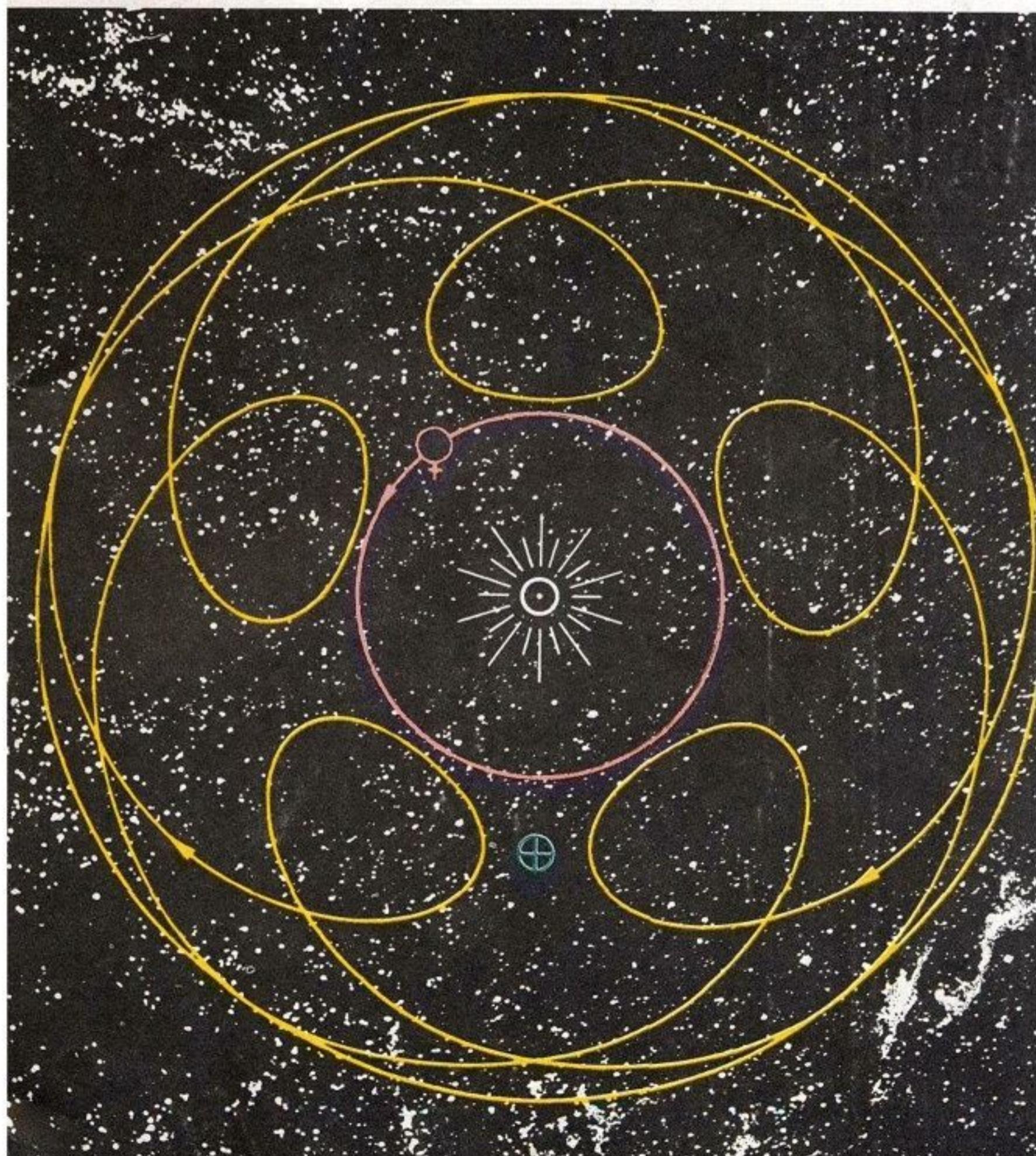


# Всемирный

12  
1983

Научно-популярный физико-математический журнал  
Академии наук СССР и Академии педагогических наук СССР





Издательство «Наука». Главная редакция физико-математической литературы

ОГРКОМПАТЕТ

МОСКОВСКИЙ  
МАТЕМАТИЧЕСКОЙ  
ОЛИМПИАДЫ

В НОМЕРЕ:

- 2 В. С. Владимиоров, А. С. Мищенко. Роль математической физики в современной науке  
7 Н. Н. Лузин (к столетию со дня рождения)  
13 В. П. Смилга. Мифы XX века  
20 А. В. Бялко. Торные тропы Торо

IN THIS ISSUE:

- V. S. Vladimirov, A. S. Mischenko. The role of mathematical physics in modern science  
N. N. Lusin (100th anniversary)  
V. P. Smilga. XXth century myths  
A. V. Byalko. Toro's beaten paths

Новости науки  
12 Самый быстрый пульсар

Science news  
The fastest pulsar

Лаборатория «Кванта»  
22 В. В. Майский. Где тонко, там и рвется

Kvant's lab  
V. V. Mayski. Where it's thin, there it rips

Школа в «Кванте»  
25 Физика 8, 9, 10

Kvant's school  
Physics 8, 9, 10

«Квант» для младших школьников  
31 Задачи  
32 Т. С. Петрова. Решаем задачи по физике

Kvant for younger school-children  
Problems  
T. S. Petrova. Solving physics problems

Задачник «Кванта»  
35 Задачи М836 — М840; Ф848 — Ф852  
38 Решения задач М821, М822, М824, М825;  
Ф800, Ф833 — Ф836  
43 Список читателей, приславших правильные  
решения

Kvant's problems  
Problems M836—M840; P848—P852  
Solutions M821, M822, M824, M825; P800,  
P833 — P836  
List of readers who have sent correct  
solutions

Олимпиады  
46 А. М. Абрамов, Т. А. Сарычева, Ю. П. Со-  
ловьев. XXIV Международная математи-  
ческая олимпиада  
48 С. М. Козел. XIV Международная физи-  
ческая олимпиада

Olympiads  
A. M. Abramov, T. A. Sarycheva, Yu. P. So-  
loviev. XXIV International mathematics  
olympiad  
S. M. Kozel. XIV International physics  
olympiad

Информация  
53 ФМШ при университетах — 20 лет  
53 Заочная физико-техническая школа при  
МФТИ  
56 Напечатано в 1983 году

Information  
University boarding schools — 20th anniver-  
sary  
Moscow physico-technical institute's  
school  
Printed in 1983

Ответы, указания, решения  
64 Анкета  
Игры и головоломки (52)  
Смесь (45)  
Шахматная страница  
Гроссмейстер по композиции  
(3-я с. обложки)

Answers, hints, solutions  
Our opinion poll  
Games and puzzles (52)  
Miscellaneous (45)  
The chess page  
Grandmaster of composition  
(3rd cover page)

На 1-й и 4-й страницах обложки изображена траектория астероида Торо в разных системах отсчета. Об этом удивительном астероиде рассказано в статье А. В. Бялко «Торные тропы Торо».

На 2-й странице обложки помещен фрагмент рисунка доктора физико-математических наук А. Т. Фоменко, иллюстрирующий в образной форме процесс образования минимальной поверхности.



## Где тонко, там и рвется

В. В. МАЙСКИЙ

Данную статью можно рассматривать как образец постановки любого физического эксперимента. Прежде всего четко формулируется задача и выдвигается идея ее решения. Затем проводится собственно эксперимент: выбирается установка и делаются соответствующие измерения. После чего полученные результаты обрабатываются и объясняются теоретически.

Когда Всеволод Майский написал свою статью, он учился в десятом классе 179-й московской школы. Сейчас он студент Московского института химического машиностроения.

«Прочный», «непрочный» — этими терминами мы часто пользуемся и в быту, и в технике, характеризуя различные предметы и материалы. А что такое «прочность» и как ее можно измерить?

Рыболовам, например, хорошо известен простой способ определения прочности лески: привязанный за один конец отрезок лески нагружается различными гирями; максимальная нагрузка, выдерживаемая леской, и есть ее прочность на растяжение. Этим методом можно исследовать на прочность и другие материалы.

От чего зависит прочность, например прочность на растяжение? Во-первых, от площади поперечного сечения. Так, для разрыва лески диаметром 0,1 мм необходима сила

порядка 50 Н, а леска диаметром 0,5 мм может выдержать вес взрослого человека. Для того чтобы исключить зависимость от толщины образца, вводится специальное понятие — предел прочности. Это максимальное напряжение, выдерживаемое образцом без разрушения.

Во-вторых, прочность материала зависит от его температуры. У металлов, скажем, при повышении температуры предел прочности уменьшается (соответствующие графики зависимости предела прочности от температуры для различных металлов приведены, например, в «Справочнике по элементарной физике» Н. И. Кошкина и М. Г. Ширкевича).

А может ли прочность зависеть от ... длины? На первый взгляд кажется, что нет, и для большинства случаев это действительно так. Но есть материал, прочность которого зависит от длины образца. Этот материал — шерсть.

На необычных свойствах шерсти была основана одна из задач заочного тура IV Турнира юных физиков. Вот ее условие:

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

Первое, что потребовалось, это подобрать подходящий объект для исследования. После нескольких первых опытов выбор пал на тонкую, но довольно прочную шерстяную нитку (для ее разрыва требовалось усилие от 2 до 4 Н). Во время этих опытов было установлено:

а) Для образцов одной и той же длины разброс значений силы, разрывающей нить, очень велик; поэтому для получения достоверного результата необходимо большое число опытов.

б) При длительном воздействии на нить она сильно вытягивается и может порваться при силе, существенно меньшей допустимой; следовательно, установка должна быть по возможности простой, чтобы проведение самого опыта не занимало много времени.

В ходе поисков были придуманы и опробованы различные устройства. Это и подвешивание груза к нити, закрепленной за один конец, и использование рычага с изменяемым отношением плеч, и применение соленоида с сердечником (так называемые электромагнитные весы).

После многих проб выбор пал на одну из наиболее простых установок, сделанную на основе обычного школьного динамометра (максимальное показание 4 Н, цена деления 0,1 Н). К основанию динамометра была прикреплена линейка для измерения длины нитей. На проволочный стержень, которым заканчивается пружина динамометра, был насажен движок, могущий двигаться по шкале с небольшим трением. С его помощью фиксировались показания динамометра. К крючку динамометра привязывался пучок нитей (10—15 штук). Из пучка выбиралась одна нить, по линейке измерялась ее длина, а затем нить резко тянулась за свободный конец. Стрелка, двигаясь по шкале динамометра, толкала движок. После разрыва нити стрелка возвращалась в исходное положение, а движок указывал значение силы, при которой произошел разрыв нити, то есть прочность образца.

Для опытов использовались нити длиной 2, 3, от 5 до 30 с интервалом 5 и, наконец, 40 см. Для каждой длины проводилось 10—15 опытов и находилось среднее значение прочности нити. По полученным данным был построен график зависимости прочности шерстяной нити от ее длины (рис. 1). Из графика видно, что по мере

увеличения длины образца прочность нити уменьшается. Как это можно объяснить?

Оказывается, все дело во внутреннем устройстве шерстяных нитей. Каждая нить состоит из большого числа отдельных ворсинок толщиной 30—50 мкм, скрученных между собой. Длина разных ворсинок разная: от 4 до 40 см. Во время опыта была измерена длина около ста ворсинок, при этом средняя длина оказалась равной 8,1 см, в интервал от 4 до 13 см попало 89% общего числа ворсинок, а очень коротких и очень длинных ворсинок было совсем мало.

Рассмотрим предельно упрощенную модель — нить, состоящую из большого числа абсолютно одинаковых ворсинок (одинаковой длины, площади поперечного сечения и прочности). Ворсинки свиты между собой так, что в каждом сечении нити количество ворсинок одно и то же. Исключение составляют лишь некоторые участки (будем называть их дефектами), где в силу тех или иных причин толщина нити уменьшена.

Допустим, что нить имеет длину, большую длины одной ворсинки. Как известно из практики, рвется всегда там, где тонко. Это справедливо и по отношению к нашей нити: для разрыва утонченного участка нити требуется сила, меньшая той, которая необходима для разрыва остальной части нити. Обозначим первую силу через  $F_1$ , а вторую — через  $F'_1$ . Поскольку ворсинок много, можно считать, что дефекты распределены по нити равномерно и что

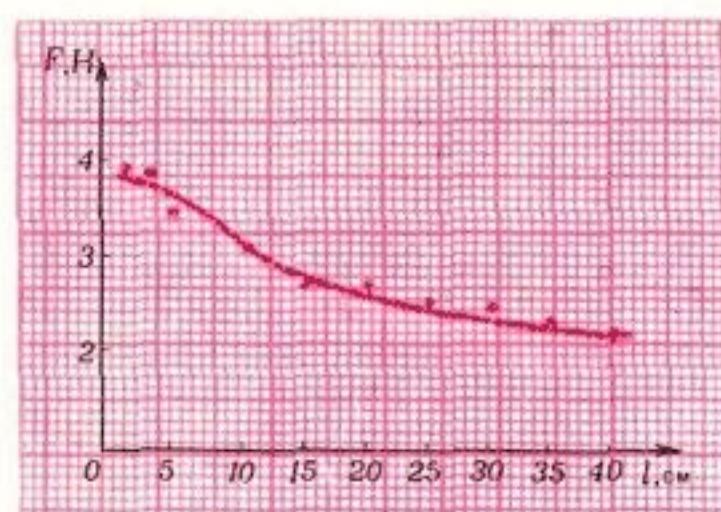


Рис. 1



Рис. 2.

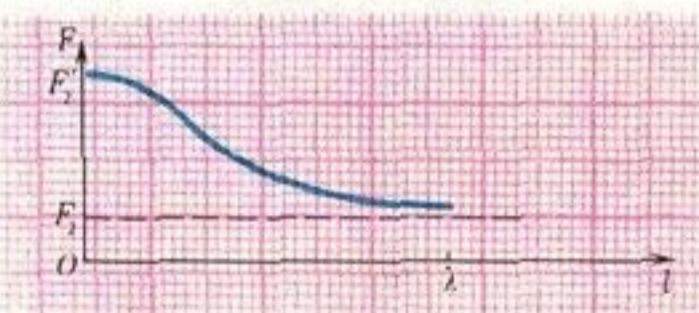


Рис. 3.

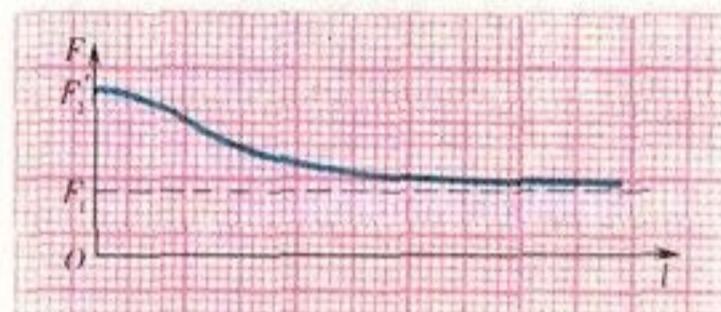


Рис. 4.

вероятность обнаружения на выбранном образце хотя бы одного дефекта зависит только от длины образца. Если для участка единичной длины вероятность наличия дефекта равна  $\alpha$ , то вероятность отсутствия дефекта на этом участке будет  $(1-\alpha)$ , а на длине  $l$  —  $(1-\alpha)^l$ . Это означает, что в  $n$  опытах нить будет  $n(1-\alpha)^l$  раз разрываться при силе  $F'_1$  и  $n(1-(1-\alpha)^l)$  раз — при силе  $F_1$ . Тогда средняя сила, разрывающая нить, будет равна

$$F = \frac{n(1-\alpha)^l F'_1 + n(1-(1-\alpha)^l) F_1}{n} = \\ = F_1 + (1-\alpha)^l (F'_1 - F_1).$$

График зависимости  $F = F(l)$  изображен на рисунке 2. Из графика видно, что при бесконечно большом увеличении длины нити средняя сила убывает до значения  $F_1$ , а при уменьшении длины до нуля она возрастает, приближаясь к значению  $F'_1$ . В эксперименте тоже наблюдалось уменьшение прочности нити при возрастании ее длины (см. рис. 1).

Предположим теперь, что длина нити порядка длины ворсинки и меньше. Тогда вероятность наличия дефекта в нити невелика, и основную роль в изменении прочности нити играет другой фактор: при разрыве нити ворсинки не рвутся, а лишь проскальзывают друг относительно друга. Очевидно, что сила, вызывающая проскальзывание (обозначим ее через  $F_2$ ), значительно меньше силы, необходимой для разрыва ворсинки (обозначим ее через  $F'_2$ ). Для определенности будем считать, что ворсинка может проскальзывать, если хотя бы один ее конец свободен. Из всего количества ворсинок, составляющих нить, часть ворсинок окажутся захваченными только за один конец, и они смогут проскальзывать; остальные ворсинки окажутся захваченными за оба конца, проскальзывание будет невозможным, и придется их разрывать. При длине нити, практически равной длине ворсинок  $\lambda$ , почти все ворсинки смогут скользить; следовательно, для разрыва нити понадобится сила  $F_2$ . При уменьшении длины нити до нуля, наоборот, все ворсинки окажутся захваченными за оба конца, так что придется приложить силу  $F'_2$ . Примерный график зависимости средней силы, необходимой для разрыва нити с длиной порядка длины ворсинки, изображен на рисунке 3.

Совместив графики, приведенные на рисунках 2 и 3, получим результирующую теоретическую кривую зависимости прочности нити от ее длины (рис. 4). Хотя предложенную упрощенную модель и нельзя считать идеальной, она дает хорошее согласование с экспериментом.

## Наша анкета

Дорогие читатели! Для улучшения работы журнала нам очень важно знать ваше мнение о публикуемых в «Кванте» материалах. Просим ответить на вопросы нашей анкеты.

1. Ваши фамилия, имя, отчество, возраст, место учебы (город, школа, класс) или работы (профессия, специальность), круг интересов (математика, физика).
2. С какого года вы читаете «Квант»? Ваше отношение к журналу в целом.
3. Сколько человек читают ваши номера «Кванта»?
4. Материалы каких рубрик журнала вас интересуют и доступны для вас? Какие не интересуют или не нравятся?
5. Назовите 2—3 лучшие статьи (за 1982—1983 годы) из разных рубрик журнала.
6. Справляетесь ли вы с задачами из Задачника «Кванта»?
7. Статьи на какие темы вы хотели бы видеть в «Кванте» в 1984 году?
8. Дополнительные замечания и пожелания.

Ответы высыпайте на отдельном листе бумаги, сохранив нумерацию вопросов, до 20 февраля 1984 года по адресу: 103006, Москва, К-6, ул. Горького, дом 32/1, «Квант», «Анкета».

---

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

**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, С. М. Козел, С. С. Кротов, Л. Д. Кудрявцев, 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. Вознесенский, 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, 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 оформили:**

С. А. Волохов, М. Б. Дубах, А. И. Климанов,  
Н. С. Кузьмина, А. К. Малкин, Э. В. Назаров,  
И. Е. Смирнова, Е. К. Тенчурина  
Фото С. И. Ермакова

---

**Заведующая редакцией** Л. В. Чернова

---

**Главный художник** Э. А. Смирнов

---

**Художественный редактор** Т. М. Макарова

---

**Корректор** Н. Д. Дорохова

---

103006, Москва, К-6, ул. Горького, 32/1,  
«Квант», тел. 250-33-54

---

Сдано в набор 19.10.83. Подписано к печати 18.11.83  
Печать офсетная  
Бумага 70×108<sup>1/16</sup>. Усл. л. 5,6 Усл. кр.-отт. 23,8  
Уч.-изд. л. 7,16. Т-22214  
Цена 40 коп. Заказ 2795. Тираж 166131 экз.

---

Ордена Трудового Красного Знамени  
Чеховский полиграфический комбинат  
ВО «Союзполиграфпром»  
Государственного комитета СССР  
по делам издательств, полиграфии  
и книжной торговли  
г. Чехов Московской области