контексте понятны словосочетания «неизящности сила» и «подвиг мучительный». *Алла Волошина*,

10 кл., школа № 870, г. Москва. Первое, о чём стоит сказать, это стихотворный размер, а именно анапест. Некрасов также отдавал анапесту своё предпочтение. . . . Автор характеризует и язык Некрасова, написав: «Дай твоей неизящности силу. . . » Ведь, действительно, у Некрасова особый язык, который не отличается изысканностью. Отражены и идеи Некрасова об особой роли и судьбе России, а также русского народа и поэта («идти, волоча всю Россию. . . »). *Алёна Гурдина, 11 кл., гимназия № 3, г. Пермь.*

3. **Пастернак.** Фамилия подошла по ритму. Кроме того, у него есть стихи «Свеча горела на столе, // Свеча горела. . . »<sup>14</sup>. *Екатерина Манкевич.* Буквально весь этот отрывок построен аналогично стихотворению Пастернака. *Александра Брюхно, 11 кл., гимназия № 2, г. Раменское.* Здесь есть игра слов со «смещеньем», «смущеньем» и «сращеньем», по звучанию похожим на «скрещенье» в стихотворении «Зимняя ночь», «свеча горела» тоже отсюда. *Александр Файер, 10 кл., ЦО «Пятьдесят седьмая школа», г. Москва.* Использование разноstopных строк, приблизительных рифмовок весьма типично и характерно и для Пастернака, и для всей поэзии XX века в целом. . . . Отношение Пастернака к поэзии и деятельности поэта также отражено в строках Евтушенко: «. . . чтоб слово, садом бормоча, // цвело и зрело». Кроме того, последние строки обращают нас к произведению Пастернака «Доктор Живаго», за написание которого он стал лауреатом Нобелевской премии. *Алёна Гурдина.*

4. **Есенин.** Уже первая строка явно отсылает нас к стихотворению «Дай, Джим, на счастье лапу мне»<sup>15</sup>. Размер также совпадает с размером вышеуказанного стихотворения (пятистопный ямб). Более того, у Есенина часто встречаются описания русской природы, «берёзок и лугов». *Мария Ружейникова.*

5. **Маяковский.** Построение строк, характерное для его стихов, использование авторских слов («глыбастость»), создающих грозный и тяжёлый образ, просторечных слов («подонки»), дающих однозначную экспрессивную характеристику, слово «товарищи», характерное обращение советского времени. *Анжелика Бородина, 11 кл., гимназия «Логос», г. Дмитров.* «Глыбастость, буйство, бас» — характерные черты Маяковского как человека и поэта («жилистая громадина», «агитатор-главарь», как он сам себя называл). *Алёна Гурдина.*

---

<sup>14</sup> «Зимняя ночь. Стихотворения Юрия Живаго» — Ред.

<sup>15</sup> «Собаке Качалова» — Ред.



Публикуем лучшие из написанных на турнире стихотворений, в том числе и те, что содержат обращения к поэтам не русским, а зарубежным.

### **Кантемиру**

Кантемире, о пиите русский преславный!  
Видишь, се я ныне как бы узнику равный  
Тут сижу? Пищу я, равно крыса чиновна,  
В юдоли своей скорбной никак не виновна.  
Укрепи же мя, рассудок мой направляя,  
Уму сыскати сия бедному пособляя,  
Путь далёк, ибо девять сестёр босы поклали,  
Дабы скончать... И баллов чтоб больше дали.

*Лев Козлов, 11 кл.,  
школа «Муми-Троль», г. Москва*

### **Ломоносову**

О Ломоносов, коль воспеть дано б мне было  
Сей трепетный волн бег и дневное светило,  
Всевышнего создателя величье  
Могла б в земное передать обличье.  
Но что так жалок, немощен мой дар,  
Что и не смог я, как когда-то встарь,  
Монарха просвещённого восславить,  
Что вольные народы покорит?  
Нет, не воспеть его деяньям оду мне!  
Скажи, зачем в моей душевной глубине  
Не тот огонь всеозаряющий горит.  
Почто безмолвствует и дремлет мой язык?

*Александра Пчелинцева, 11 кл., гимназия № 1513, г. Москва*

## Лермонтову

1. Дай, Лермонтов, Кавказа тишину  
И паруса в дали туманной белизну,  
Чтоб, тучкою летя по белу свету,  
Я не забыл мне дорогое это.

*Лев Левицкий, 7 кл., школа № 1199, г. Москва*

2. Дай, Лермонтов, мне силы жить  
В стране, где всё непримиримо,  
Где всё мне чуждо, нелюбимо,  
Где не могу собой я быть.  
Где кем-то я пытаюсь стать  
Среди своих чужой, искатель,  
Клейма изгоя обладатель,  
Где правду я стремлюсь узнать.  
Мне с одиночеством бороться  
Учиться у тебя усердно.  
Оно ведь всех томит, наверно,  
В борьбе и жить лишь остаётся.

*Яна Цацко, 11 кл., школа № 1213, г. Москва*

3. А Лермонтов руку подаст мне  
В минуту душевной невзгоды,  
Сорвёт в маскараде маски  
С демонов хоровода.  
Окажи, Михаил, услугу,  
Отдай мне пророка тяжесть.  
По дороге брести я буду,  
И звёзды мне будут в радость.

*Елизавета Каменская, 10 кл., Гимназия г. Обнинск*

## Державину

1. Державин, дай мне свой размах,  
Что меди твёрже, выше пирамид,  
Чтоб песнь свою оставил я в веках  
Назло тебе, пророческий графит.

*Вячеслав Балагуров, 10 кл.,  
ЦО «Пятьдесят седьмая школа», г. Москва*

2. Ты не считал себя поэтом,  
Но обращался ты к псалмам,  
Как обратился ты с советом  
К властителям и судиям.  
И пусть глагол времён идёт,  
Царя сменяет раб простой,  
Для всех когда-то час пробьёт, —  
Как в рифме той!

*Мария Ружейникова, 11 кл., гимназия № 1567, г. Москва*

## Фету

Дай мне, Фет, всю яркость красок,  
Чтоб сказать, как солнце встало,  
Всю горячность, смелость плясок,  
Чтоб душа затрепетала.

Дай мне всё, что невозможно,  
Невозможно дать словами.  
Всё, что чувствуем буквально,  
Сможем описать стихами.

*Ирина Малащенко, 11 кл., лицей «Вторая школа», г. Москва*

## Козьме Пруткову

Здравствуй, милый мой, любимый,  
Дорогой Козьма Прутков!  
Дай мне всю твою нескромность,  
Что досталась от богов,  
Дай мне силу Герiona,  
Что ты сам давно просил,  
Дай мне острый ум и слово —  
То, за что ты так любим.

*Наталья Тюлькина, 8 кл., гимназия № 83, г. Ижевск*

### **Заболоцкому**

Колотушка тук-тук-тук,  
Заболоцкий, добрый друг!  
Всё смешалось в ваши строки,  
И летят во все концы  
Птицы, домики, пороки,  
Зодиак и мертвецы. . .  
Тихо в городе Тарусе:  
Плачет девочка Маруся.

*Александра Брюхно, 11 кл., гимназия № 2, г. Раменское*

### **Брюсову**

Ну, а Брюсов пусть даст покрывало. . .

*Ольга Корнеева, 11 класс, гимназия № 1505, г. Москва*

### **Рубцову**

Тем путём от кустика до кустика,  
Той дорогой северной в пыли,  
Сказочными думами «до Устюга»  
Вы, Рубцов, мне очень помогли.  
Помогли уйти в пути далёкие  
По следам давно ушедших душ.  
И, оставив думы все нелёгкие,  
Погрузиться в сказочную глушь.  
Вы меня на творчество направили,  
И за то спасибо вам скажу!  
А сейчас, простите, я откланяюсь,  
Снова к вам на север ухожу.

*Любовь Кабанова, 11 кл., лицей № 1574, г. Москва*

## Мандельштаму

«Мандельштамов — в Сибири, как шапку в рукав!  
Чтобы не говорили. Не сметь!» —  
Закричал, захлебнувшись слюной, Волкодав,  
Доставая кровавую плеть.

«Мандельштамов — в Сибири! Хотел — получи!  
Я не смею тебе отказать!  
Если хочешь — гори, если хочешь — кричи.  
В одиночную камеру. Взять!  
Мандельштамов — в Сибири! Гуляй — не хочю!  
Все жидовские морды — гуляй!»  
— Шевеля кандалами цепочек, пищу.  
Не заткнёшь, но захочешь — стреляй!

*Мария Шумская, 11 кл., гимназия № 15, г. Клин*

## Окуджаве

Молчаливые Вера, Надежда, Любовь —  
Три прекрасные спутницы наших поэтов.  
На глазах у Булата отцовская кровь  
На огромной стене из эпохи Советов.

.....  
Как умел — так и жил. И не более всех  
Говорил о зверином оскале Союза.  
Но помог, успокоил, утешил он тех,  
Кто нуждался. Такою была его муза.  
Медсестра искалеченных, рваных сердец.  
Как у Пушкина, Гоголя, Чехова, Блока,  
Ты достойно несла свой терновый венец,  
Несмотря на превратности рока.

*Мария Шумская, 11 кл., гимназия № 15, г. Клин*

## Пастернаку

Я ходил-бродил во все пределы.  
Смерть, Живаго, на моём пути!  
Излечи болящий дух и тело:  
Помоги мне поле перейти. . .

*Александр Файер, 10 кл.,  
ЦО «Пятьдесят седьмая школа», г. Москва*



## Бродскому

1. Дай, Бродский, силу взойти по лестнице  
На континент, что держится на ковбоях,  
В усталом одиночестве понимание Йейтса  
И вечность мартобря с шумом прибоя.

Дай чувство жизни в мелких осколках  
Метафор, спутывающих извилины в узел,  
Больше времени, сделанного из тонких проволок  
И талант холмов нелюбимой Родины.

*Елизавета Каменская, 10 класс, Гимназия г. Обнинск*

2. Ты был только тем,  
    что я мог угадать в наброске:  
замшелом плаще и оставленной папироске,  
в мятых брюках  
    и в бездонных глазах провидца.

Ты, наверно, старик, но  
    людям хочется зрелищ.  
И в загоне из пепелищ  
    тебя держат — ты не поверишь — люди.  
Ответь!

    Тебе — Иуде, тебе, Йешуа,  
Тебе ли не знать, как раздвинуть небо?

Приезжай, если можешь  
    Ты знаешь, вино и звёзды  
Я у полночи выманю —  
    сядем у склона холма.

А если о том наброске,  
    твоим именем — Бродский  
подписанном — это вымысел.  
    Среди догм разноверцев  
    — одна с перехлёстом волна.

*Александр Числер, 11, ФМЛ № 239, Санкт-Петербург*

## Гумилёву

1. О, Гумилёв, ты странник вечный, страстный,  
Дай мне свою открытость и любовь.  
И тягу к дальним странам, столь прекрасным,  
Затмившим сырость петербургских снов.  
Ты покажи в чужих краях мне сказку,  
И водопой слонов, и стаи пёстрых птиц,  
Чтобы сумела я почувствовать всю ласку  
Твоих жемчужных и искрящихся страниц.

*Диана Воронкова, 9 кл., Брянский городской лицей № 2*

2. Не конквистадор, не жестокий воин,  
Но всё ж герой и гений — Гумилёв...  
О кто звезду преследовать готов?  
Кто называться мастером достоин?

Кто пропастям и бурям вечный брат?  
Чьё имя на века в сердцах и душах?  
Кто нас учил замороженно слушать  
Далёкий отзвук Африки и Чад?

Кто пулю воспевал когда-то в строках,  
Как будто видел начертанье Рока...  
Нет, воин, конквистадор! — и поэт!

Искать свой путь, врага не ненавидеть,  
Мне помоги поверить и увидеть  
Сквозь пропасти и бури звёздный свет.

*Екатерина Федяшкина, 11 класс, школа № 1505, г. Москва*

3. Век безумный, двадцать первый, кем он выдуман и сделан?  
Заглушил зурну и пенье автострады дикий рёв.  
Где найти мне жаркий ветер, честность, сдержанность и смелость?  
Дайте скрипку вашу в руки, я прошу вас, Гумилёв.

Меж садов и бездн пусть ляжет неизвестная дорога...  
Где оазис тот, в котором ныне бродит ваш жираф?  
Дайте старины напевы, моря соль и силу слога.  
Может быть, шестое чувство прорастёт среди диких трав.

*Мария Подрядчикова, 11 кл., лицей № 3, г. Волгоград*



4. Дай мне, Гумилёв, твоё покровительство муз,  
Твои сказки и мифы от финнов и до Востока,  
Где преданья, властность легенд, караванщик — индус,  
Где роса до утра и бывает порой одиноко.

*Кристина Шibaева, 9 кл., школа № 1514, г. Москва*

### **Басе**

Прошу у Басе  
Листок сакуры нежной.  
Скоро октябрь.

*Екатерина Колоскова, 11 кл.,  
православная школа-пансион «Плётское»*

### **Гёте**

Простите, Гёте, вынужден прервать  
Больной наш спор о смысле мироздания.  
Я слишком пьян, чтоб слушать, понимать,  
Почти уж отключил своё сознание.

Я не поэт, не чтец вселенской боли,  
Но мне не чужды ваши размышленья  
О философии, о Боге, страхе, крови  
И Фауста божественном прощенье.

Спасибо за призыв любить и жить  
И Мефистофеля пустить в ослабший разум,  
Чтоб мог я из обрывков мира сшить  
Идею, а не зависть, гнев и праздность.

*Наталья Драненко, 11 кл., школа № 463, г. Москва*

*Задания для конкурса по литературе, ответы и комментарии под-  
готовили:*

Н. А. Шапиро,  
И. К. Чернышева.

# Критерии оценивания и награждения

## 1. Принципы выявления победителей

Действуют две схемы выявления победителей и призёров в многоборье:

— по сумме набранных баллов;

— по полноте выполнения одного задания (кроме заданий № 1 для 9–11 классов и задания № 2 для 8–11 классов).

1.1. Победителями являются те, кто набрал следующую сумму баллов в соответствии с классом, в котором обучается участник:

Класс	Минимальное число баллов для зачёта балла многоборья	Минимальное число баллов для победы в конкурсе по литературе	Максимальное суммарное число баллов для класса
1–4	8	13	49
5	10	15	49
6	12	17	49
7	14	19	49
8	16	21	49
9	18	23	49
10	18	23	30
11	18	23	30

(Задания № 1 и № 2 адресованы только ученикам 9 классов и младше, выполнение этих заданий учащимися 10–11 классов никак не влияет на итоговый результат.)

1.2. Победителями считаются те, кто выполнил любое одно задание (кроме задания № 1 для 9–11 классов и задания № 2 для 8–11 классов) на максимальное количество баллов или «максимум минус один» балл.

Призёрами в многоборье считаются участники, набравшие «максимум минус два» балла (кроме задания № 1 для 9–11 классов и задания № 2 для 8–11 классов).

## 2. Критерии проверки заданий.

Каждое задание оценивается целым неотрицательным числом баллов.

Баллы за каждое задание выставляются по приведённым ниже критериям и складываются из баллов по каждому пункту критериев оценивания. Оценка за каждый пункт может быть максимальной (указанной в таблице) либо меньшей (если задание выполнения лишь частично).

За особенно удачные формулировки ответов, ценные нетривиальные мысли жюри вправе начислить бонусные баллы (из расчёта не более 3 баллов за каждое задание).

Обращаем внимание участников на то, что за ответы без пояснений максимальное число баллов не выставляется. Если жюри находит в работе цитаты из интернета, то участнику выставляется 0 баллов.

**Задание 1. (для 9 класса и младше).** Всего 12 баллов.

№	Формулировка задания	полный балл
1	<i>Две верно названные пары (автор и название произведения).</i>	2
2	<i>Три верно названных героя (Урфин Джюс; Буратино и Папа Карло).</i>	1
3	<i>Сравнение отрывков.</i>	3
4	<i>Трактовка авторского отношения к героям.</i>	2
5	<i>Перечисление легенд, сказок и т. п. об оживших изделиях, изготовленных руками человека. (С указанием авторов и героев этих произведений.)</i>	2
6	<i>Рассказ о похожих историях об оживающих предметах.</i>	2

**Задание 2. (для 9 класса и младше).** Всего 7 баллов.

№	Формулировка задания	полный балл
1	<i>Указание на смешное в стихотворении.</i>	4
2	<i>Обнаружение серьёзного в стихотворении.</i>	3

**Задание 3.** Всего 10 баллов.

№	Формулировка задания	полный балл
1	<i>Какое стихотворение написано Гютчевым? Почему вы так считаете?</i>	2
2	<i>Как можно полнее ответьте, чем похожи эти стихотворения (обратите внимание и на содержание, и на форму) и в чём основные различия между ними.</i>	5
3	<i>Как вы думаете, какое из стихотворений написано в устойчивой форме? (+ название формы)</i>	1
4	<i>Назовите основные признаки сонета.</i>	2

**Задание 4.** Всего 10 баллов.

№	Формулировка задания	полный балл
1	<i>Предположите, как могли бы дальше развиваться события в этом рассказе.</i>	2
2	<i>Назовите загаданное произведение.</i>	1
3	<i>Перечислите конкретные эпизоды из этого произведения, которые напоминают сцену из рассказа Севелы.</i>	2
4	<i>Назовите другие произведения, в которых есть подобные эпизоды.</i>	2
5	<i>Рассмотрите каждый случай отдельно и поясните, зачем писателю могут понадобиться такие повороты сюжета.</i>	3

**Задание 5.** Всего 10 баллов.

№	Формулировка задания	полный балл
1	<i>Каждый верно названный автор (с аргументацией). (Если ответ дан без пояснений, полный балл не начисляется.)</i>	1 × 5
2	<i>Собственное стихотворение — обращение к поэту.</i>	5

## Статистика

Сведения о количестве школьников по классам, получивших грамоту по литературе («v»), получивших балл многоборья («e»), а также общем количестве участников конкурса по литературе (количестве сданных работ).

Класс	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Всего
Всего	0	9	22	72	470	1736	1782	1677	1528	1162	1134	9592
«e»	0	0	1	4	35	99	137	93	111	83	109	672
«v»	0	0	0	1	3	21	27	41	32	31	75	231

Сведения о распределении баллов по заданиям. Указано количество участников, получивших данный балл за данное задание (учтены только задания своего и старших классов).

Баллы	Номера заданий				
	1	2	3	4	5
0	303	772	1124	262	316
1	1208	1858	2335	1317	761
2	1044	2128	1477	1339	727
3	1037	1098	732	857	553
4	790	580	356	525	414
5	576	114	198	331	342
6	416	30	98	163	217
7	272	16	67	83	158
8	144	1	36	54	131
9	87	0	16	24	50
10	53	0	10	10	18
11	17		2	1	4
12	3		0	1	3
13	3		0	0	1
14	0				
15	0				
Всего	5953	6597	6451	4967	3695

# Оглавление

Предисловие . . . . .	3
Конкурс по математике . . . . .	12
Задания . . . . .	12
Решения к заданиям конкурса по математике . . . . .	13
Критерии проверки и награждения . . . . .	19
Статистика . . . . .	20
Конкурс по математическим играм . . . . .	22
Условия игр . . . . .	22
Решения . . . . .	24
Критерии оценивания . . . . .	29
Критерии награждения . . . . .	31
Инструкция проводящим устный конкурс «Математические игры» . . . . .	31
Статистика . . . . .	33
Конкурс по физике . . . . .	36
Задания . . . . .	36
Ответы и решения . . . . .	38
Проверка и награждение . . . . .	53
Статистика . . . . .	55
Конкурс по химии . . . . .	57
Задания . . . . .	57
Решения . . . . .	59
Критерии оценивания и награждения . . . . .	66
Статистика . . . . .	68
Конкурс по истории . . . . .	70
Вопросы и задания . . . . .	70
Ответы, решения и комментарии . . . . .	74
Ты первый обогнул меня. . . (текст с ошибками) . . . . .	79
Хитрый старый Фриц (текст с ошибками) . . . . .	83
Аналитический обзор . . . . .	87
Критерии проверки и награждения . . . . .	93
Статистика . . . . .	94

Конкурс по биологии . . . . .	96
Задания . . . . .	96
Ответы и комментарии . . . . .	98
Критерии проверки и награждения . . . . .	108
Статистика . . . . .	113
Конкурс по лингвистике . . . . .	117
Задачи . . . . .	117
Решения задач конкурса по лингвистике . . . . .	119
Критерии оценивания . . . . .	123
Критерии подведения итогов . . . . .	125
Статистика . . . . .	128
Конкурс по астрономии и наукам о Земле . . . . .	129
Задания . . . . .	129
Ответы и комментарии к заданиям . . . . .	131
Задание 1 . . . . .	131
Задание 2 . . . . .	138
Задание 3 . . . . .	144
Задание 4 . . . . .	148
Задание 5 . . . . .	155
Задание 6 . . . . .	162
Задание 7 . . . . .	165
Критерии проверки и награждения . . . . .	179
Статистика . . . . .	184
Конкурс по литературе . . . . .	188
Задания . . . . .	188
Ответы и комментарии . . . . .	193
Задание 1 . . . . .	193
Задание 2 . . . . .	196
Задание 3 . . . . .	198
Задание 4 . . . . .	204
Задание 5 . . . . .	207
Критерии оценивания и награждения . . . . .	218
Статистика . . . . .	220

35-й Турнир имени М. В. Ломоносова 29 сентября 2012 года.  
Задания. Решения. Комментарии.

ISBN 978-5-4439-0315-6

Ответственный за выпуск А. К. Кулыгин.

Корректор О. А. Васильева.

Автор иллюстрации на обложке Т. А. Карпова. Рисунок составлен по мотивам заданий по астрономии и наукам о Земле (№ 1, № 4), литературе (№ 1), биологии (№ 6).

Иллюстрации в тексте: А. К. Кулыгин, Г. А. Мерзон.

Подписано к печати 21.11.2013.

Формат 60×90 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Печать офсетная. Объём 14 печ. л.

Заказ . Тираж 5000 экз.

Издательство Московского центра непрерывного математического образования.

119002, Москва, Большой Власьевский переулок, дом 11.

Тел. (499)241-05-00, (499)241-12-37, (499)241-72-85.

Отпечатано в ОАО «Первая Образцовая типография»,

филиал «Дом печати — ВЯТКА»

в полном соответствии с качеством предоставленных оригиналов.

610033, г. Киров, ул. Московская, 122. Факс (8332)53-53-80, (8332)62-10-36.

<http://www.gipp.kirov.ru>

e-mail: [order@gipp.kirov.ru](mailto:order@gipp.kirov.ru)



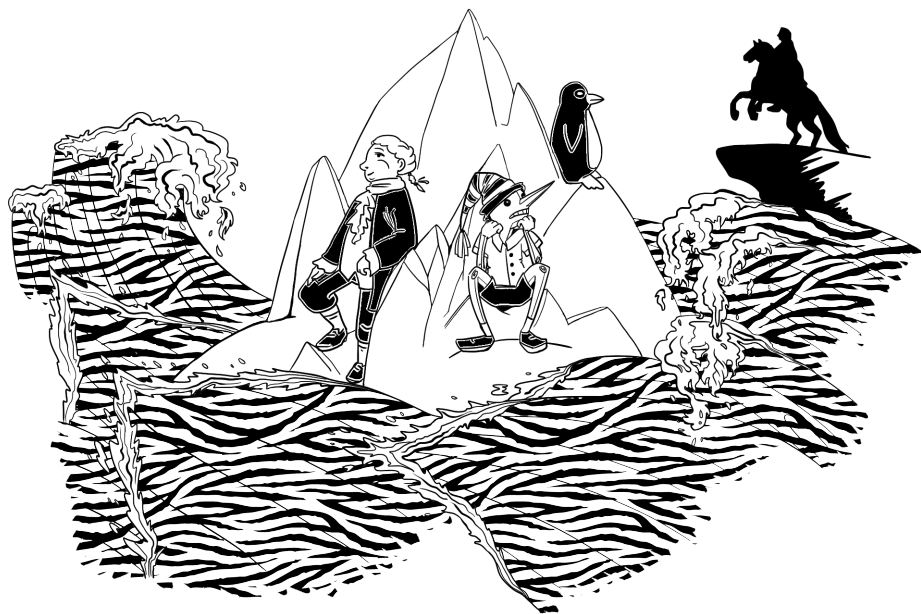
ISBN 978-5-4439-0315-6



9 785443 903156 >

# XXXV Турнир

имени М. В. Ломоносова



29 сентября 2012 года

Задания. Решения. Комментарии