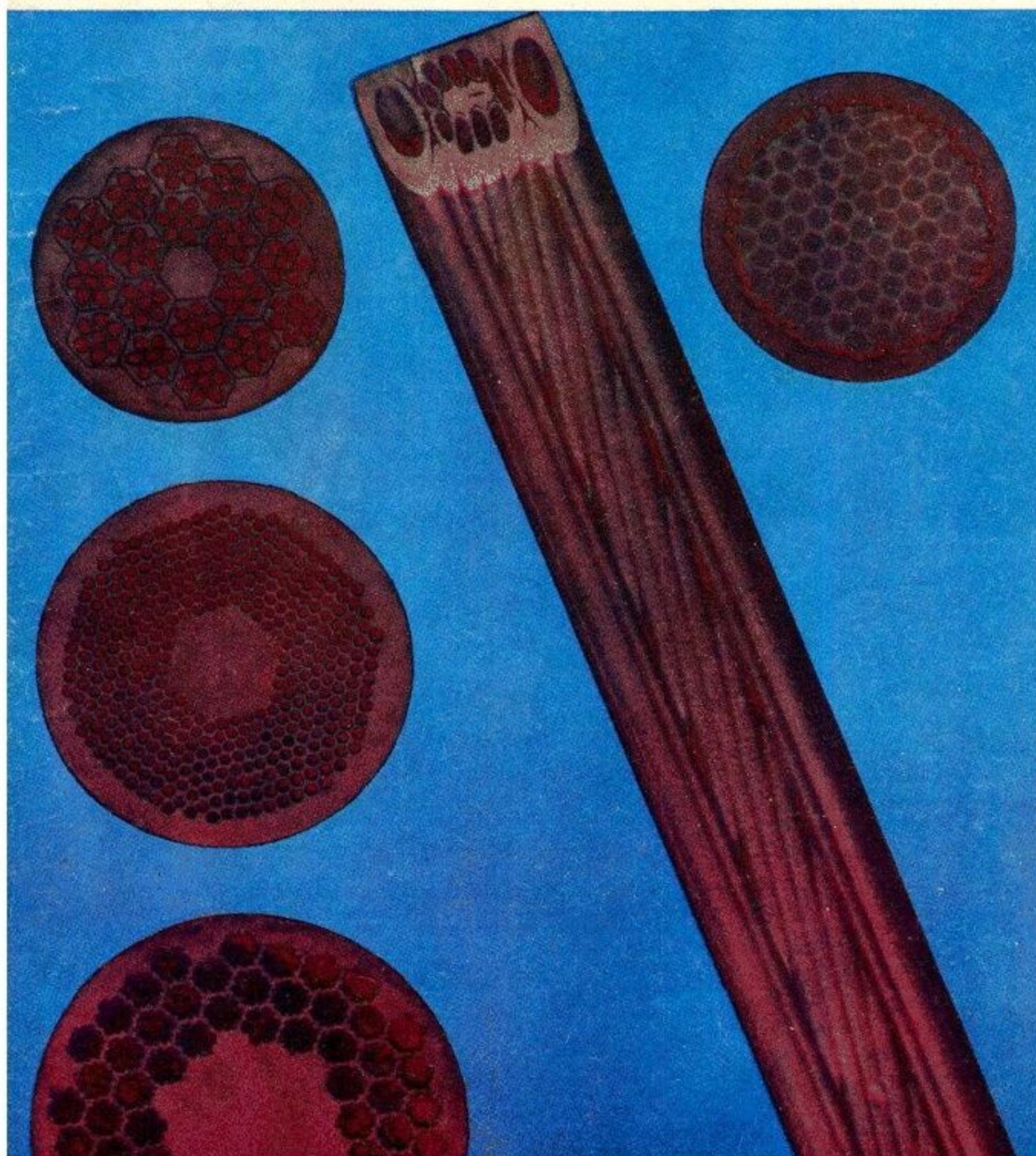


# реаним

9  
1982

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ  
АКАДЕМИИ НАУК СССР И АКАДЕМИИ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ НАУК СССР





# квант 9

1982

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ  
АКАДЕМИИ НАУК СССР И АКАДЕМИИ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ НАУК СССР

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА» ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ



## В НОМЕРЕ: IN THIS ISSUE:

С новым учебным годом! 2 Good luck in the new school year!

Народное образование в СССР 3 Public education in the USSR

Ю. Осипов. Гравитационный захват 4 Yu. Osipov. Gravitational capture

А. Стасенко. Летать быстрее и дальше 12 A. Stasenko. To fly faster and further

А. Буздин, В. Тугушев. Как создавалась физика низких температур 19 A. Buzdin, V. Tugushev. How low temperature physics were created

Б. Явелов. Лун де Броиль 28 B. Yavelov. Louis de Broglie

### Математический кружок Mathematics circle

И. Камышко. Поле Дирак и задача о трех рыбаках 30 I. Kamyshko. Paul Dirac and the three fishermen story

### Задачник «Кванта» Kvant's problems

Премии «Кванта» 32 Kvant's prizewinners

Задачи М761—М765; Ф773—Ф777 33 Problems M761—M765; P773—P777

Решения задач М731—М738; Ф743—Ф747 36 Solutions M731—M738; P743—P747

Список читателей, приславших правильные решения 47 List of readers who have sent correct solutions

### «Квант» для младших школьников Kvant for younger school children

Задачи 49 Problems

В. Нахшин. Понятие определения и определение понятий 50 V. Nakhshin. The notion of definition and the definition of notions

### Практикум абитуриента College applicant's section

Г. Левитас. Используя графики 54 G. Levitas. Using graphs

### Информация Information

Е. Юносов. IV Московский турнир юных физиков 57 E. Yunosov. The IVth Moscow young physicist competition

Ответы, указания, решения 62 Answers, hints, solution

Рецензии, библиография (29)

Book reviews (29)

Смесь (18, 46, 61)

Miscellaneous (18, 46, 61)

Шахматная страница

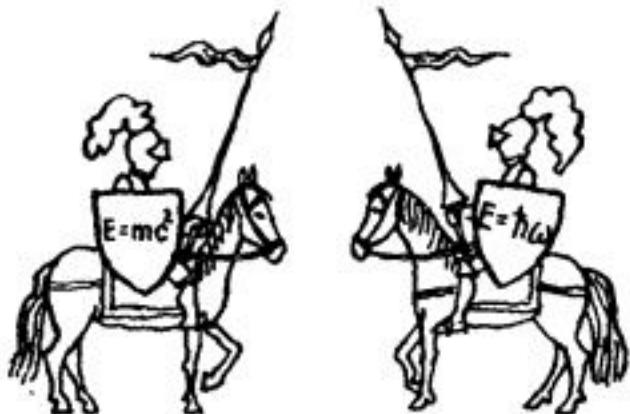
The chess page

Как выигрывать проигрывая (3-я с. обложки)

How to win when losing (3rd cover page)

На первой странице обложки изображены в натуральную величину сверхпроводящие кабели, используемые в крупных сверхпроводящих системах. В сечении видны тонкие нити сверхпроводника, окруженные металлом с высокой электропроводностью.

Об открытии сверхпроводимости читайте в статье А. Буздина и В. Тугушева «Как создавалась физика низких температур».



## IV Московский турнир юных физиков

*Загадок больше на земле, Гораций,  
Чем изощренный ум придумать может.*

*В. Шекспир «Гамлет»*

IV Московский Туриер был проведен физическим факультетом МГУ с 23 декабря 1981 г. по 4 апреля 1982 г. Оргкомитет Туриера возглавлял вице-президент АН СССР, академик Е. П. Велихов, жюри — профессор физического факультета МГУ В. Л. Бонч-Бруевич. 32 школы Москвы и Московской области приняли участие в этом своеобразном соревновании старшеклассников.

Мы расскажем, как проходил Туриер, и приведем полный текст заданий, предложенных на конкурсах. Эти задания вы можете использовать при организации в школе викторин, вечеров занимательной науки, туриров юных физиков.

Как обычно, Туриер проводился в три этапа.

I тур — заочный конкурс. Школам для коллективного решения предлагались 17 задач на срок два месяца. По результатам этого конкурса ко II туру были допущены команды 15-ти школ. Коллективный характер этого тура дал возможность участвовать в конкурсе всем желающим — каждый учащийся мог способствовать успеху своей школы.

Для примера расскажем, как решали задачу «Автобус» десятиклассники школы № 179. Для исследования тряски в автобусе они сделали переносную установку, преобразующую механические толчки в электрические импульсы, пропорциональные амплитуде встряхиваний. Эти импульсы записывались на магнитофон.

На такой установке в автобусе кольцевого маршрута ребята в течение двух часов

записывали встряхивания в шести точках автобуса от ближайшей до самой удаленной от водителя. Обработка полученных данных показала, что действительно на заднем сидении трясет больше, чем на переднем. Это явление было разумно объяснено и обосновано количественными результатами эксперимента.

II тур — отборочные физбони, которые определили финалистов Туриера. Ими стали команды московской школы № 179, ФМШ № 18 при МГУ и школы № 842 (г. Зеленоград).

III тур (финал) проходил на физическом факультете МГУ. В его программу входили: физбони команд — финалистов Туриера, конкурс капитанов и конкурс болельщиков.

Живо, интересно, с большой пользой для всех участников проходили эти коллективные состязания юных физиков в умении решать сложные задачи, убедительно излагать свои решения, полемизировать. На физбони команды по очереди выступали в роли докладчиков, оппонентов и рецензентов. Докладчики излагали суть решения задач (предложенных командам заранее), оппоненты высказывали свои критические замечания, пытались найти ошибки в рассуждениях докладчиков, рецензенты оценивали дискуссии докладчик — оппонент, представители жюри комментировали их выступления и подводили итоги.

После подведения итогов финала состоялось торжественное закрытие IV Туриера юных физиков. Переходящий приз (магазин сопротивлений из лаборатории выдающегося русского физика Н. А. Умова) за победу в Туриере был вручен команде ФМШ № 18 при МГУ. Физический факультет МГУ наградил школы, команды которых показали высокие результаты в этом состязании, ценностями физическими приборами.

В заключительном слове профессор В. Л. Бонч-Бруевич выразил глубокую признательность учителям, воспитавшим в своих учениках любовь к знаниям, и пожелал всем юным участникам Туриера сохранить и развивать тот интерес к науке, который они проявили в этом состязании\*).

### Задачи заочного коллективного конкурса

Условия задач сформулированы максимально кратко. Необходимые дополнительные данные и оговорки следует вводить, опираясь на здравый смысл.

1. «Галактика». Астроном исследует спектр излучения некоторой галактики, которая видна «с ребра». Щель спектрографа установлена вдоль ребра галактики. Оказалось, что спектральные линии имеют форму наклон-

\* V Туриер юных физиков для школ Москвы и Московской области начнется 5 декабря 1982 г. Ваши вопросы по организации таких соревнований, предложения и заявки на участие в ТЮФ-5 присылайте по адресу: 117234, Москва, МГУ, физический факультет, Совет по работе со школьниками, Оргкомитет ТЮФ.



Участники конкурса капитанов пытаются зарядить электроскоп ровно на 2 деления.



Теория задачи «Газ»...



...опровергается экспериментом.

Фото В. Александрова

ных прямых. Как с помощью этого спектра определить массу галактики? Что можно сказать о распределении массы в галактике?

2. «Венера». В какой фазе Венера выглядит наиболее яркой для Земного наблюдателя?

3. «Капилляр». Предложите способы измерения диаметра капилляра, представляющего собой сужение в средней части длинной толстостенной стеклянной трубки. Диаметр трубки 3 мм, длина трубки 3 см, диаметр капилляра порядка 1 мкм, длина капилляра порядка 1 мм.

4. «Капля». Две расплавленные капли олова и цинка, медленно остывая, застыли. Оказалось, что при этом оловянная капля имеет шарообразную форму, а у цинковой просматриваются плоские грани. Как это объяснить?

5. «Испарение». Определите экспериментально интенсивность испарения (в кг/с) воды из наполовину заполненного цилиндрического сосуда (стакана). Произведите численные оценки с учетом влажности воздуха в помещении. Рассмотрите следующие случаи:

а) Сосуд открыт.

б) Сосуд накрыт фольгой, в которой сделано круглое отверстие площади 20% от площади сечения сосуда.

в) Сосуд накрыт фольгой, в которой сделано множество хаотически расположенных отверстий диаметром порядка 100 мкм. Суммарная площадь отверстий составляет 10% от площади сечения сосуда.

6. «Шерсть». Шерстяная нить сплетена из множества отдельных ворсинок. Исследуйте прочность такой нити на разрыв в зависимости от ее длины. Объясните результаты эксперимента.

7. «Придумай сам». Самостоятельно сформулируйте физическую задачу-проблему и решите ее.

Примерный список тем.

«Антистатик». В чем принцип действия антистатика, который в последнее время широко используется в быту?

«Центр тяжести». Есть мнение, что длинная однородная балка, лежащая на земле, имеет два центра тяжести. Внесите ясность в этот вопрос.

**«Парашют».** Можно ли в качестве парашюта использовать длинную полосу легкой и прочной материи?

**«Кирпич».** Как наиболее эффективно сушить влажные кирпичи?

**«Чай».** Почему пятно от высохшей на стекле капли чая имеет резко очерченную границу?

**«ЛЭП».** Почему так неэкономно (с большим провисом) разведены провода линии электропередачи?

**«Тигр и клетка».** Используя стробоскопические методы, можно нарисованного тигра посадить в нарисованную клетку. Как это сделать?

**«Температура».** В безветреную погоду вы измерили температуру воздуха термометром ( $t = 23^\circ\text{C}$ ). Затем вы сели на велосипед и поехали со скоростью 10 м/с. Что теперь покажет термометр? Что покажет тот же термометр, помещенный в пучок молекул, летящих в одном направлении с одинаковыми скоростями?

**«Целлофан».** Если между двумя скрещенными поляризаторами поместить скомканный кусочек целлофана, то он предстанет в виде красочного разноцветного «кристалла». Предложите интересные опыты с поляризованным светом.

**8. «Супербол».** Супербол (мячик из плотной резины диаметром около 5 см) падает с высоты 30 см на горизонтальную поверхность гладкой стальной плиты. Сколько произойдет ударов? Какова длительность одного удара? Сколько времени будет «скакать» супербол? Считать, что при каждом отскоке в тепло переходит 20% кинетической энергии супербола.

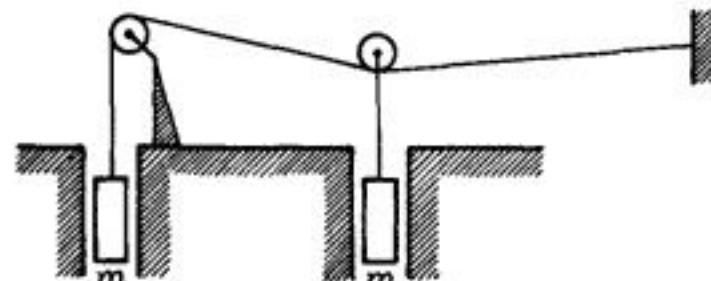
**9. «Удар».** Два одинаковых упругих кубика лежат вплотную друг к другу на гладком столе. Как они отскочат после лобового удара гладкого упругого шарика такой же массы? Рассмотрите следующие случаи:

а) Границы кубиков сухие.

б) Соприкасающиеся грани кубиков смочены водой.

в) Те же грани смочены машинным маслом.

**10. «Период».** Определить период малых колебаний в следующей системе:



Трения нет, блоки невесомы, нить нерастяжима и невесома, массы грузов  $m$ .

**11. «Автобус».** Известно, что в автобусе «трясет» больше на заднем сиденье, чем на переднем. Почему?

**12. «Трение».** Большой диск вращается в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси с постоянной угловой скоростью  $\omega$ . На его горизонтальную поверхность опускают маленький диск, способный вращаться вокруг неподвижной вертикальной оси, смешенной относительно оси большого диска. Через некото-

рое время за счет трения малый диск тоже будет вращатьсяся. Какова установившаяся скорость малого диска? Рассмотрите следующие случаи:

а) Малый диск не выступает за края большого диска.

б) Малый диск выступает за края большого диска.

**13. «Сахар».** В пачках быстрорастворимого сахара часто встречаются слипшиеся по большой грани «столбики» из 2–4 кусочков. Если коснуться поверхности горячего чая концом такого столбика (большой грани крупного кусочка), то нижний кусочек быстро отделяется от столбика, не успев намокнуть. Если же коснуться поверхности чая боковой грани столбика (малыми гранями кусочков), то разделение происходит через значительно большее время, только после достаточно сильного размокания кусочков. Исследовать и объяснить это явление.

**14. «Кубик».** Однородный кубик плавает на поверхности воды. При каких значениях плотности кубика его верхняя грань горизонтальна?

**15. «Наушник».** Если к клеммам головного наушника присоединить достаточно длинные (метровые) куски свободного провода, то наушник «заговорит» (правда, не всегда). Какую радиопередачу вы вероятнее всего услышите? Объясните это явление.

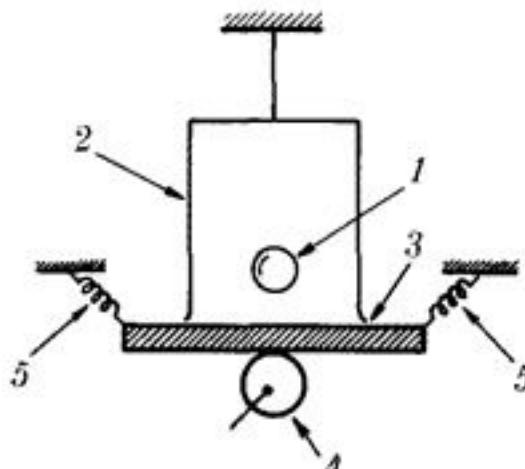
**16. «Поле».** В однородном магнитном поле  $B = 0,5 \text{ Тл}$ , линии индукции которого горизонтальны, вблизи поверхности Земли падает ребром вниз однородный медный диск. Плоскость диска параллельна линиям индукции магнитного поля. Диаметр диска 3 см, толщина диска 3 мм. Оценить ускорение диска без учета сопротивления воздуха.

**17. «Кит».** Как определить объем кита, плавающего у берегов Гренландии?

#### Задачи финального физбоя

На решение этих задач с представлением отчетов в жюри Турнира командам был дан 1 час времени.

**1. «Супербол».** Плита совершает колебания с амплитудой  $A$  и частотой  $v$ . Определить, на какую максимальную высоту  $h$  может подскочить супербол.



1. Супербол;

2. Стеклянный цилиндр (экран);

3. Текстолитовая плита;

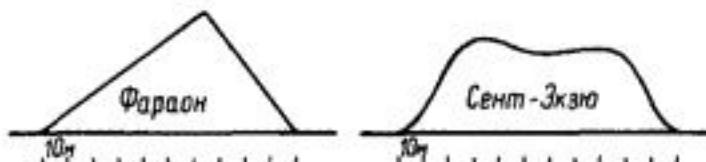
4. Мотор с эксцентриком;

5. Пружины подвеса.

Оценить, через какое время  $t$  от начала про-

цесса можно ожидать, что супербол подскочит на высоту  $0,99h$ , если  $A=1$  мм,  $v=50$  Гц, при каждом отскоке 20% кинетической энергии супербала в системе отсчета, связанной с плитой, переходит в тепло.

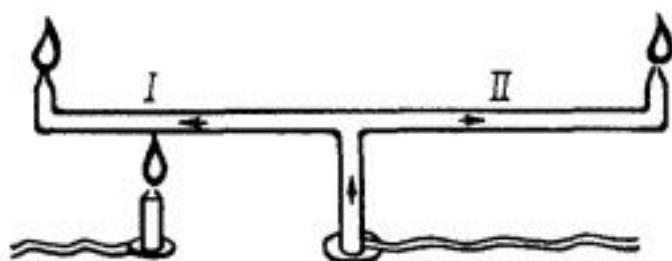
2. «Горка». Длинный поезд ( $L=500$  м) движется по инерции без трения по горизонтальному участку железной дороги и наезжает на горку типа



а) Фараон; б) Сент-Экю.

При какой минимальной скорости  $v$  поезд перекатится через горку? Считать, что колеса поезда не отрываются от рельсов.

3. «Газ». Газ подается в середину медной трубки диаметром 1 мм и расходится по двум коленам длины 30 см каждое, заканчивающимся горелками



При нагревании одного колена отдельной горелкой размеры факелов заметно изменяются. Объяснить это явление. Определить изменение расхода газа в колене I при нагревании его на  $600^{\circ}\text{C}$ . Все необходимые данные найти в справочнике.

4. «Шар». Определить время падения резинового надувного шара (диаметр  $d=0,65$  м, масса оболочки  $m=120$  г) с балкона физической аудитории МГУ (высота  $H=8,6$  м). (Для предварительных экспериментов давались резиновые шары меньших размеров, но на балкон участников не пускали.)

5. «Ртуть». На часовое стекло в слабый (5%) раствор азотной кислоты быстро вливают ртуть в виде 20—30 мелких капелек диаметром порядка 1 мм. Капельки сливаются друг с другом. Определить экспериментально закон изменения числа капелек ртути с течением времени. Дать теоретическое обоснование. (Участникам давалась серия фотографий, сделанных с интервалом в 1 секунду; читатели могут поставить эксперимент в школе.)

#### Задания конкурса капитанов

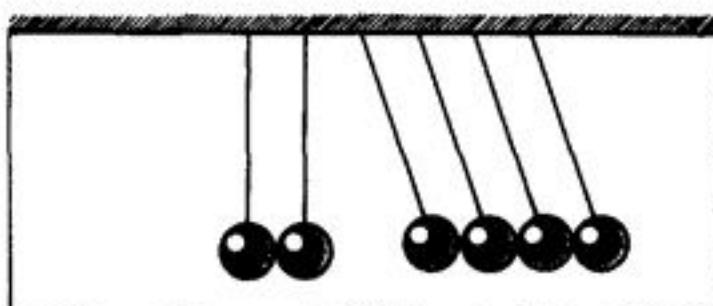
Капитаны выполняли задания с двумя помощниками. Время на обдумывание каждого задания — 3 минуты.

1. «Шутка». Радий тяжелее олова? (на этот вопрос предлагалось дать шуточный ответ.)

2. «Дерево». Определить массу и плотность деревянного цилиндра (диаметр основания около 20 мм, высота около 10 мм). Даны:

деревянный цилиндр, мензурка 100 мл, колба с водой 500 мл, штангенциркуль.

3. «Шары». На нитях подряд подвешены 6 шаров. 4 отклонили, затем отпустили.



Что будет после удара?

4. «Микроскоп». Можно ли и как сделать телескоп из микроскопа?

5. «Телескоп». Чем плох телескоп, сделанный из микроскопа?

6. «Электроскоп». Зарядить электроскоп так, чтобы стрелка отклонилась ровно на два деления. Даны: электроскоп, эbonитовая палочка, кусочек кроличьей шкурки.

7. «Дифракционная решетка». Почему дифракционные максимумы разных порядков имеют разную интенсивность?

8. «Атом». Оцените диаметр возбужденного атома водорода ( $n=100$ ).

#### Задания конкурса болельщиков

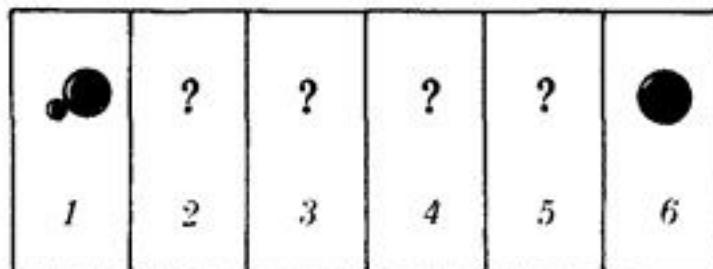
На выполнение заданий конкурса было отведено 50 минут. Болельщики присыпали ответы в пользу одной из команд — финалистов Турнира. (Симпатии болельщиков склонились в пользу команды школы № 842.)

1. «Горы». Как объяснить названия «Фараон» и «Сент-Экю» в задаче «Горка»?

2. «Пинг-понг». Определить время падения с балкона аудитории шарика для пинг-понга ( $m=2,5$  г,  $d=37,5$  мм,  $H=8,6$  м).

3. «Слияние». На часовом стекле рядом лежат 2 капли ртути.

Нарисовать 4 промежуточные стадии слияния капелек ртути



4. «Кислота». Почему опыт по слиянию капелек ртути производят в слабом растворе азотной кислоты?

5. «Ртуть». Какова будет толщина слоя ртути, вылитой на горизонтальную поверхность стеклянной пластины? Масса ртути более 100 г.

6. «Приз». Что означает надпись

$$1 \text{ Ohm} = 106,3 \frac{\text{cm}}{\text{mm}^2} \text{ Hg } 0^{\circ}\text{C}$$

на переходящем призе Турнира?

Зам. председателя оргкомитета Турнира

E. Юносов

## «Квант» улыбается

Как определить объем кита, плавающего у берегов Гренландии?

Такая задача была предложена командам школьников на IV Московском турнире юных физиков. Команда школы № 91 представила 91 решение. Часть из них мы предлагаем вниманию читателей.

Во всех решениях плотность кита принимается равной плотности воды, откуда

$$V_{\text{кита}} = M_{\text{кита}} / \rho_{\text{H}_2\text{O}}.$$

### «Ателье»

Надо заказать КИТУ костюм. Тогда в мастерской КИТА безусловно как следует измерят.

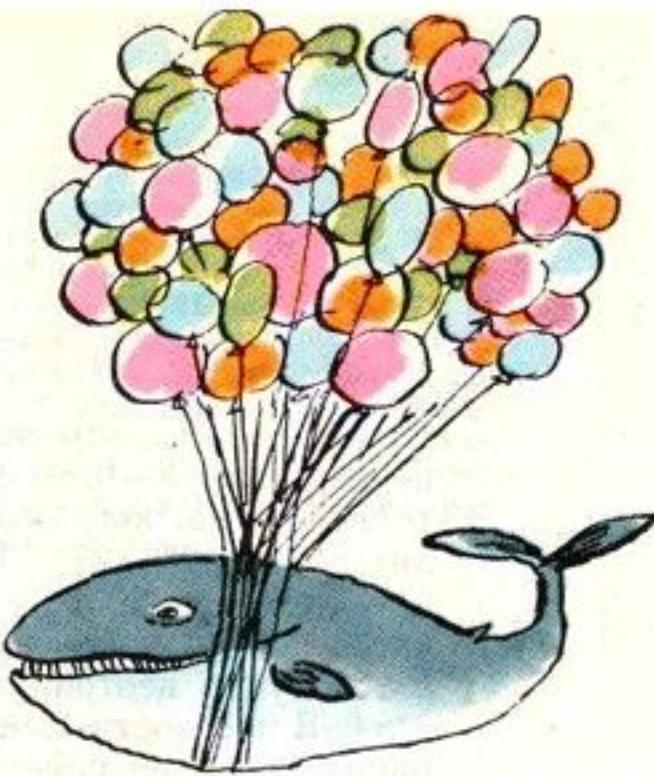


### «Пружина»

Берем пружину заданной жесткости  $k$ . Прикрепляем к ней КИТА. Измеряем период колебаний  $T$ . Тогда масса КИТА равна

$$M_{\text{кита}} = \frac{T^2 k}{4\pi^2}.$$

Отсюда находим и его объем.



### «Воздушные шарки»

Возьмем много воздушных шариков одинаковой подъемной силы  $F$ . Будем их прикреплять к КИТУ один за другим. При некотором числе  $n$  шариков КИТ начнет взлетать. Отсюда найдем силу тяжести, действующую на КИТА:  $P_{\text{кита}} = nF$ , а потом — его объем.



### «Подсадная утка»

В Доме игрушки закупается надувной игрушечный КИТ. Он надувается, при этом изменяется его объем. Затем он доставляется к берегам Гренландии и отпускается плавать. Так как в условии задачи не оговорено, какой именно КИТ имеется в виду, то этот КИТ удовлетворяет условию. Объем его известен заранее.



### «Масштабы»

В задаче № 1 (см. с. 57) требовалось измерить параметры галактики. После этого легко видеть, что объемом КИТА по сравнению с объемом галактики можно пренебречь.

### «Луна»

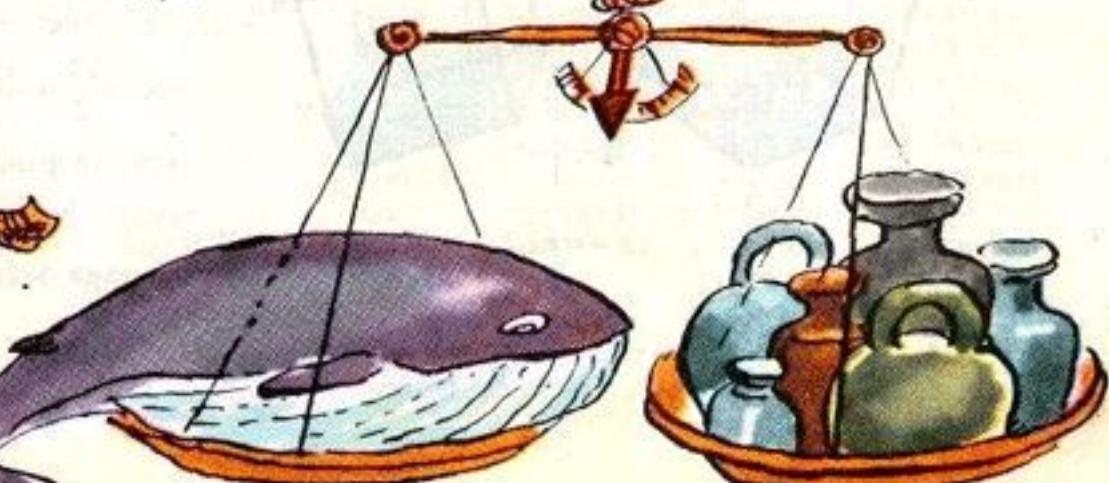
КИТ, как всякое тело, обладающее массой, действует на Луну с силой

$$F = \gamma \frac{M_{\text{кита}} \cdot M_{\text{Луны}}}{R^2},$$

где  $R$  — расстояние от КИТА до Луны (известно). Остается измерить силу  $F$  по изменению орбиты Луны под действием КИТА.

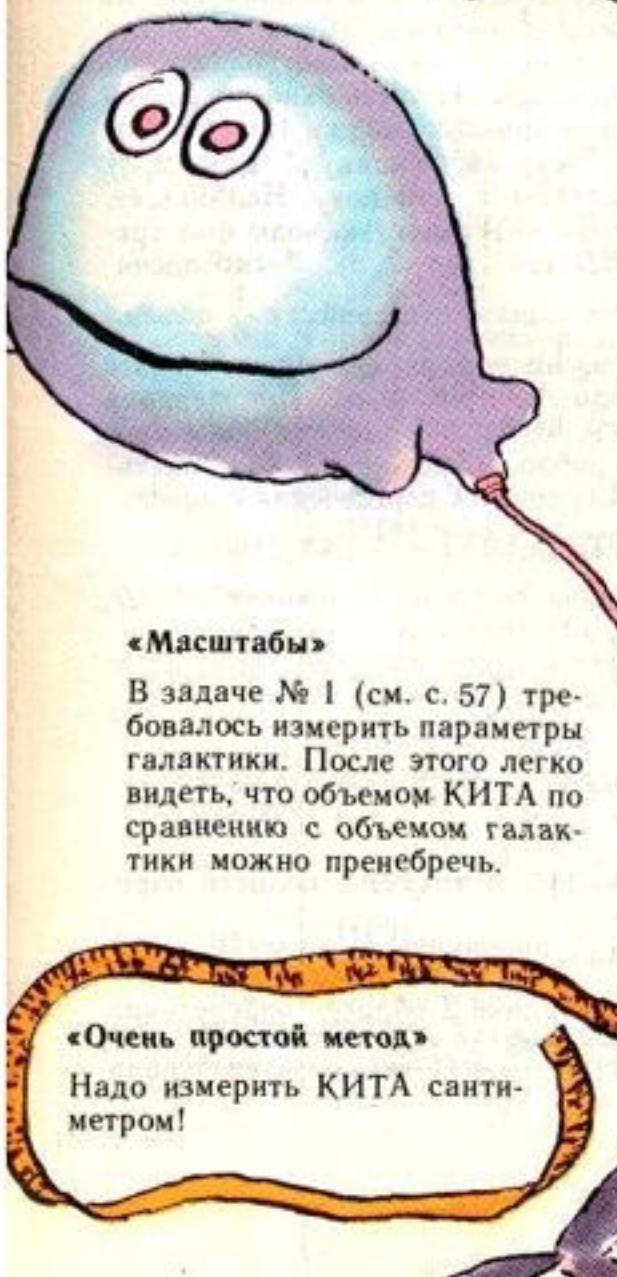
### «Гениально простой метод»

КИТА нужно взвесить. Положить на весы и ВЗВЕСИТЬ! Потом запросто находится его объем.

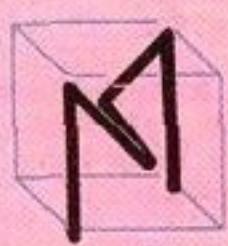


### «Очень простой метод»

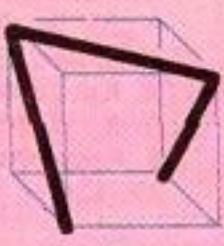
Надо измерить КИТА сантиметром!



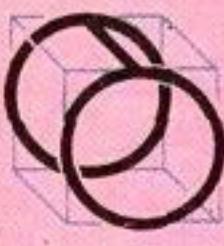
**Четвертая страница обложки**  
(см. «Квант» № 7)  
Ответы показаны на рисунках.



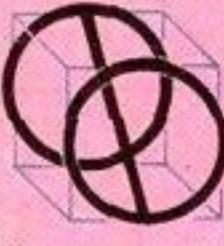
1



2



3



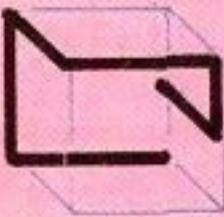
4



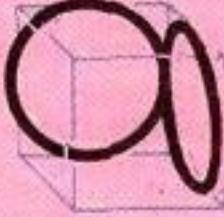
5



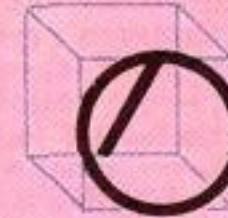
6



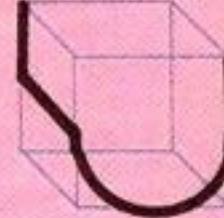
7



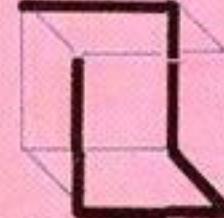
8



9



10



11



12

**Главный редактор — академик И. К. Кикоин**

**Первый заместитель главного редактора — академик А. Н. Колмогоров**

**Заместители главного редактора: М. Н. Данилычева, В. А. Лешковцев, Ю. П. Соловьев**

**Редакционная коллегия: Л. Г. Асламазов, М. И. Башмаков, В. Е. Белонучкин, В. Г. Болтянский, А. А. Боровой, Ю. М. Брук, В. В. Вавилов, Н. Б. Васильев, С. М. Воронин, Б. В. Гнеденко, В. Л. Гутенмахер, Н. П. Долбилин, В. Н. Дубровский, А. Н. Земляков, А. Р. Зильберман, А. И. Климанов, С. М. Козел, С. С. Кротов, Л. Д. Кудрявцев, А. А. Михайлов, Е. М. Никишин, С. П. Новиков, М. К. Потапов, В. Г. Разумовский, Н. А. Родина, Н. Х. Розов, А. П. Савин, Я. А. Смородинский, А. Б. Сосинский, В. М. Уроев, В. А. Фабрикант**

**Редакционный совет: А. М. Балдин, С. Т. Беляев, Б. Б. Буховцев, Е. П. Велихов, И. Я. Верченко, Б. В. Воздвиженский, Г. В. Дорофеев, Н. А. Ермолаева, А. П. Ершов, Ю. Б. Иванов, Л. В. Канторович, П. Л. Капица, В. А. Кириллин, Г. Л. Коткин, Р. Н. Кузьмин, А. А. Логунов, В. В. Можаев, В. А. Орлов, Н. А. Патрикеева, А. В. Перышкин, Р. З. Сагдеев, С. Л. Соболев, А. Л. Стасенко, И. К. Сурин, Е. Л. Сурков, Л. Д. Фадеев, В. В. Фирсов, Г. Н. Яковлев**

**Номер подготовили:**

А. Виленкин, В. Дубровский, А. Егоров, И. Клумова, Т. Петрова, А. Сосинский, В. Тихомирова, Ю. Шиханович

**Номер оформили:**

Л. Денисенко, М. Дубах, Г. Красников, Н. Кузьмина, С. Лухин, Э. Назаров, И. Смирнова

**Заведующая редакцией Л. Чернова**

**Художественный редактор Т. Макарова**

**Корректор Н. Дорохова**

103006, Москва, К-6, ул. Горького, 32/Л,  
**«Квант», тел. 250-31-73**

Сдано в набор 17.7.82. Подписано в печать 26.8.82

Печать офсетная

Бумага 70×1081/16. Физ. печ. л. 4

Усл. печ. л. 5,60 Уч.-изд. л. 6,91 Т-16733

Цена 40 коп. Заказ 1798 Тираж 175 634 экз.

**Ордена Трудового Красного Знамени**

**Чеховский полиграфический комбинат**

**ВО «Союзполиграфпром»**

**Государственного комитета СССР**

**по делам издательства, полиграфии**

**и книжной торговли**

**г. Чехов Московской области**