

ЭСТОНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ

---

СБОРНИК  
НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫХ  
ТЕКСТОВ

Математика. Физика. Астрономия.  
Химия

ТАРТУ 1966

4596

ЭСТОНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ

---

СБОРНИК  
НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫХ  
ТЕКСТОВ

Математика. Физика. Астрономия.  
Химия

Составители

В. Д. КОРОЛЁВА, Т. А. ГНЕДАШ, В. М. МАТВЕЕВА,  
Г. Н. ПАРИЛОВА

ТАРТУ

ТАРТУ 1966

Эстонская сельскохозяйственная академия  
г. Тарту, ул. Рийа, 12

СБОРНИК НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫХ ТЕКСТОВ  
МАТЕМАТИКА. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ. ХИМИЯ

Составители

В. Д. Королёва, Т. А. Гнедаш, В. М. Матвеева,  
Г. Н. Парилова

Издательство литературы на иностранных языках  
Москва.

Приложение: Русско-эстонский словарь.



ARHIIVKOGU

## ЧИСЛА И СВОЙСТВА

Множество разнообразных предметов окружало человека с первых шагов его сознательной жизни. Десятки деревьев, сотни трав, тысячи камней разных форм и размеров привлекали его внимание. Изготовление орудий, добывание пищи, выделка одежды, постройка жилища — вся трудовая деятельность сталкивала первобытного человека с неизвестными, странными, загадочными предметами. В этих столкновениях приобретались первые сведения об окружающем мире.

Очень рано появилась у первобытного человека необходимость считать предметы. Пастуху нужно сосчитать своё стадо. Земледелец должен определить число дней, оставшихся до наступления дождливого сезона.

Неудивительно, что после самой древней науки — астрономии — раньше других наук зародилась и начала развиваться арифметика. Нельзя точно сказать, сколько тысяч лет прошло со времени её возникновения. Нельзя назвать имя её изобретателя. Это также невозможно, как невозможно указать точную дату появления каменного топора и назвать имя того, кто его придумал.

Задачи, возникавшие перед человеком в процессе трудовой деятельности, привели к необходимости не только считать, но и измерять предметы. Люди должны были научиться определять размеры пашен, лугов, жилищ. Поэтому вслед за арифметикой появились геометрия и алгебра. Постепенно математика развивалась и совершенствовалась. Уже четыре тысячи лет назад люди умели определять площади земельных участков любой формы. А затем математика дошла и до вычисления объёмов тел.

Математика — наука о числах, размерах, геометрических фигурах. Ей безразлично, что подсчитывать — число деревьев на участке или размер урожая.

Различные природные вещества вовлекал человек в круг своей деятельности. Все более глубоко проникал он и в свойства этих природных веществ.

При постройке жилища нельзя ограничиться только подсчетом необходимого числа бревен и камней, надо еще знать свойства дерева и камня: их тяжесть, крепость, отношение к воде, к теплу и холоду. При сооружении плотины на реке недостаточно определить объем материалов, которые предстоит столкнуть в воду. Надо еще знать, в каком порядке их укладывать, какие вещества нерастворимы в воде и достаточно прочны, чтобы выдержать напор водяного потока.

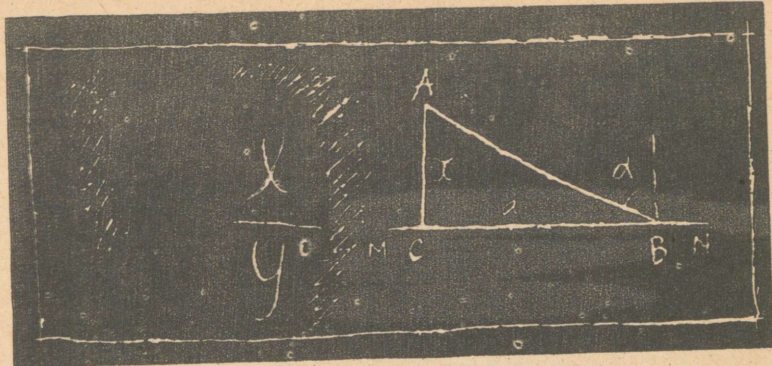
Практическая деятельность первобытного человека постепенно накапливала первоначальные сведения о свойствах тел, что готовило почву для зарождения физики — науки, которая занимается систематическим изучением этих свойств.

Физика впервые нашла общие качества у далёких, внешне непохожих один на другого предметов.

Прежде мир казался беспорядочным нагромождением чужих друг другу предметов. Теперь удалось подметить среди них известный порядок. Вещества можно было распределить на группы по общим свойствам. Одни из них легко растворяются в воде, на другие вода не действует. Третьи не боятся огня, а четвертые легко сгорают. Пятые отличаются большой тяжестью, а шестые легко держатся на поверхности воды.

Когда потребности развивающегося человеческого общества заставили науку интересоваться не только размерами и числом тел, но и их свойствами, появилась физика.

Когда же физика дошла до изучения превращений веществ, и жизнь заставила практически применять эти превращения, появилась наука о превращениях веществ — химия.



## МАТЕМАТИКА

### СЧЕТ

Каждый из нас умеет считать в уме; в магазинах, в столовых, в автобусе — везде приходится иметь дело со счётом. Особенно важно уметь считать производственнику. Почти ни одна квалифицированная работа не обходится без предварительного подсчёта. Люди, которым приходится много считать, пользуются вычислительными приборами.

Напомним некоторые арифметические термины. Числа, которые складываются, называются слагаемыми. Результат сложения называется суммой.

То число, из которого мы вычитаем, называется уменьшаемым; число, которое мы вычитаем, называется вычитаемым, результат вычитания называется разностью чисел. Возьмём такой пример:  $25 - 7 = 18$ \*. Здесь 25 — уменьшаемое, 7 — вычитаемое, 18 — разность.

\* двадцать пять минус (отнять) семь равно (равняется) восемнадцать.

Числа, которые перемножаются, называются множителями, или сомножителями. Иногда один из сомножителей называют множимым, другой — множителем, но такое различие несущественно: и множимое, и множитель совершенно равноправны. Результат умножения называется произведением.

То число, которое делят на другое, называют делимым; то число, на которое делят, называют делителем. Результат деления называют частным. Разделим, например, 18 на 6. Получим:  $18 : 6 = 3^*$ . Здесь 18 — делимое, 6 — делитель, 3 — частное. Иногда при делении получается дробное число. Разделим, например, 22 на 7. Получим 3 и в остатке единицу. Поделив остаток на 7, получим одну седьмую. Значит,  $22 : 7 = 3 \frac{1}{7}^{**}$ . Результатом деления целых чисел может быть дробное число (в нашем примере — целое с дробью).

## ПРИБЛИЖЕННЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ

### I

При счёте каких-нибудь предметов обычно удаётся точно узнать их число. Если я говорю, что у меня на руке пять пальцев или что рабочий изготовил 320 деталей, то числа 5 и 320 точно выражают количество сосчитанных предметов. Иначе обстоит дело, когда мы говорим, что в 1939 г. в городе Рыбинске было 55 500 жителей. Ведь жители рождаются и умирают, приезжают и уезжают; число их всё время меняется. Подсчитать всех жителей города очень трудно: одних можно случайно пропустить, других сосчитать дважды. Значит, когда мы говорим, что в Рыбинске было 55 500 жителей, мы имеем в виду, что их было приблизительно 55 500; может быть, 55 550, может быть, 55 472, может быть, ещё какое-нибудь число близкое к 55 500. В этом случае 55 500 даёт нам приближённое число жителей города.

---

\*  
но (равняется) трём.

восемнадцать.

делённое на шесть, равно

\*\*  
трём и одной седьмой.

двадцать два,

делённое на семь, равно

При измерении или взвешивании различных предметов мы также имеем дело с приближенными числами. Если нам отвесили 800 г. хлеба, то это не значит, что наш хлеб весит ровно 800 г. Ведь торговые весы — инструмент грубый; если мы уравновесим на чашках 800 г. и добавим на одну из чашек 5 г., то равновесие не нарушится. Значит, наш хлеб может весить и 805 и 810 г., а может и 793 или 798 г. Число 800 выражает его вес приближенно.

Очень поучителен следующий опыт. Несколько человек измеряют один и тот же предмет, например, ширину стола. При этом у всех получатся несколько отличные результаты измерения. Один получит, например, 885 мм., другой — 881 мм. и т. д. Допустим, что ширина стола 883 мм., значит, мы получили, как и в предыдущем примере, приближенное значение этой ширины.

Все без исключения измерения приводят к приближенным значениям измеряемых величин. Но в некоторых случаях измерения проводятся очень грубо — тогда получаются большие ошибки. В других случаях приходится делать тщательные измерения: тогда и ошибки получаются малые. Полная точность при измерениях не достигается никогда.

Когда изготавливается по стандарту или по чертежу какой-нибудь предмет, то допускаются известное отклонение от указанных на чертеже размеров, иногда — довольно значительное, иногда — весьма малое. Например, для круглой стали обычной прокатки диаметром в 20 мм. допускаются отклонения на  $\frac{1}{2}$  мм. в ту или другую сторону. В случае очень точной прокатки отклонение допускается только в 0,3 мм. Изготовление предмета по чертежу связано с предварительным расчетом (например, нужно подсчитать, какой подобрать резец и т. п.). Если результат можно получить приближенный, то и сами вычисления можно выполнять более упрощенно. Нужно только следить за тем, чтобы ошибка при вычислениях не превзошла указанного допуска.

На все подобные вопросы отвечает особый отдел математики, который называется учением о приближенных вычислениях.

Допустим, что ширина стола точно 784 мм., а мы при измерении её получили 781 мм. Разница между точным значением измеряемой величины и её приближённым значением называется абсолютной погрешностью. Мы скажем, что найденное нами приближённое значение измеряемой величины имеет абсолютную погрешность 3 мм. На практике мы никогда не знаем совершенно точно измеряемой величины, поэтому не можем точно знать абсолютную погрешность.

Если, например, мы обычной линейкой или рулеткой измеряем длину комнаты, то нам нетрудно будет учесть метры и сантиметры, но вряд ли мы сможем учесть миллиметры. В этом и надобности нет. Поэтому мы сознательно допускаем ошибку в пределах одного сантиметра. Абсолютная погрешность нашего приближённого значения длины комнаты будет меньше одного сантиметра. Точно так же при взвешивании на торговых весах грузов, близких к килограмму, вполне возможно ошибиться на несколько граммов, но заведомо нельзя ошибиться на десять или больше граммов. Если мы купили 800 г. хлеба, можно сказать, что 800 г.— это приближённый вес нашего хлеба с абсолютной погрешностью менее 10 г.

Абсолютная погрешность не является полным показателем того, хорошо или плохо произведено измерение. Если мы измеряли длину карандаша в 15 см. и ошиблись на один сантиметр, то наше измерение является очень грубым. Если же мы измеряли двадцатиметровый коридор и ошиблись всего на 1 см., то наше измерение — образец точности. Важна не только сама абсолютная погрешность, но и та доля, которую она составляет от измеряемой величины. В первом примере абсолютная погрешность (1 см.) составляет  $\frac{1}{15}$  измеряемой величины (15 см.), во втором —  $\frac{1}{2000}$  (20 м. составляет 2000 см.).

Обычно эти доли выражают в процентах. В первом примере абсолютная погрешность составляет

$\frac{1 \times 100}{15} = 6\frac{2}{3}\% \approx 6,66\%$  \* измеряемой величины, во втором —

$\frac{1 \times 100}{2000} = \frac{1}{20}\% = 0,05\%$  \*\*. Видно, что второе измерение значительно лучше первого.

Выраженная в процентах доля, которую абсолютная погрешность составляет от всей измеряемой величины, называется процентной погрешностью. Качество всякого измерения характеризуется процентной погрешностью приближённого результата.

Легко дать правило для определения процентной погрешности. Нужно абсолютную погрешность умножить на 100 и разделить на самую измеряемую величину (или на её приближённое значение).

Пример. При измерении длины в 5 м. допущена абсолютная погрешность в 25 см. Найти процентную погрешность.

Ищем, какой процент 25 см. составляют от 500 см. (5 м. = 500 см.). Получаем:  $\frac{25 \times 100}{500} = 5\%$  \*\*\* Это и будет процентная погрешность.

Примечание: процентная погрешность = относительная погрешность

## ЗАРОЖДЕНИЕ МАТЕМАТИКИ

Математические сведения накапливались в течение тысячелетий.

В настоящее время мы хорошо знакомы с математическими знаниями жителей древнего Египта и древнего Вавилона. Наивысшего своего развития деятельность этих народов по созданию математики достигла около четырёх тысяч лет назад.

---

\* единица, умноженная на сто и делённая на пятнадцать, составляет шесть и две третьих процента, или приблизительно шесть целых и шестьдесят шесть сотых процента.

\*\* единица, умноженная на сто и делённая на две тысячи, составляет одну двадцатую процента или нуль целых пять сотых процента.

\*\*\* двадцать пять, умноженное на сто и делённое на пятьсот, составляет пять процентов.

Современная наука располагает сравнительно небольшим числом египетских математических документов. Их всего около пятидесяти.

Самым древним памятником египетской математики является так называемый «Московский папирус» (он относится к эпохе около 1850 года до начала нашего летосчисления). Размеры Московского папируса: длина — 544 сантиметра, ширина — 8 сантиметров.

Он был приобретён русским собирателем Голенищевым в 1893 году, а в 1912 году перешёл в собственность Московского музея изящных искусств.

В этом папирусе среди других задач решается задача о вычислении объёма усечённой пирамиды с квадратным основанием. Таких задач не содержится в других египетских памятниках.

Оказывается, египтяне четыре тысячи лет назад решали задачи нашей практической математики (арифметики, геометрии и некоторых разделов алгебры). Они имели нумерацию с десятичной основой, владели вычислениями при помощи дробных чисел.

Египтяне умели вычислять площади прямолинейных фигур и круга. Отношение длины окружности к её диаметру — наше число  $\pi$ , согласно правилам египетской геометрии, равно 3,16. По мнению некоторых исследователей, египтяне знали правило для вычисления объёма шара и, несомненно, умели вычислять объём усечённой пирамиды с квадратным основанием.

Одновременно с зарождением математики в древнем Египте жители древнего Вавилона самостоятельно создали свою математику. Эти народы писали знаками, которые состояли из клиновидных черточек, на глиняных плитках. В настоящее время множество этих глиняных плиток находят при раскопках.

Найдена математическая энциклопедия вавилонян на сорока четырёх таблицах. Это как бы свод всех математических достижений вавилонян. Энциклопедия относится ко времени около двухтысячного года до нашего летосчисления, т. е. к моменту наивысшего расцвета вавилонской культуры. Из этой энциклопедии видно, что вавилоняне в то отдалённое время имели достаточно

удобные способы вычисления для решения практических задач, касающихся земледелия, урегулирования орошения земель, торговли.

Вавилоняне были основоположниками астрономии. От них идет семидневная неделя, деление круга на 360 градусов, деление часа на 60 минут, минуты — на 60 секунд, секунды — на 60 терций.

Вавилоняне создали совершенное для своего времени счисление, в основе которого лежало не число 10, как у нас, а число 60. Это во многих случаях облегчало труднейшее арифметическое действие — деление.

Они же создали систему мер и весов, в которой каждая мера была в 60 раз больше предыдущей. Отсюда ведет начало наше деление мер времени — часа, минуты и секунды — на 60 частей.

Вавилоняне решали уравнения второй степени и некоторые виды уравнений третьей степени (последние при помощи специальных таблиц).

## ГЕОМЕТРИЯ

Геометрические знания, которые возникали из практической деятельности людей, были объединены в систематическую науку греческим математиком Эвклидом.

Эвклид около 300 года до начала нашего летосчисления написал книгу «Начала», которая является одной из самых замечательных во всей математической литературе.

Это огромное сочинение содержит 465 предложений (определений, аксиом, теорем), оно изложено в строгом логическом порядке. Многие столетия это сочинение служило почти единственным учебником геометрии. В этой стройной системе каждое последующее положение неопровержимо следовало из предыдущего.

Доказывались новые теоремы, решались новые задачи. Но в основе геометрии по-прежнему лежали все те же пять аксиом и пять постулатов Эвклида. «Все прямые углы равны», «две точки можно соединить единственной прямой» и т. д. Геометрия Эвклида казалась единственно возможной геометрией.

Только одно уязвимое место было в системе Эвклида — его пятый постулат. Этот постулат говорит о том,

что через точку, лежащую вне прямой, можно провести единственную прямую, параллельную данной. Величайшие геометры всех времён безуспешно пытались доказать пятый постулат.

Но вот в 20-х годах прошлого века русским учёным Лобачёвским была создана новая геометрия. Вначале молодой Лобачёвский также занимался поисками доказательства пятого постулата. Но он скоро убедился в невозможности такого доказательства. Математик приходит к смелому выводу: система Эвклида не есть единственно возможная геометрия.

Лобачёвский утверждает: возможна и другая геометрия. И он создаёт эту новую геометрию.

Со своей теорией Лобачёвский впервые познакомил учёных в 1826 году. В основу своей геометрии Лобачёвский кладёт все прежние аксиомы и постулаты, за исключением пятого. Вместо пятого эвклидова постулата он выдвигает другой: через точку можно провести бесчисленное множество прямых, параллельных данной прямой.

В геометрии Лобачёвского доказывается, что описать окружность можно не около всякого треугольника, что «сумма углов треугольника всегда меньше двух прямых и для каждого треугольника имеет своё значение». В новой геометрии не существует квадрата.

Лобачёвский был велик не только в геометрии. Предвосхищая работы немецкого математика Дирихле, Лобачёвский дал исчерпывающее определение функции — этого основного понятия высшей математики. Ещё в 1835 году Лобачёвский установил тонкое различие между функцией непрерывной и функцией дифференцируемой.

К сожалению, современники не поняли Лобачёвского. Только после смерти учёного его труд получил мировое признание. Лобачёвского называли Коперником, Колумбом геометрии, так как в области геометрии его открытие произвело революцию, подобную той, какую произвёл в астрономии Коперник и в географии Колумб.

Геометрия Эвклида не потеряла и сейчас своего значения. Ею пользуются и всегда будут пользоваться в своих расчётах и учёные, и инженеры. Но есть области,

где её утверждения неприменимы. В космическом мире, мире огромных масс и скоростей, и в мире внутриатомном геометрия Эвклида неприменима.

Идеи Лобачевского входят теперь необходимым звеном в теорию относительности. Мы не можем в полной мере предугадать, в каких ещё областях знания найдёт своё применение теория Лобачевского. Может быть, идеи новой геометрии воплотятся в штурманские таблицы будущих космических кораблей.

## Н. И. ЛОБАЧЕВСКИЙ

Николай Иванович Лобачевский родился 1 декабря 1792 года в Нижнем Новгороде (теперь город Горький).

Отец его, мелкий чиновник, умер в 1802 году. Мать осталась с тремя малолетними сыновьями без средств. Позже она устроила их на казённый счёт в Казанскую гимназию.

В 1805 году в Казани был открыт университет, куда в 1807 году Н. И. Лобачевский был зачислен студентом.

В университете Н. И. Лобачевский вскоре обратил на себя внимание профессоров своими успехами в математике.

В 1811 году он кончает курс, и его оставляют работать в университете.

В 1826 году Лобачевский выступил с первым докладом о новой геометрии. Но, к сожалению, его идеи не были приняты ни в университете, ни в других учёных кругах.

Всю свою жизнь Н. И. Лобачевский посвятил служению Родине. Он призывал своих студентов любить науку, любить Родину. Лобачевский был поистине великим человеком, гражданином, патриотом.

Лобачевский пользовался глубоким уважением своих коллег: он был выборным ректором университета почти двадцать лет.

Все попытки Лобачевского добиться понимания и признания его научных идей были бесплодны. Постоянные неудачи преждевременно состарили гениального учёного. В последний год жизни, когда Лобачевский почти совсем потерял зрение, он диктует двум ученикам

свою последнюю работу «Пангеометрия». Умер Лобачёвский 12 февраля 1856 г.

Только после смерти Лобачёвского его идеи нашли последователей. В начале нашего столетия идеи Лобачёвского стали основой многих новых теорий в астрономии, физике и теоретическом естествознании.

Учёные установили возможность конкретного применения формул геометрии Лобачёвского в различных областях наук.

В 1892 году, в столетие со дня рождения, Лобачёвскому в Казани был поставлен памятник. Это был первый памятник математику во всём мире.

Имя Николая Ивановича Лобачёвского — величайшая гордость русской научной и философской мысли.

### ТРИГОНОМЕТРИЯ

Возникновение тригонометрии связано с развитием одной из древнейших наук — астрономии. С самых отдалённых времён потребности торговли и любознательность толкали людей на длительные путешествия по караванным дорогам, через необозримые пустынные пространства Азии и Африки. Путешествовали в те времена и морскими путями, вдоль береговой линии Средиземного моря, вокруг Аравийского полуострова и далее к берегам Индии и Китая. В этих путешествиях всегда были необходимы какие-то вехи, чтобы не отклониться от верного пути. Такими вехами с давних пор служили солнце днём и звёзды ночью. Они указывали правильный путь караванам в их переходах по безлюдным пространствам земли и мореходам в их далёких путешествиях вдоль чужих берегов.

Поэтому естественно искать зарождение первых астрономических наблюдений и связанных с ними примитивных тригонометрических сведений у древнейших народов Азии и Африки, которые вели торговлю друг с другом. Такими народами были китайцы, индийцы, вавилоняне и египтяне. Конечно, в те далёкие времена не существовало тригонометрии как самостоятельной ветви математики; она носила тогда совершенно иной характер, чем теперь. Даже название «тригонометрия»

не существовало. Это, скорее, были некоторые вспомогательные приёмы, позволяющие производить вычисления, которые были необходимы при астрономических наблюдениях. Так, в одном из древнейших китайских математических сочинений третьего тысячелетия до нашей эры, среди других разделов математики есть раздел с вычислениями тригонометрического характера. В Вавилоне, где астрономия достигла значительного развития, где была составлена одна из первых карт звёздного неба, где умели предсказывать солнечные и лунные затмения, также не могли обойтись без простейших тригонометрических сведений и умели пользоваться ими при различных астрономических расчётах. Древний Египет тоже накопил некоторые сведения по астрономии; там был создан календарь, которым широко пользовались при проведении работ по сельскому хозяйству.

Итак, можно считать, что тригонометрия зародилась в странах древнего Востока и сделала здесь первые шаги в своём развитии.

В более позднее время, в Греции, когда развитие математики достигло высокого уровня и уже были созданы «Начала» Эвклида, накопившийся материал астрономических наблюдений потребовал более строгой математической обработки методами, отличными от чисто геометрических. Эти новые методы в конце концов и привели к созданию нового раздела математики, который мы теперь называем тригонометрией.

Но путь создания этой новой ветви математики был очень долгим. Из греческих математиков мы должны назвать Гиппарха (II век до н. э.) и Птолемея (II век н. э.); которые создали первые таблицы хорд. В течение последующих 10 столетий постепенно накапливается новый тригонометрический материал, главным образом, в странах Востока, и усовершенствуются ранее составленные таблицы. В конце этого периода тригонометрия отделяется от астрономии и становится самостоятельной наукой. Это отделение обычно связывают с именем азербайджанского математика Насирэддина Туси (1201—1274). Но потребовалось ещё 500 лет, чтобы тригонометрия по форме и содержанию стала близка современной тригонометрии.

Ещё в древней Греции первая задача, которую поставили перед собой греческие математики, сводилась к решению прямоугольного треугольника. Исторически случилось так, что создание прямолинейной тригонометрии началось с составления таблиц хорд острых углов.

Такую работу впервые проделал греческий астроном Гиппарх во II веке до н. э. Таблицы хорд, вычисленные Гиппархом, до нас не дошли, и мы можем составить себе представление о них лишь по известной книге Птолемея «Альмагест». Астроном и математик Клавдий Птолемей жил значительно позже Гиппарха — во II веке нашей эры. Он является создателем теории движения небесных тел, которая в течение многих веков, вплоть до Коперника, считалась наиболее правильной. Естественно, что при создании этой теории и неоднократных её исправлениях Птолемею приходилось производить много астрономических наблюдений. Эти наблюдения сопровождались вычислениями, в которых тригонометрический вычислительный метод играл первостепенную роль. «Альмагест» Птолемея содержит таблицы Гиппарха в несколько улучшенном виде и раскрывает нам тот путь, по которому шли и Гиппарх и Птолемей при составлении своих таблиц хорд.

Таблицы хорд Птолемея дают отношение длин хорд, которые стягивают определённые дуги окружности, к радиусу этой окружности. Следовательно, чтобы от таблиц Птолемея перейти к нашим таблицам синусов, пришлось бы числа, помещённые в таблицах Птолемея, уменьшить вдвое, и тогда мы получили бы синусы дуг вдвое меньше тех, которые стягивают хорды.

Важный шаг в развитии тригонометрии был сделан индийцами в период с V по XII век. Хотя им и не удалось отделить тригонометрию от астрономии, они всё же значительно обогатили содержание тригонометрии.

Прежде всего, индийцы создали тригонометрические таблицы более точные, чем таблицы Птолемея. При составлении этих таблиц они делили диаметр окружности не на 120 равных частей, как это делал Птолемей, а на

6876 частей. Откуда появилось это число? Вы ответите на этот вопрос, если вспомните, что индийцы принимали  $\pi$  равным 3,1416. Тогда, если длину окружности разделить на  $360 \cdot 60$  равных частей, то таких же частей в длине диаметра окажется в 3,1416 раз меньше, т. е.  $360 \cdot 60 : 3,1416$ . Результат деления равен приблизительно 6876. Уже одно это обстоятельство увеличивало точность таблиц, составленных индийцами.

Индийцы первые составили таблицы для полухорд и таким образом ввели в тригонометрию синус острого угла. Кроме линии синуса, у них появились ещё две тригонометрические величины: косинус и обращённый синус, соответствующий разности 1 —  $\cos \alpha$ ; последнее название потом вышла из употребления.

Основные тригонометрические понятия из Индии проникают к арабам. В IX веке астроном аль-Батани вводит новую тригонометрическую величину, которую он называл «тенью». Он рассматривал величину отношения высоты предмета к длине тени от этого предмета при различной высоте солнца. Тем самым аль-Батани ввёл в тригонометрию понятие о тангенсе.

В конце X века иранский геометр Абу-ль-Вефа указал метод для составления таблиц синусов углов через каждые  $10'$ ; он же составил первую таблицу тангенсов и ввёл новые тригонометрические величины, которые мы называем сёкансом и косёкансом.

Наконец, в XIII веке азербайджанский учёный Насиреддин Туси в своём сочинении «Трактат о полном четырёхстороннике» рассматривает тригонометрию как особый раздел математики. В этом сочинении Насиреддин Туси в определённой системе изложил весь практический материал тригонометрии, полученный до него другими математиками. В нём мы встречаем не только гесметрические построения, но и алгебраические соотношения между тригонометрическими величинами. Здесь же впервые доказаны теоремы синусов и тангенсов и тем самым сделан переход к решению косоугольных треугольников.

Таким образом, развитию практической тригонометрии, помогающей в решении задач, поставленных астрономией и географией, установлению связей между

отдельными тригонометрическими величинами, мы в значительной степени обязаны индийцам и народам Ближнего Востока. От них тригонометрия потом перешла к европейцам, которые гораздо позже (в XVIII в.) придали ей современную форму и содержание.

Впервые в европейской науке стройное изложение тригонометрии дано в книге «О треугольниках разных родов» Иоганна Мюллера (1436—1476). В этом сочинении Мюллер, как и Насирэддин Туси, рассматривает тригонометрию как самостоятельную ветвь математики, независимую от астрономии. Он сообщает в ней методы решения прямоугольных и косоугольных треугольников и даёт таблицы синусов с точностью до 0,0000001. Для этого Мюллеру пришлось принять радиус окружности за 10 000 000 и отказаться от числа, кратного 60 ( $360 \cdot 60 : 3,1416$ ).

Тригонометрия начинает приобретать свой современный характер только с XVIII века благодаря работам выдающегося петербургского академика, современника Ломоносова, Леонарда Эйлера (1707—1783). До Эйлера синус, косинус и тангенс были не чем иным, как отрезками, проведёнными в данном круге и связанными с той или иной дугой. Эйлер впервые рассматривает отношения этих отрезков к радиусу и тем самым вводит в математику тригонометрические функции, как равноправные среди других функций.

Эйлеру принадлежит окончательное решение вопроса о знаках тригонометрических функций во всех четвертях круга, вывод формул приведения для общего случая.

Аналитическое построение теории тригонометрических функций, начатое Эйлером, было завершено в работах Н. И. Лобачевского, Гаусса, Коши, Фурье и др.

## НОВАЯ НАУКА С ДРЕВНИМ НАЗВАНИЕМ

Более ста лет назад французский физик и математик Андре Мари Ампер закончил большой труд «Очерки по философии наук». В нём знаменитый учёный попытался привести в стройную систему все человеческие знания.

Каждой из известных в то время наук было отведено своё место в системе. В рубрику за номером 83 Ампер поместил предполагаемую новую науку, которая должна изучать способы управления обществом. Ампер назвал её кибернетикой.

Учёный заимствовал это название из греческого языка, в котором слово «кибернетес» означает «рулевой». А кибернетикой в древней Греции называли науку о кораблевождении.

Долгое время после Ампера термином «кибернетика» никто из учёных не пользовался, и он почти был забыт. Но вот древнегреческое слово вновь появилось в перечне научных дисциплин.

В 1948 году известный математик Ноберт Винер опубликовал книгу под названием «Кибернетика, или управление и связь в живых организмах и машинах». Она вызвала большой интерес среди учёных разных специальностей, хотя основные законы, которые Винер положил в основу новой науки, были открыты и исследованы задолго до появления его книги.

Основой кибернетики являются учение об информации, теория алгоритмов и теория автоматов, которая изучает способы построения автоматических систем для переработки информации. Её математический аппарат весьма широк: здесь и теория вероятностей, и теория функций, и математическая логика, и многие другие разделы современной математики.

На протяжении столетий трудами многих математиков, физиков, медиков и инженеров разных стран, в том числе дореволюционной России и Советского Союза, формировались принципиальные основы кибернетики.

Теперь слово «кибернетика» всё чаще и чаще появляется на страницах технических, естественнонаучных и популярных журналов. О кибернетике пишут книги, читают лекции, ей посвящают научные семинары, сессии, международные конгрессы. В них участвуют математики и физики, биологи и филологи, физиологи и психиатры, экономисты и философы, инженеры различных специальностей.

Много горячих научных споров и дискуссий возникает при обсуждении кибернетических проблем. Спорных вопросов в кибернетике пока ещё очень много — пожалуй, больше, чем бесспорных. Обсуждения и дискуссии возникают вокруг принципиальных вопросов, составляющих основу кибернетики. И это вполне естественно.

Ведь новое и главное в кибернетике не математический аппарат, а идея о том, что процессы передачи и переработки информации в разнообразных системах — живых существах и автоматах — имеют аналогию друг с другом и подчиняются общим закономерностям. Эту идею впервые выдвинул Винер, работавший долгое время в тесном контакте с физиологом Розенблютом.

Сходство динамических процессов в механических, электрических, акустических и других физических системах привело к развитию научной теории — теории колебаний. Многие положения биомеханики, биофизики и биохимии основываются на общих законах механики, физики и химии, которым подчиняется всё живое и неживое.

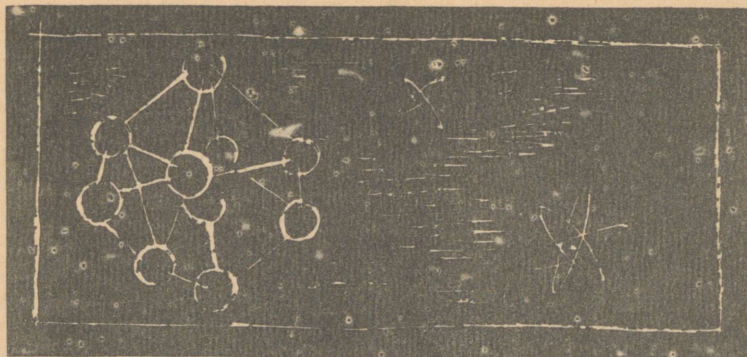
Поэтому неудивительно, что сходство процессов связи и управления, которые протекают в живых организмах и автоматических системах, привело к поискам общих законов, справедливых как для тех, так и для других. Так возникла кибернетика — теоретическая база для изучения управляющих систем в живых существах и машинах.

Необходимо сразу же подчеркнуть, что кибернетика не отождествляет процессы, происходящие в живом организме, с процессами в автоматических системах. Кибернетику не интересуют специфические биофизические и биохимические процессы, свойственные лишь живой природе. Она ограничивается изучением вопроса о том, как живой организм и машина осуществляют переработку информации, связанную с процессом управления. Основной вопрос, вокруг которого формируется кибернетика, — это вопрос о взаимоотношении возможностей вычислительной машины и мышления.

Вычислительная машина, созданная человеком, его мышлением, его руками, — это набор механизмов и элект-

тронных элементов, который действует строго по законам математики и логики, строго по заранее заданному алгоритму. Эта система универсальна. Она способна автоматически реализовать любой процесс переработки информации, для которого найден алгоритм и составлена программа — машинное руководство к действию. И мы являемся свидетелями того, как автомат своими точно рассчитанными действиями постепенно завоевывает одну за другой области, которые совсем недавно находились под непосредственным и исключительным контролем и управлением мышления.

Кибернетика ищет пути сближения этих двух управляющих систем. Она изучает мышление человека для того, чтобы создавать алгоритмы, более или менее близко описывающие деятельность этой живой управляющей системы. Она изучает принципы построения автоматов и исследует возможности механизации с их помощью процессов умственного труда человека. Кибернетика обогащает инженеров, которые создают сложные автоматы, опытом природы, выработавшей на протяжении многих миллионов лет самое сложное, что есть на свете, — организм человека. Кибернетика одновременно помогает физиологам и психиатрам в изучении этого организма, в раскрытии количественных закономерностей, по которым функционирует живая управляющая система. Вот почему так велико теоретическое и практическое значение кибернетики. И день ото дня растёт число учёных, отдающих свои творческие силы развитию этой важной науки.



## Ф И З И К А

### МЕСТО ФИЗИКИ СРЕДИ ДРУГИХ НАУК О ПРИРОДЕ

Физика!.. Это слово хорошо знакомо каждому. Трудно определить в нескольких словах, что изучает физика. Например, астрономия изучает различные небесные тела. Биология — это наука о живом мире. География изучает поверхность земли, геология — её недра, и т. д.

А физика? Попробуем разобраться в этом сложном вопросе.

Возьмём такой пример. Нас интересует рост растений. На первый взгляд это не имеет ни малейшего отношения к физике. Конечно, изучение того, как увеличивается размер листьев, как образуется цветок и т. д., это не физика. Однако при изучении роста растений перед многими исследователями возникают вопросы совсем другого рода. Почему вода поднимается вверх по стеблю растения? Почему листья зелены весной и летом, а осенью желтеют? Какую роль в жизни растений играют солнечные лучи и влага, и каким образом растение выделяет кислород?

Найти́ отве́ты на э́ти и мно́гие дру́гие вопро́сы — зна́чит показáть, каќим о́бщим зако́нам при́роды подчиня́ется изучáемое нáми явлéние.

Зада́ча ф́изи́ки и состо́ит в том, что́бы наход́ить о́бщие ф́изичес́ие зако́ны. Без знáния э́тих зако́нов, без умéния применя́ть их для предска́зывания ещ́е не откр́ытых явлéний чело́век не смог бы сде́латься хозя́ином при́роды.

Применéние ф́изичес́их мéтодов исслéдования ока́зывается чрезвыча́йно плодотво́рным и в дру́гих нау́ках, сме́жных с ф́изи́кой: в биоло́гии, геоло́гии, х́имии и др.

Осно́вы ф́изи́ки как нау́ки бы́ли впервы́е залóжены в рабо́тах ита́льянского учёного XVII в. Галиле́о Галиле́я, кото́рого мо́жно назва́ть основополо́жником ф́изи́ки.

Конéчно, ещ́е дрéвние кита́йцы и вавило́няне, египтя́не и гре́ки накопи́ли це́нные све́дения по отде́льным вопро́сам ф́изи́ки. Одна́ко э́то бы́ли лишь случа́йные и несистематизи́рованные да́нные. Мы наход́им у дрéвних ряд пра́вильных описа́ний фа́ктов, но нау́чное толко́вание э́тих фа́ктов вызы́вает тепе́рь глубо́кое удивлéние. Там, где в осно́ву рассу́ждения бы́ли поло́жены я́сные и отчётливые исхо́дные да́нные, учёные приходи́ли к пра́вильным результа́там. Когда́ же основны́е зако́ны не явля́лись оче́видными, он́и не могли́ прийти́ к пра́вильному понима́нию ф́изичес́ого ми́ра. Так, Аристоте́ль соглаша́ется с тем, что в ва́кууме все тела́, как тяжё́лые, так и лёгкие, долж́ны па́дать одина́ково бы́стро. Но он де́лает неожидáнный вы́вод: паде́ние ра́зных тел с одина́ковой ско́ростью абсúрдно, и, сле́довательно, ва́куум не мо́жет существова́ть.

Галиле́й был пе́рвым мысли́телем, кото́рый я́сно по́нял, что зако́номерности поведе́ния ф́изичес́их тел сле́дует устанáвливать путём изучéния при́роды на осно́ве о́пытов.

Опыт ле́жит в осно́ве ф́изи́ки, но э́то не зна́чит, что он — еди́нственный спо́соб позна́ния ф́изичес́кой йсти́ны. По ме́ре накоплéния о́пытных фа́ктов возника́ет потре́бность в их рассу́трéнии с еди́ной, о́бщей то́чки зрéния.

Все тела́, е́сли пренебре́чь сопроти́влением окружа́ющей среды́, незав́исимо от их ве́са, одина́ково па́дают на

Землю; все маятники одинаковой длины колеблются одинаково, независимо от их массы; Луна вращается вокруг Земли, а Земля — вокруг Солнца по неизменным орбитам. На первый взгляд, что общего между этими частными закономерностями? Однако Ньютон показал, что все упомянутые явления есть следствие одного и того же закона — закона всемирного тяготения. Для того, чтобы это доказать, надо прибегнуть к логическим рассуждениям и к математическим вычислениям. Это и является примером применения теоретических методов в физике.

Для огромного класса физических явлений общие законы природы уже в основном установлены.

Это относится, например, к науке о движении тел — механике, которая основана на законах, открытых Ньютоном. Это относится к электромагнитным явлениям, в основе которых лежат законы получения и распространения электромагнитных волн, правила действия электротехнических и радиотехнических схем. Эта огромная область знаний опирается на общие законы природы, установленные Фарадеем и Максвеллом. В известной мере, полным является также учение о тепловых явлениях, подчиняющихся закону сохранения и превращения энергии и закону невозможности построения вечных двигателей.

Наряду с более или менее полно изученными областями, существуют разделы физики, в которых идет интенсивная исследовательская работа, где еще не ясны общие законы природы. Это относится прежде всего к молекулярной, атомной и ядерной физике.

Открытие новых физических явлений и законов оказывает большое влияние на жизнь человека. Это можно проиллюстрировать бесчисленным количеством примеров.

Возьмем, например, вопрос о влиянии атомной физики на современную технику. Исследование законов движения электронов в вакууме привело к созданию электронной лампы и телевизионной трубки. Изучение законов электропроводности привело к открытию замечательных свойств полупроводников. Техника использовала эти достижения и разработала способы изготовления кристаллических диодов и триодов, открывших огромные

перспективы перед многими областями радиоэлектроники.

В течение двадцати лет физики занимались изучением строения атомного ядра. При этом учёные считали, что эти исследования имеют только теоретический интерес и не могут привести к важным практическим результатам.

Однако перед второй мировой войной было открыто деление ядра урана, и началась эра овладения внутриядерной энергией.

В настоящее время с большим увлечением физики работают, в частности, над исследованием элементарных частиц и применением физики к вопросам биологии.

### ПЕРВОЕ ОТКРЫТИЕ ГАЛИЛЕЯ

15 февраля 1564 г. в семье обедневшего флорентийского дворянина Винченцо Галилея родился сын Галилео.

Маленький Галилео рано научился читать. Он увлекался естественными науками: механикой, астрономией, математикой, оптикой.

В 1581 году, когда Галилео исполнилось 17 лет, он поступил в Пизанский университет изучать медицину. Но вскоре он перешёл на философский факультет, где преподавали и математику, и физику. В те времена эти науки ещё не отделялись от философии.

Все студенты, по университетским правилам, должны были ходить в церковь. В 1583 году Галилей, находясь в Пизанском соборе, обратил внимание на люстру, подвешенную к потолку на тонких цепочках. Служители, которые зажигали свечи, видимо, толкнули её, и тяжёлая люстра медленно раскачивалась.

Галилей стал наблюдать за ней: размахи люстры постепенно укорачивались, ослабевали, но Галилею показалось, что, хотя размахи люстры уменьшаются и затихают, время одного качания остаётся неизменным. Чтобы проверить это, нужны были точные часы, но часов тогда ещё не изобрели. Юноша догадался использовать вместо секундомера биение своего сердца. Нащупав на руке пульсирующую жилку, Галилей считал удары пульса и одно-

временно качания люстры. Предположение как будто подтверждалось, но люстра, к сожалению, перестала качаться.

Дома Галилей привязал к ниткам разные предметы: ключ от двери, камешки, пустую чернильницу и другие грузики и стал их раскачивать. Он подвесил эти самодельные маятники к потолку, смотрел, как они качаются, и считал время по ударам пульса.

Прежде всего, Галилей убедился, что лёгкие предметы качаются так же часто, как тяжёлые, если они висят на нитках одинаковой длины. А зависят качания только от длины нити: чем нитка длиннее, тем реже качается маятник, а чем короче, тем качания чаще. Следовательно, частота качаний зависит только от длины маятника, но не от его веса.

Галилей укоротил нитку, на которой висела пустая чернильница; сделал так, чтобы она качалась в такт биению пульса и на каждый удар сердца приходилось одно качание. Затем он подтолкнул чернильницу, а сам сел в кресло и стал считать пульс, наблюдая за маятником.

Сначала чернильница делала довольно широкие размахи и быстро летала из стороны в сторону, а потом её размахи становились всё меньше, а движение медленнее; таким образом, время одного качания заметным образом не изменялось. И большие и малые размахи маятника всё равно совпадали с ударами пульса. Но тут Галилей заметил, что от волнения его «секундомёр» — сердце — начал биться быстрее и мешать опыту. Тогда он стал повторять свой опыт много раз подряд, чтобы успокоить сердце.

В результате этих опытов Галилей убедился, что время одного качания заметным образом не меняется — оно остаётся почти одинаковым (если бы у Галилея были современные точные часы, он мог бы заметить, что небольшая разница между большими и маленькими качаниями всё же есть, но она почти неуловима).

Размышляя о своём открытии, Галилей решил, что оно может пригодиться врачам для того, чтобы считать пульс у больных людей. Молодой учёный придумал небольшой приборчик — пульсолóгий. Пульсолóгий быстро вошёл во врачебную практику. Врач приходил к боль-

нóму, одной рукой щупал пульс, а другой подтягивал или удлинял маятник своего прибора, чтобы качания маятника совпадали с ударами пульса. Потом по длине маятника врач определял частоту биения сердца больного.

К концу своей жизни учёный доказал, что маятник может стать прекрасным регулятором для часов. С тех пор маятник используется в настенных часах — одним из точнейших механизмов.

## ЗАКОН ВЗАИМОСВЯЗИ МАССЫ И ЭНЕРГИИ

Мы знаем, что каждое тело обладает определённым количеством энергии. Но возникает естественный вопрос, как определить это количество энергии? Существует ли метод, с помощью которого можно было бы заранее вычислить, сколько энергии содержится в любом теле?

В 1905 году такой способ был указан тогда ещё никому не известным 26-летним немецким учёным Альбертом Эйнштейном. Эйнштейн опубликовал в научном журнале две небольшие статьи, посвящённые созданной им теории относительности.

Во второй статье, которая занимала менее двух страниц, Эйнштейн сформулировал важнейший закон природы — закон взаимосвязи массы и энергии. Сущность этого закона состоит в том, что энергия, которой обладает всякое тело, прямо пропорциональна массе этого тела. Причём коэффициентом пропорциональности между массой и энергией является скорость света, возведённая в квадрат.

Иначе говоря: если масса одного тела в несколько раз больше массы другого, то и энергия первого тела точно во столько же раз больше, чем энергия второго. Из этого закона вытекает и другой вывод. Поскольку энергия тела может изменяться, то соответственно должна изменяться и масса тела. То есть, масса тела не является абсолютно постоянной величиной, а зависит от тех условий, в которых тело находится. Поэтому мы не можем точно ответить на вопрос, какова, например, масса снаряда, если неизвестно, о каком снаряде идёт

речь — о неподвижном или движущемся. Летящий снаряд обладает кинетической энергией, а покоящийся — такой энергией не обладает. Поэтому полная энергия летящего снаряда больше его энергии в состоянии покоя.

Таким образом, существует прямая связь между массой и энергией, которые ранее считались совершенно независимыми. Закон Ломоносова — закон сохранения массы — и закон сохранения энергии благодаря этому открытию сливаются в единый закон — закон сохранения массы и энергии.

Следует сказать, что ещё до Эйнштейна частное проявление этого закона наблюдал П. Н. Лебедев — известный русский физик, который впервые в мире измерил давление света. Он доказал, что свет, представляющий собой электромагнитные волны, обладает электромагнитной массой.

Закон взаимосвязи массы и энергии имеет огромное значение в современной физике, именно с его помощью была впервые указана принципиальная возможность получения атомной энергии.

## ЗАКОНЫ ДИНАМИКИ

История механики тесно связана с историей общества. Раньше других отраслей механики зародилась статика, развитие которой тесно связано со строительным искусством древних египтян, кораблестроением у древних греков и внедрением весов в торговом обмене.

Памятники древней механики и строительства, папирусы, произведения античных учёных подтверждают значительное развитие статики в древнем мире.

Одним из величайших механиков и математиков древности был греческий учёный Архимед. Свои замечательные физико-математические познания он применил к разнообразным задачам естествознания и техники, в частности, к конструированию многочисленных машин и сооружений. Архимед изобрёл бесконечный винт (водоподъёмную машину, названную архимедовым винтом). Водоподъёмник Архимеда представляет собой цилиндрическую трубу длиной 4—6 м., открытую с двух сторон. По

ося трубы расположен вал с винтовой поверхностью. Один конец архимедова винта установлен там, куда жидкость должна выливаться, другой конец погружен в жидкость. При вращении винта вода поднимается вдоль трубы и непрерывно выливается из верхнего отверстия. Таким образом, действие винта фактически основано на принципе наклонной плоскости.

Архимедов винт обладает большими преимуществами по сравнению с поршневым насосом, так как позволяет производить подъем загрязненной, илистой воды, в то время как поршневые насосы хорошо работают лишь при подъеме чистой воды.

В настоящее время подъемники Архимеда почти не применяются, так как их заменили центробежные насосы. Однако в III веке до нашей эры изобретение такой машины представляло собой замечательное достижение...

Во многих научных сочинениях Архимед излагает свой открытия в области статики и гидростатики. Вот одно из них: «На всякое тело, погруженное в жидкость, действует со стороны этой жидкости «подъемная сила», направленная вверх и равная весу вытесненной телом жидкости».

«Тела, которые тяжелее жидкости, будучи опущены в жидкость, погружаются все глубже, пока не достигают дна, и, пребывая в жидкости, теряют в своем весе столько, сколько весит жидкость, взятая в объеме этих тел».

Архимед, несомненно, является основателем статики. Он первым предложил теорию рычага, и, в частности, сформулировал закон рычага.

В этом законе уже намечено понятие момента силы, которое играет основную роль во всей современной механике. Работы Архимеда позволили создать точную теорию равновесия и, таким образом, решить важные практические вопросы.

### ПОЧЕМУ ЖИДКОСТЬ ТЕЧЕТ

Когда профессор Лондонского университета, известный кристаллограф Джон Бэрнал принес в лабораторию футбольный мяч, сотрудники не очень удивились, но все

же с интересом стали смотреть в сторону шефа и думать, зачем ему понадобился этот предмет явно нелабораторного назначения? Но Бэрнал не торопился с разъяснениями. Он положил перед собой покрывку мяча и стал наполнять её маленькими пластмассовыми шариками, которые предварительно тут же обсыпал меловой пудрой. Вот мяч набит шариками до отказа. Профессор тянет за кожаные шнурки и туго стягивает покрывку. Мяч жмут, тискают, бьют ногами. Он ведёт себя так же, как если бы был наполнен водой — неупруго изменяет форму, не прыгает. Бэрнал отпускает шнурки и высыпает шарики. На большинстве из них странные отметины, следы сжатия: двенадцать точек, двенадцать симметрично расположенных пятиугольных граней.

«Вот вам разгадка строения жидкости!» — удовлетворённо говорит учёный. — «Простой ответ на вопрос, на который так долго не было ответа: почему течёт жидкость? Потому что группы молекул в ней имеют форму двенадцатигранников. В твёрдых телах такой формы почти не встречается. Двенадцатигранник — это типичная форма элемента жидкости».

До последнего времени не было удовлетворительного объяснения механической структуры жидкости. Мы знаем, почему твёрдое тело твёрдо: между частицами его действуют одновременно силы притяжения и отталкивания, зависящие от расстояния между частицами; при сжатии, то есть уменьшении расстояний между частицами, преобладают силы отталкивания, при растяжении и, соответственно, увеличении расстояний, преобладают силы притяжения. Мы знаем, почему газ газообразен: потому что он состоит из молекул, которые, за исключением моментов, когда они сталкиваются друг с другом, почти не взаимодействуют между собой; под влиянием теплового движения эти молекулы свободно разлетаются во все стороны.

Но до последнего времени не знали, почему жидкость течёт.

Джон Бэрнал, который занимался в основном исследованиями кристаллов, одновременно много думал над загадкой жидкости. Любопытно, что впервые мысль установить связь между гидродинамическими свойствами

вами воды и формой и расположением её молекул возникла у профессора Лондонского университета в Москве. Это было в 1932 году, на московском аэродроме, где в ожидании самолёта два англичанина, Джон Бэрнал и известный физик Фаулер, завели разговор о воде. Год спустя появилась теория, которая получила название «теории Бэрнала — Фаулера» и явилась первой попыткой объяснения явления текучести.

Много позже Бэрнал пришёл к выводу, что переход от твёрдого состояния к газообразному совершается не тремя ступенями, как до сих пор считалось, а четырьмя. Сперва упорядоченные, плотно упакованные группы молекул твёрдого тела превращаются в беспорядочные группы молекул жидкости. Эти группы имеют формы двенадцатигранников, обеспечивающие им взаимоскольжение и беспорядочное перемешивание, характерное для жидких тел. Затем происходит возникновение свободных несвязанных групп молекул, и, наконец, как последняя, четвертая ступень, появляются совсем свободные молекулы газа.

В качестве одного из возможных подтверждений своей теории Бэрнал и придумал опыт с пластмассовыми шариками, сжимаемыми в мяче. Шариками эти плотно прилегали друг к другу, но вместе с тем могли и перемещаться по отношению друг к другу. Это делало их похожими на жидкость, имитировало жидкое состояние. И, действительно, при сжатии шарика принимали форму додекаэдров или двенадцатигранников, что и вывел теоретически Бэрнал.

Джон Бэрнал доложил о своём открытии в Английском королевском институте. Теория известного прогрессивного учёного вызвала большой интерес.

## РАДИОАКТИВНОСТЬ

Физик приходит в лабораторию и вспоминает: несколько недель назад он положил в шкаф фотопластинку в чёрной бумаге и насыпал сверху немного урановой соли. Тогда было пасмурно, и он не смог сделать очередной опыт — осветить уран солнечным светом, чтобы посмотреть, не испускает ли облучённый уран невидимых лучей, недавно открытых Рентгеном. Физик смотрит в окно — сегодня небо чистое, можно приступить к опыту.

Но пластинка столько дней пролежала в шкафу, надёжна ли она? Он решает проявить её. И возвращается из фотокомнаты в полном смятении: на пластинке он увидел точное изображение кучки урановой соли!

В темноте закрытого шкафа, без малейшего воздействия извне, уран сам себя сфотографировал через чёрную бумагу... Физик повторяет опыт снова и снова, przygotowляет урановую соль в темноте. Нет, это не ошибка: урановые соединения неизменно оставляют на пластинке свой автограф! Он кладёт на завернутую пластинку алюминиевый медальон, насыпает поверх него соль урана и получает фотографию медальона. Значит, в уране скрыт источник каких-то лучей, способных пронизывать и бумагу и слой металла.

Так в 1896 году Анри Беккерель открыл радиоактивность. А через несколько лет из урановой руды была выделена ничтожная примесь радия — нового элемента, который был в миллион раз более активным, чем уран. Однажды Беккерель поехал в Лондон читать лекцию о своём открытии. Он положил в карман запыленную трубочку с крупницей радия. И вернулся с ожогом на груди. Ожог имел форму трубочки... История рассказывает об изъязвленных пальцах Марии Кюри, о смерти учёного Рейса, забывшего радий в кармане, и, наоборот, о спасении раковых больных, которых осторожно облучали радиевыми солями.

Скоро стало известно, что радиоактивные вещества делают окружающий воздух проводником электричества. Потом было открыто свойство радия самонагреваться. Мария Кюри назвала это «вызовом современной науке».

Но и это не всё. Оказалось, что человек бессильно воздействовать на радиоактивность — прекратить или возбудить её, уменьшить или увеличить. Уран расплавляли в электропечах, замораживали до  $-180^{\circ}\text{C}$ , осаждали из растворов, превращали в газ в соединении с фтором, помещали в сильные электрические поля, заключали между полюсов мощных магнитов, подвергали сильному давлению, но его способность испускать всё те же лучи абсолютно не изменилась.

Простыми и остроумными способами физики выяснили, что это за лучи. Обнаружилось, что в магнитном

пóле о́нй расщепля́ются на три ча́сти: о́днá отклоня́ется в о́дну́ сто́рону, дру́га́я — в проти́вopoлóжную, тре́тья воо́бщe не отклоня́ется. Значит, о́днá часть заря́жена положи́тельно, дру́га́я — отри́цательно, тре́тья воо́бщe элеќтрически не заря́жена. Эти три ча́сти назва́ли тре́мя пе́рвыми бу́квами гре́ческого алфа́вита. Так появи́лись назва́ния а́льфа-, бе́та-, га́мма-лучи́.

## АТОМНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Произво́дство элеќтрической эне́ргии а́томными элеќтроста́нциями явля́ется о́дним из о́сновных пу́тей испо́льзования я́дерной эне́ргии. Наряду́ с э́тими име́ются и дру́гие пу́ти. Примене́ние а́томных дви́гателей на всевозмо́жных тра́нспортных устано́вках представля́ет собо́й второ́й ва́жный пу́ть испо́льзования я́дерной эне́ргии.

А́томный дви́гатель — э́то маши́на, кото́рая преобра́зует эне́ргию я́дерного го́рючего в меха́ническую эне́ргию враще́ния. Осно́вой а́томного дви́гателя лю́бой возмо́жной констру́кции явля́ется я́дерный реа́ктор того́ или друго́го ти́па.

О́сновным преимущест́вом а́томного дви́гателя по сравне́нию с дви́гателями, рабо́тающими на обы́чном хи́мическом то́пливе, явля́ется о́чень ма́лый расхо́д я́дерного го́рючего.

Ма́лый расхо́д я́дерного го́рючего приобрета́ет о́собо ва́жное значе́ние, когда́ тре́буется обеспе́чить непре́рывную рабо́ту дви́гателя в тече́ние длите́льного вре́мени без дозапра́вки го́рючим. Э́то значи́т, напри́мер, что тяжё́лый возду́шный кора́бль с а́томным дви́гателем смо́жет совер́шить кругосве́тный полёт без поса́дки и без дозапра́вки го́рючим; тако́й полёт на самолёте с обы́чным дви́гателем, кото́рый тре́бует о́громного коли́чества то́плива, невозмо́жен.

Примене́ние я́дерного го́рючего мо́жет дать принци́пальное реше́ние и пробле́ме межплане́тных полётов с по́мощью раке́т.

Положи́тельным сво́йством а́томного дви́гателя явля́ется и то, что для е́го рабо́ты не тре́буется возду́ха, без кото́рого невозмо́жно сжига́ние то́плива в обы́чном теплов́ом дви́гателе.

Существенным недостатком атомного двигателя является необходимость окружать ядерный реактор тяжёлой биологической защитой. На стационарных силовых установках это обстоятельство не имеет большого значения. А вот для транспортных установок проблема защиты от излучения реактора создаёт большие трудности.

Удельный вес биологической защиты по сравнению с общим весом атомного двигателя тем меньше, чем больше его мощность. Поэтому двигатели большой мощности более целесообразны. Атомный двигатель большой мощности оказывается легче обычной паросиловой установки, которая имеет большой запас топлива.

С практической точки зрения все ядерные реакторы для двигателей можно разделить на три категории.

Первые реакторы не требуют специальной защиты от излучений, они предназначены для двигателей, работающих автоматически или управляемых на расстоянии.

Вторые реакторы требуют мощной бетонной защиты в сотни тонн. На больших кораблях они должны быть расположены так, чтобы экипаж и пассажиры были защищены от излучений.

Третьи реакторы нуждаются только в частичной защите. Их можно использовать в локомотивах и на больших самолётах. Реактор, установленный на самолёте, может иметь одну хорошо защищённую сторону. Остальные пять сторон, которые не обращены к кабине, могут иметь незначительную защиту.

Таким образом, применение атомного двигателя в авиации является перспективным в первую очередь для самолётов-снарядов, ракет дальнего действия и управляемых на расстоянии снарядов, то есть тогда, когда на летящем аппарате нет экипажа, и поэтому нет необходимости устраивать тяжёлую защиту от излучений реактора.

Атомные двигатели могут строиться по типу стационарных паросиловых установок (паровых двигателей) атомных электрических станций. Основными элементами оборудования таких двигателей являются: 1) ядерный реактор, который играет роль «топки», 2) парогенератор — «паровой котёл» и 3) паровая турбина. Если вместо паровой турбины применить газовую турбину, кото-

рая приводится в движение нагретым в реакторе газом, то парогенераторы не потребуются. Такого типа атомные двигатели можно использовать на морских надводных и подводных кораблях и на железнодорожных локомотивах — атомовозах.

## РОЖДЕНИЕ НАУКИ

Мы не знаем, когда люди впервые обнаружили, что тела могут быть приведены в особое состояние — наэлектризованы. Произошло это очень давно. Впервые в VI в. до н. э. описал этот факт греческий философ Фалес Милетский. По словам учёного, ткачихи заметили, что потёртый о шерсть янтарь способен притягивать к себе лёгкие предметы.

Оказывается, подобным свойством обладает не только янтарь. Если провести несколько раз гребёнкой по сухим волосам, то она начнёт притягивать мелкие кусочки бумаги. Тела, приведённые в такое состояние, называют наэлектризованными.

В этих простейших опытах люди впервые столкнулись с проявлением электрических сил. Но прошло более двух тысячелетий, прежде чем началось систематическое исследование электричества и был открыт закон взаимодействия наэлектризованных тел. Странное поведение янтаря и некоторых других предметов казалось любопытным. Ничто не говорило о том, что здесь в простейшей форме выступают законы, управляющие течением большинства явлений на Земле.

Сейчас мы хорошо знаем, что происходит при электризации тел. Наиболее подвижные заряженные частицы — электроны — при трении переходят с одного тела на другое. Тело, получающее избыток электронов, заряжается отрицательно, а потерявшее электроны — положительно. Закон взаимодействия заряженных тел был установлен Кулоном в конце XVIII в. Нельзя дать общий закон взаимодействия для заряженных тел произвольных размеров и формы, так как сила взаимодействия зависит от формы и взаимного расположения тел. Размеры же тел и их взаимное расположение могут быть бесконечно разнообразными. Однако опыт показывает,

что, если размеры заряженных тел много меньше расстояния между ними, то сила взаимодействия не будет зависеть от формы и размера заряженных тел. Именно для этого случая и был установлен закон, имеющий общее значение.

Для исследования взаимодействия зарядов Кулон сконструировал специальный прибор — крутильные весы. С помощью этого прибора можно исследовать взаимодействие маленьких заряженных шариков.

В результате этих опытов Кулон нашёл, что сила электрического взаимодействия убывает обратно пропорционально квадрату расстояния, т. е. уменьшается, например, в четыре раза при увеличении расстояния вдвое. Кроме того, эта сила зависит от величины зарядов шариков.

## ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

Как же осуществляется взаимодействие двух зарядов? Первоначально считали, что заряды непосредственно через пустоту действуют друг на друга. Каждый заряд на расстоянии «чувствует» присутствие другого. Это была так называемая «теория дальнего действия». Изменение силы с точки зрения «теории дальнего действия» можно воспринять только как «чудо». Правда, это «чудо» подчиняется определённому количественному закону.

Величайшей заслугой английского физика Майкла Фарадея — основоположника современных представлений об электромагнетизме — было введение совершенно нового понятия — понятия электрического поля. По его идее заряды не действуют друг на друга непосредственно. Каждый из них создаёт в окружающем пространстве электрическое поле. Величина электрического поля убывает по мере удаления от заряда. На заряд А действует не сам заряд В, а созданное им поле. Так, перемещение заряда В и его новое положение меняют силу, которая действует на заряд А. При этом меняется поле заряда в той точке, где расположен заряд А. Действие заряда передаётся в пространстве от точки к точке посредством электрического поля. В этом заключается «теория ближнего дей-

ствия». С её появлением теория «дальнодействия» была оставлена.

Что же такое электрическое поле? Его существование в пространстве так же достоверно, как и существование самих зарядов. Электрическое поле представляет собой особое, специфическое состояние материи.

Наше представление об электрическом поле образуется в результате опытного исследования свойств поля. Основное его свойство заключается в способности действовать на электрический заряд с определённой силой. По величине этой силы можно судить о величине поля. Один и тот же электрический заряд в различных участках электрического поля испытывает на себе различную силу. Следовательно, величина поля в различных точках пространства будет различной. Принято характеризовать величину поля силой, которая действует на положительный заряд, равный единице. Эта характеристика поля называется напряжённостью электрического поля. Распределение электрического поля в пространстве можно считать известным, если мы знаем напряжённость в каждой точке.

В учении об электричестве понятие поля играет основную роль. После введения представления о поле центр тяжести в исследовании электромагнитных процессов сосредоточивается уже не на изучении самих зарядов, а на изучении свойств пространства между ними — электрического поля. В каждой точке пространства поле действует на положительный заряд с некоторой силой, которая имеет определённое направление. Это направление принимается за направление поля. Силовой линией называется линия, касательная к которой в каждой точке указывает направление поля.

Электрическое поле непосредственно не действует на наши органы чувств, а поэтому нелегко убедиться в его реальности.

Однако с помощью не очень сложного опыта мы можем сделать силовые линии «видимыми»: твёрдые продолговатые частицы гипса или другого вещества, которое не проводит электричество, поворачиваются вдоль поля, располагаясь как раз по силовым линиям.

Для проведения опыта нужно иметь электрическую машину, способную сообщать телам достаточно большой заряд. Чтобы силы трения не мешали частицам поворачиваться вдоль поля, их нужно поместить в жидкий изолятор, например, в касторовое масло.

Работа, которую совершают силы электрического поля при перемещении заряда из одной точки пространства в другую, не зависит от формы выбранного пути; такие поля называются потенциальными. Потенциальным является поле тяготения Земли. Работа, которую надо совершить, чтобы поднять тело над Землей, не зависит от формы пути подъема, а определяется только начальным и конечным положением тела над Землей — высотой подъема. Следовательно, в электрическом поле работа при перемещении данного заряда целиком определяется характером поля и положением в пространстве начальной и конечной точек пути. В свою очередь, электрическое поле вполне определено, если известна работа по перемещению единичного положительного заряда между двумя любыми точками в пространстве, занятом полем. Эта работа называется разностью потенциалов, или напряжением.

Итак, электрическое поле можно характеризовать двумя величинами: либо заданием напряженности в каждой точке пространства, либо работой по перемещению единичного заряда между двумя любыми точками — разностью потенциалов. Напряженность — функция одной точки пространства; разность потенциалов — функция двух точек. Обе величины однозначно связаны друг с другом, так же как работа и сила в механике.

## ПОЛУПРОВОДНИКИ

Полупроводники... Кто не слышал об этих замечательных материалах? Серо-голубые, туеско блестящие кристаллы германия, кремния, селена, бесчисленные сплавы, окислы привлекают пристальное внимание ученых. Над полупроводниками трудятся химики и металлурги, их изучают радиоинженеры, конструкторы автоматических устройств, на них возлагают надежды светотехники, энергетики, врачи; всё чаще говорят о них и физиологи.

Что же такое полупроводники? Почему они стали так нужны человеку?

Прежде чем ответить на эти вопросы, надо разобраться в физической сущности явления электропроводности.

Всем хорошо знакомы два основных материала электротехники — проводник и изолятор. Медная проволока хорошо проводит электрический ток. Поэтому медь, как и другие металлы, называют проводником. А фарфоровый ролик или какой-нибудь предмет из стекла, резины, эбонита тока не пропускают. Это изоляторы. В чём физические причины различия проводников и изоляторов?

Любое вещество построено из бесчисленных мириад атомов. Всякий атом состоит из ядра, вокруг которого кружится хоровод электронов — лёгких частичек, несущих отрицательный заряд. И оказывается, что в проводниках и изоляторах наружные, так называемые валентные электроны атомов, которые создают химические связи, ведут себя неодинаково.

В металле атомы лишены валентных электронов. Эти электроны не могут держаться на атомах, соскакивают с них, свободно блуждают внутри металла и образуют своеобразный электронный газ. Но частицы его не могут уйти из металла. Общие усилия положительно заряженных атомов (ионов), которые образуют остов (кристаллическую решётку) металла, надёжно удерживают электронный газ внутри металла. Можно считать, что валентные электроны там «обобществлены», принадлежат одновременно всем атомам вместе, а не каждому из них в отдельности. Это и определяет высокую электропроводность металлов.

Если прижать металлическую проволочку к полюсам электрической батареи, частички электронного газа подхватываются электрическим полем и устремляются к положительному полюсу. По металлу начинает течь электрический ток.

Известно, что при нагревании проводника его электропроводность падает. Поэтому спираль электрической плитки сразу после включения в сеть обладает значительно меньшим сопротивлением, чем тогда, когда раска-

лится до красна. В этом состоит важный физический признак проводников. Как его можно объяснить?

Когда электронный поток в металле пробивается через кристаллическую решётку атомов, лишённых валентных электронов, атомы тоже колеблются. Чем выше температура, тем сильнее колебания решётки и, следовательно, тем труднее пробиваться сквозь неё электронному потоку. Такова, в самых общих чертах и очень упрощённо, физическая сущность электропроводности металлов.

А что происходит в изоляторах?

В фарфоровом ролике, как и в любом другом изоляторе, дело обстоит иначе. Электронного газа там нет, атомы крепко удерживают свой валентные электроны. В изоляторе нечему переносить ток. Правда, если очень сильно разогреть изолятор, его иногда можно сделать электропроводным: при интенсивном тепловом движении атомы станут терять валентные электроны, которые и будут носителями тока.

Полупроводники же занимают промежуточное положение между проводниками и изоляторами.

\* \* \*

При низкой температуре большинство электронов в полупроводниках остаётся на своих местах в атомах. Но связаны они с атомами не слишком сильно. В процессе теплового движения атомы раскачиваются и теряют наружные электроны. При нагревании полупроводника в нём увеличивается количество электронного газа, т. е. свободных электронов, которые способны переносить электрический ток.

Значит, полупроводник при нагревании не уменьшает, как металл, а, наоборот, увеличивает свою электропроводность. В этом заключается важный физический признак любого полупроводникового материала.

Характерна и другая особенность. Оказывается, в полупроводнике переносят ток не только оторвавшиеся от атомов электроны, но и те, которые остаются связанными с атомами.

Почему это происходит?

Проследим за поведением электронов в кусочке полупроводника, соединённого с полюсами электрической батареи.

Атомы кристаллической решётки колеблются. С них непрерывно слетают электроны, которые тотчас подхватываются электрическим полем батареи и улетают прочь. Однако в каждом атоме, который избавился от электрона, остаётся как бы свободное место. Оно лишь ничтожное мгновение остаётся пустым. Под действием электрического поля на него сразу же переходит электрон с соседнего атома. Не получая полной свободы, этот электрон стремится при этом двигаться туда, куда его влечёт электрическое поле батареи. Вновь освободившееся место занимает электрон с ещё более далёкого атома и т. д.

Словом, связанные электроны перемещаются по «свободным местам» в атомах по направлению к положительному полюсу батареи. Это служит значительной добавкой к току через полупроводник. А «свободные места» или, как говорят физики, «дырки» тем временем перемещаются в обратную сторону.

\* \* \*

Разумеется, надо помнить, что «дырка» — понятие чисто условное. Это — совсем не настоящая частица. В ней нет ни заряда, ни массы. Пользуются понятием «дырка» лишь ради удобства, чтобы избежать сложных и громоздких рассуждений о движении электронов, связанных с атомами.

Таким образом, в полупроводнике существуют два вида носителей тока — электроны и «дырки». С этим связано множество явлений — не только электропроводность, но и свечение материала, когда электроны воссоединяются с «дырками», или своеобразное поведение в магнитном поле.

Если полупроводник, по которому течёт ток, поместить в магнитное поле, то электроны и «дырки» отклоняются от прямого пути и создают разность потенциалов в перпендикулярном направлении. Это явление называется эффектом Холла. При фиксировании «поперечной» электродвижущей силы в полупроводнике, который помещён

в магнитное поле, удаётся улавливать тончайшие изменения этого магнитного поля. Высокой чувствительностью полупроводников к изменению магнитного поля пользуются для создания идеально точных компасов и других приборов.

## Два типа полупроводников

Может показаться, что свободных электронов и «дырок» в полупроводнике всегда должно быть равное количество. Но это возможно лишь в абсолютно чистом полупроводнике, когда он свободен даже от ничтожнейших примесей. Если ввести в чистый полупроводник совсем небольшое количество другого химического элемента, появляется либо избыток электронов, либо избыток «дырок». Например, закись меди в присутствии примеси меди обогащается электронами, а в присутствии «лишнего» кислорода — «дырками». Объяснить это нетрудно. Атомы кислорода легко оттягивают на себя электроны и создают избыток «дырок», а атомы меди, наоборот, отдают свои электроны. Полупроводники, в которых основными носителями тока служат электроны, называются электронными. А материалы с избытком «дырок» — дырочными полупроводниками.

Изготовление полупроводников — дело очень нелёгкое. Главная трудность заключается в очистке материалов. Например, полупроводниковый кристаллический элемент германий требует иногда такой высокой очистки, чтобы на миллион его атомов приходилось не более одного атома другого вещества. Ещё большей чистоты физики требуют от кремния. Однако современная техника неплохо справляется с задачей высшей очистки материалов. Для этого изобретено немало способов. Например, способ зонной плавки. Под влиянием высокочастотного поля полупроводник раскаляется и плавится, а затем область расплавленного материала постепенно продвигается вперёд. При этом примеси как бы выталкиваются в расплав. Из расплавов выращивают кристаллы и получают очищенные материалы. В основе этих методов лежит известное явление: кристалл всегда чище жидкости, из которой он выращивается. По этой причине, на-

примёр, лёд на поверхности моря мёнее солёный, чем морская вода.

В многократно очищенный полупроводниковый материал добавляют ничтожное количество необходимых примесей. Так получают дырочные и электронные полупроводники.

Возможность в широких пределах управлять электрическими свойствами полупроводников открывает им бесчисленные пути к практической службе.

## СВЕТ — ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ

В то время, когда начала бурно развиваться спектроскопия, была создана теория электромагнитных волн. Она явилась результатом обобщения накопившихся опытных исследований об электрических и магнитных свойствах материи.

Когда электромагнитная волна встречает на своём пути мельчайшие электрически заряженные частицы — электроны, то она действует на них с некоторой силой. Электроны начинают колебаться, как колеблется пробка под действием водяных волн. Сила воздействия электромагнитных волн на электрон непрерывно меняет своё направление и периодически то возрастает до некоторого максимума, то опять уменьшается. Это является характерным для электромагнитной волны.

Но там, где есть периодическое колебание, которое распространяется в пространстве, там можно говорить и о длине волны. У водяных волн мы называли длиной волны расстояние между двумя ближайшими гребнями. Гребень водяной волны — это наибольшее отклонение частиц воды, направленное в одну сторону — вверх.

У электромагнитных волн мы можем называть длиной волны расстояние между двумя ближайшими точками, в которых электромагнитная сила, которая действует на электрон, имеет наибольшее значение и направлена в одну сторону. Ту роль, которую у воды играет гребень, у электромагнитной волны выполняют электромагнитные силы, действующие на электрон.

Для возбуждения электромагнитных волн в настоящее время есть много способов, но в первое время был применён самый простой: заряжали один металлический стержень, с шаром на конце, положительным электричеством и другой такой же стержень — отрицательным, а затем сближали их настолько, чтобы между шарами проскочила искра. Искра — это чрезвычайно кратковременный электрический ток через воздух, она длится тысячные доли секунды. При этом электрические заряды перескакивают с одного стержня на другой, а потом обратно, меняя направление миллионы раз в секунду. Происходит искровой разряд, в стержнях возникает колебание электрического тока. При искровом разряде в пространстве расходятся невидимые глазом электромагнитные волны.

С помощью искрового разряда немецкий физик Г. Герц в 1888 году получил электромагнитные волны длиной в 9 метров. Спустя 7 лет знаменитый русский физик А. С. Попов изобрёл радио — одно из величайших достижений науки и техники нашего времени. С помощью электромагнитных волн он послал первую в мире радиogramму.

Изучая свойства световых и электромагнитных волн, физики пришли к выводу, что природа их одинакова. И те и другие волны распространяются с одинаковой скоростью, отражаются и преломляются по одним и тем же законам. Распространение световых волн в телах зависит от электрических и магнитных свойств этих тел так же, как от этих свойств зависит и распространение в них электромагнитных волн. Свет — это те же электромагнитные волны, какие получают от искрового разряда. Оба типа волн отличаются лишь тем, что у них различна длина волн.

Уже давно было замечено, что по обе стороны светового спектра имеются какие-то невидимые излучения. Если за красным краем солнечного спектра поставить термометр, он сильно нагревается. А за фиолетовым концом спектра не только нагревается термометр, но и сильно чернеют фотопластины. Невидимые излучения за красным концом спектра называли инфракрасными, а за фиолетовым концом — ультрафиолетовыми. Было уста-

новлено, что инфракрасные и ультрафиолетовые излучения — это также электромагнитные волны; длина волн у первых больше, чем у красного света, а у вторых меньше, чем у фиолетового.

## ИНФРАКРАСНЫЕ ЛУЧИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Помимо лучей видимого света, в природе существуют невидимые излучения, которые мы не воспринимаем глазами. К таким лучам относятся, например, инфракрасные лучи.

Инфракрасные лучи испускает любое нагретое тело: тело человека и животного, нагретый кусок металла и уголь, чайник с кипящей водой и горячая печь, стены домов и поверхность земли. Очень много инфракрасных лучей в излучении солнца, в свете электрических лампочек и во многих других источниках света.

Эти лучи обладают многими интересными свойствами. Они, например, легко проходят через некоторые непрозрачные тела. Так, тонкая деревянная пластинка или пластинка из пластмассы — эбонита — не задерживают инфракрасных лучей. Они проходят через такие пластинки, как лучи видимого нами света проходят через оконное стекло. А оконное стекло, наоборот, почти не пропускает инфракрасных лучей.

Другим важным свойством инфракрасных лучей является их способность легко проходить сквозь облака и туман. Так, при помощи инфракрасных лучей получают четкие фотоснимки далёких предметов, снимают в тумане, при снегопаде. Большую помощь оказывает астрономам фотографирование в инфракрасных лучах. Так было открыто, например, что в газовой оболочке, которая окружает планету Венеру, содержится много углекислого газа, а атмосфера Юпитера состоит главным образом из метана и аммиака. Очень важное открытие сделали советские астрономы: они обнаружили, что само ночное небо является источником инфракрасных лучей. Эти лучи идут к нам от невидимых в телескопы слабо нагретых звёзд. Такие звёзды названы инфразвёздами.

Очень часто инфракрасные лучи используются в сложных устройствах для охраны различных помещений

или территорій. Обычно это источник инфракрасных лучей и помещённый на некотором расстоянии от него приёмник, который соединён с каким-либо сигналом — с электрическим звонком и т. п. Если только кто-либо пересечёт невидимый инфракрасный пучок, который идёт от источника к приёмнику, сразу же начинает звонить звонок.

Инфракрасные лучи широко используются также для сушки самых различных лаков, фруктов и рыбы, бумаги и кожи. Это самый лучший, быстрый и дешёвый способ. Раньше сушку производили при помощи горячего воздуха. Но такая сушка длительна и во многих случаях портит изделия. А инфракрасное облучение сушит быстро и не перегревает предмета. Так сушат теперь у нас автомобили, покрытые свежим слоем эмали. Инфракрасное облучение высушивает эмаль за несколько минут, а раньше для этого требовалось около суток.

Применяются инфракрасные лучи и в медицине при лечении некоторых заболеваний. Они нагревают внутренние части человеческого тела значительно лучше, чем медицинские грелки с горячей водой.

## ПЕТР НИКОЛАЕВИЧ ЛЕБЕДЕВ

(1866—1912)

П. Н. Лебедев воспитал целое поколение физиков, борющихся за материалистическое мировоззрение. В науке он видел оружие борьбы за благо народа.

Мировую известность Лебедеву принесло открытие давления света. Эту задачу он поставил перед собой ещё в молодости.

Вопрос, который увлёк молодого учёного, был одним из труднейших в физике.

Из электромагнитной теории света следовало, что лучи не только освещают предмет, но и давят на него. Однако обнаружить на опыте световое давление ещё не удавалось никому... Учёным очень хотелось доказать существование такого давления, так как это послужило бы ещё одним аргументом в пользу истинности электромагнитной теории света. Теория утверждала, что и свет

и волны, порождаемые электрическим вибратором,— радиоволны, как мы теперь их называем,— ближайšie родственники.

Теория утверждала, что всё это — электромагнитные волны, которые отличаются только своими длинами.

Очень важно было убедиться в существовании давления света и астрономам. Возможно, солнечный свет и есть тот «ветер», который отклоняет кометные хвосты...

За решение своей главной задачи Лёбедев принялся не сразу. Вначале он исследовал природу более мощных и крупных волн — волн на воде, волн звуковых, волн, порождаемых электрическими вибраторами. Своими опытами Лёбедев установил действие волн на встречающиеся им препятствия.

За эту работу Лёбедеву была присвоена степень доктора. В процессе изучения электромагнитных волн учёный сумел получить очень короткие радиоволны. Лёбедев создал миниатюрные зеркала для исследования и отражения этих волн и призмочки из серы и смолы для их преломления. Они были так малы, что их можно было спрятать в жилетном кармане. До Лёбедева же экспериментаторам приходилось пользоваться призмами весом в несколько пудов.

Замечательные по точности экспериментов исследования Лёбедева имели мировое значение. Но это было лишь началом труда. Самое главное ждало учёного впереди...

Силы светового давления очень малы. Достаточно сказать, что яркие солнечные лучи давят на поставленную на их пути ладонь в тысячу раз слабее, чем усевшийся тут же комар.

Для измерения светового давления Лёбедев сконструировал крошечные вертушки, которые представляли собой тонкие металлические крылышки, подвешенные на тончайших нитях. Падающий на крылышки свет должен был поворачивать их. Чтобы оградить свой прибор от посторонних воздействий, Лёбедев поместил его в стеклянный сосуд, из которого он тщательно выкачал воздух.

Методика эксперимента у Лёбедева полностью исключала влияние воздушных потоков и отдачу молекул.

Доклад Лёбедева произвёл сенсацию на Всемирном конгрессе физиков в 1900 году.

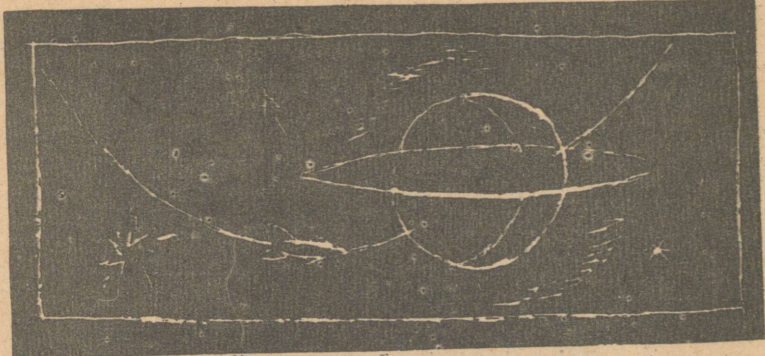
Лёбедев доказал, что свет давит на твёрдые тела, и приступил к решению ещё более трудной задачи. Он хотел доказать, что свет давит и на газы.

Лучи света, проходящие через сконструированную Лёбедевым камеру с газом, заставляли этот газ двигаться. Течение газа отклоняло тончайший поршень, вделанный в камеру.

Значение работ Лёбедева не исчерпывалось тем, что они помогли утвердиться электромагнитной теории света и дали ключ к разгадке многих астрономических явлений. Лёбедев своими опытами доказал, что свет проявляет себя как нечто вещественное, весомое, имеющее массу.

Исследования Лёбедева доказали, что давление света и, значит, масса света тем больше, чем свет ярче, чем больше та энергия, которую он несёт. Была установлена удивительная связь между энергией и массой света. Открытие русского физика вышло далеко за пределы теории света.

Принцип связи между массой и энергией современная физика распространила на все виды энергии. Этот принцип стал ныне могучим инструментом в борьбе за овладение энергией атомного ядра, основой расчётов атомно-энергетических процессов.



## А С Т Р О Н О М И Я

### БЛИЖАЙШИЕ СОСЕДИ ЗЕМЛИ — ТЕЛА СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Издавна небесные светила привлекали внимание человека, который хотел знать, что они собой представляют, на каком расстоянии от нас находятся и какое место среди них занимает Земля. Веками накапливались знания об этих далёких телах, тысячи пытливых умов вырывали у природы одну тайну за другой. Труден был путь исследователей неба. Ведь до недавнего времени единственным источником сведений о небесных телах был испускаемый ими свет, и лишь в последние годы мы научились регистрировать радиоволны, которые приходят к нам из глубин космического пространства. По этому свету учёные сумели узнать многое: размеры небесных тел, их расстояние от нас, физические свойства и даже химический состав. И теперь мы достаточно ясно представляем себе строение «нашей» области космоса и положение в ней Земли. Правда, многие загадки ещё ждут своего разрешения. Здесь неоценимую помощь астрономии окажет новый метод исследования, появление которого связано с запуском советских космических ракет.

Что же рассказывают нам факты, которые накопила астрономия в течение веков?

Наша Земля является рядовым членом целой системы небесных тел, — так называемой солнечной системы — движением которых управляет могучее центральное све-

тіло — Сólнце. Но самó Сólнце, огрómный раскалённый гáзовый шар, — лишь обычная звездá; она входит в состав гигáнтской систéмы, котóрая состоит из полúтораста миллиардов звёзд — скоплéния, назывáемого Млéчным Путём, и́ли Галáктикой. Таких грандиóзных звёздных систéм, как нáша, извéстно тепёрь свýше ста миллиóнов. В бесконéчной вселénной находится бесчýсленное мнóжество галáктик.

Обратímся тепёрь к ближайшим сосéдям Землі — члéнам сóлнечной систéмы.

Итáк, в цéнтре систéмы находится Сólнце, вокрýт котóрого двíжутся дéвять больш́их планét, десятки ты́сяч мáлых планét и́ли астерóидов, мнóжество комét и бесчýсленное колíчество мёлких метеóрных част́иц. Общая мáсса всех переч́исленных тел примéрно в 750 раз мéньше мáссы Сólнца. Именно этим и опредéляется центрáльное положéние нáшего дневнóго светíла, котóрое обладаёт не тóлько огрómной мáссой, но и гигáнтскими размéрами.

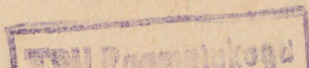
Пóсле Сólнца наиболее массивными телáми сóлнечной систéмы явля́ются больш́ие планеты — холóдные телá шарообráзной фóрмы. К числу больш́их планét отнóсится и нáша Земля. Планеты не свétят сóбственным свétом, как Сólнце, но он́ отражáют его луч́и, и поэтóму мы мóжем в́идеть их на ночнóм нéбе. Пять из них — Меркúрий, Венéра, Марс, Юпíтер и Сатúрн — видны́ невооружённóм глázом и б́ыли извéстны ещё дрéвним наблюдáтелям. Он́ ярче больш́инства звёзд и, крóме тогó, не оста́ются неподв́ижными на нéбе, а перемещáются по отнóшению к звёздам (планéта по-грéчески и означаёт «блуждáющее светíло»). Остальны́е три планеты — Урán, Нептúн и Плутóн — б́ыли открыты лишь пóсле изобретéния телескóпа, так как свétят он́ очень слáбо.

В состав сóлнечной семь́и, крóме девяти больш́их планét, входят десятки ты́сяч мáлых планét и́ли астерóидов. В настоя́щее врéмя почт́и для 1600 из них вы́числены орб́иты, по котóрым он́ двíжутся вокрýг Сólнца. Эти орб́иты в основнóм располóжены мéжду орб́итами Мáрса и Юпíтера. Одна́ко нéкоторые астерóиды облада́ют настóлько вы́тянутыми орб́итами, что мóгут подход́ить к Сólнцу бл́же, чем Меркúрий, и́ли удаля́ться от него́

почти на расстояние Сатурна. Самый большой астероид — Церера — имеет в диаметре 770 км., остальные гораздо меньше. Маленькие же астероиды являются просто бесформенными глыбами, поперечник которых составляет несколько сот метров.

В семью Солнца входит и множество «хвостатых светил» — комет. Они представляют собой тела весьма небольших размеров (от нескольких сотен метров до нескольких километров). Они состоят из различных газов, замороженных до твердого состояния — аммиака, метана, углекислого газа и других. В такую «ледяную» глыбу вкраплены и отдельные каменные частицы. Когда комета приближается к Солнцу, эти «льды» под действием его лучей начинают испаряться, и у кометы образуется светящийся хвост, который направлен обычно в противоположную от Солнца сторону. Хвосты комет достигают иногда гигантских размеров, превышающих расстояние от Земли до Солнца, но вещество в них чрезвычайно разреженное, и поэтому общая масса вещества кометных хвостов ничтожно мала. Газы в хвостах светятся благодаря явлению холодного свечения, так называемой резонансной флуоресценции. Молекулы газов обладают способностью поглощать часть энергии падающих на них солнечных лучей и тотчас же излучать её снова. Это явление было использовано советскими учеными при создании искусственной кометы.

Вокруг Солнца обращается бесчисленное количество ещё меньших тел — пылинок, песчинок и небольших глыб. Эти частицы влетают с огромной скоростью в земную атмосферу, раскаляются и распыляются в ней. Их называют метеорами — падающими звёздами. Более крупные метеорные тела называются болидами: по небу со свистом и грохотом пронесётся огненный шар, ярко освещающий местность. Если метеорное тело не полностью распылилось в атмосфере, то остатки его падают на Землю. Это — метеориты, единственные небесные тела, которые мы пока можем непосредственно изучать в наших научных лабораториях. Но метеорные тела редко достигают поверхности Земли, так как наша атмосфера служит надёжным заслоном от метеорной бомбардировки.



## СОЛНЦЕ

Солнце находится от нас на колоссальном расстоянии. Земная поверхность получает приблизительно лишь одну двухмиллиардную часть того тепла и света, которое Солнце отдаёт в мировое пространство. И всё-таки этой ничтожной доли солнечной энергии достаточно для освещения и обогрева земной поверхности, для поддержания органической жизни на Земле. Разумеется, этим не исчерпывается влияние солнечного тепла и света на Земле. Мы наблюдаем его в самых разнообразных явлениях, например, при образовании облаков и туч, сопровождаемых ливнями и грозами, происхождении различных по силе и по направлению ветров и т. д. и т. п.

Так что же представляет собой это блестящее Солнце, от которого столь многое зависит на нашей Земле, на которое мы в состоянии безболезненно смотреть лишь сквозь облака или тогда, когда оно расположено низко над горизонтом и его ослепляющие лучи большей частью поглощаются земной атмосферой?

Уже довольно давно учёные сумели различными способами измерить температуру поверхности Солнца. В среднем эта температура близка к  $6000^{\circ}\text{C}$ . Это — очень высокая температура; чтобы лучше это понять, посмотрим по справочнику, как ведут себя при такой температуре вещества, которые существуют на Земле в твёрдом состоянии. Оказывается, уже при температуре в  $2000^{\circ}\text{C}$  все знакомые нам металлы — медь, серебро, железо и даже платина — могут находиться только в расплавленном, жидком состоянии. Лишь такой тугоплавкий металл, как вольфрам, из которого изготавливаются спирали электрических лампочек, ещё остаётся твёрдым. Но при температуре  $3400^{\circ}\text{C}$ , когда все перечисленные металлы из жидкого состояния переходят в газообразное, плавится и вольфрам. При температуре же в  $6000^{\circ}\text{C}$  все известные нам вещества могут быть только в газообразном состоянии. Таким образом, Солнце — это огромный раскалённый газовый шар.

Из каких же газов состоит Солнце, и почему его края так резко очерчены, как в земных условиях бывает только у поверхности твёрдых или жидких тел?

Из чего состоят внутренние части Солнца, с полной уверенностью сказать нельзя. Об этом отчасти можно судить по составу солнечной атмосферы, т. е. внешней, наиболее разреженной части Солнца, а также на основании разработанных учеными научных теорий. Состав солнечной атмосферы изучен достаточно подробно. Оказалось, что почти 90% (по весу) составляющих солнечную атмосферу газов являются не раскаленными парами металлов, а наиболее легкими раскаленными газами—это водород и гелий. Другие вещества, известные нам на Земле в твердом, жидком и газообразном состоянии, также обнаружены в солнечной атмосфере, но составляют в ней немногим больше десяти процентов.

Изучать солнечную атмосферу в обычное время можно только с помощью особых астрономических приборов. Но во время полных солнечных затмений, когда Луна закрывает собой яркий солнечный диск, солнечная атмосфера выделяется в виде неровного красного колечка. Кое-где над этим колечком высоко поднимаются светящиеся выступы — протуберанцы, которые тоже состоят из раскаленных газов, а еще дальше видно сравнительно слабое сияние так называемой солнечной короны.

Полные солнечные затмения дают возможность очень детально изучать атмосферу Солнца. К сожалению, они происходят очень редко.

Изучение состояния солнечной атмосферы как во время солнечных затмений, так и в обычное время, показало, что в ней происходят большие и непрерывные изменения. Эти изменения состоят, главным образом, в возникновении и исчезновении протуберанцев, которые достигают иногда огромной высоты — в два миллиона километров.

Чем же объясняется резкость очертаний солнечного диска, которая, казалось бы, никак не свойственна газовому шару? Оказывается, из-за очень высокой температуры газообразное вещество Солнца под его атмосферой настолько непрозрачно, насколько бывают непрозрачны твердые и жидкие тела. Именно эта непрозрачность поверхности Солнца препятствует изучению его внутреннего строения и создает его ослепительную яркость.

Не слéдует думатъ, что яркая повёрхность Сблнца — фотосфэра — однобразна и не имéет никакйх интересных особенностей. Ужé небольшой телескоп позволáет убедиться в неоднорóдности строения фотосфэры.

Сáмыми замечáтельными особенностями солнечной повёрхности являються пятна, котóрые непрерывно появляються на ней, постепенно изменяют свой очертания и, наконец, исчезают. При наблюдении в телескоп сквозь тёмные стéкла солнечные пятна на свётлом фóне фотосфэры кажутся совершенно чёрными. В действительности они тóже ярко свётятся. Измерения показáли, что их температурá в среднем равна  $4500^{\circ}\text{C}$ , и мы считаем их тёмными тóлько по контрасту со значительно бóлее яркой фотосфэрой. Пятна обычно бывáют окружены как бы свётлыми «хлопьями» — так назывáемыми фáкелами, температурá котóрых значительно вьше температуры фотосфэры. Непрерывные изменения пятен, их исчезновение и появление фáкелов, показывають, что и в фотосфэре происходят бурные непрерывные изменения, как и в солнечной атмосфэре. Когда мы смóтрим на Сблнце, нам кажется, что на нём всё спокойно и неизменно, а в действительности мы наблюдаем бушующую повёрхность о́гненного океана.

Учёные ужé давно узнали, что Сблнце, подобно нашей Землэ, тóже вращается вокрúг своей óси. Прáвда, вращение Сблнца происходит значительно мёдленнее: оно дéлает пóлный оборóт не за сýтки, а приблизительно за 25 сýток. При этóм óколо пóлюсов Сблнца вращение происходит мёдленнее, чем у солнечного эквáтора; рáзница составляет почти 10 сýток. Ясно, что твёрдое тéло так не мóжет вращаться.

Изучение происходящих на Сблнце явлений дáло возможность открыть периодичность мнóгих солнечных явлений. Так, число пятен на Сблнце не остаётся постоянным, оно то возрастáет, то начинаёт убывáть. Это происходит примёрно в течéние кáждых одиннадцати лет. Одновременно с увеличением и уменьшением числа пятен увеличивается и уменьшáется число фáкелов, протуберáнцев, изменяется фóрма солнечной корóны и дáже (в óчень небольшой стéпени) количество излучáемого Сблнцем теплá. Интересно, что и на Землэ в течéние

того же одиннадцатилетнего периода происходит увеличение и уменьшение количества гроз, полярных сияний, помех радиосвязи и ряда других явлений. Это доказывает, что связь между Солнцем и Землей не ограничивается их взаимным притяжением и тем, что Солнце освещает и обогревает земную поверхность. Солнце активно «вмешивается» также и во многие происходящие на Земле явления, которые имеют электрическую и магнитную природу.

Если знать время обращения планет вокруг Солнца и размеры планетных орбит, можно вычислить солнечную массу, т. е. узнать, сколько содержится в Солнце вещества «по весу». Расчёты показали, что масса Солнца приблизительно в 330 тысяч раз больше массы Земли, а так как по объёму Солнце больше Земли в миллион с лишним раз, оно должно состоять из менее плотного вещества. Оказалось, что плотность Солнца приблизительно такая же, как и у Юпитера, и приблизительно в четыре раза меньше средней плотности Земли.

### НОВЫЕ ПРИБОРЫ

Одной из основных задач астрономии является определение видимых положений звёзд. Знание точнейших положений звёзд необходимо не только для исследования движений небесных светил в пространстве, но и для таких практических нужд, как определение точного времени и географических координат пунктов земной поверхности. Наибольшую точность при определении положения звёзд на небе даёт наблюдение их при помощи так называемого меридианного круга-телескопа, зрительная труба которого вращается вокруг горизонтальной оси и всегда направлена в плоскости меридиана. Отмечается момент, когда звезда при своём суточном движении пересекает меридиан и занимает самое высокое положение над горизонтом из возможных для неё в данной местности. Затем измеряется эта высота над горизонтом.

Астроном Пулковской обсерватории Н. Н. Павлов применил новый метод для регистрации таких прохождений. Вместо того, чтобы регистрировать момент прохождения звезды через меридиан посредством такого в сущности несовершенного инструмента, каким является человеческий глаз, Павлов применил фотоэлемент.

Для проведения астрономических исследований требуется различная специальная аппаратура. Основными приборами для астрономических наблюдений являются телескопы, которые бывают двух типов: либо это рефрактор, который имеет линзовый объектив и основан на принципе преломления света, либо рефлектор, который обладает большим вогнутым зеркалом и основан на принципе отражения света. Оба типа телескопов имеют свои достоинства и недостатки. Главным недостатком рефрактора является то, что изображение, полученное в лучах разного цвета, он образует на разном расстоянии от объектива. Изображения получаются искажёнными, а их края окрашенными. Рефлектор от этого недостатка свободен. Но у него есть другой недостаток: он даёт резкое изображение только очень небольшого участка неба.

Попытки создать новый тип телескопа делались многократно. Совершенно новое решение проблемы было достигнуто советским учёным Д. Д. Максútовым в 1942 году. Он изобрёл так называемый менíсковый телескоп, который соединяет достоинства рефрактора и рефлектора и отличается простотой конструкции. Важным преимуществом менíскового телескопа является малая длина трубы. Это облегчает обращение с ним, уменьшает расходы на изготовление башни для телескопа и т. д.

В телескопе Максútова зеркало имеет форму не параболоида вращения, как в обычных рефлекторах, а форму шаровой поверхности. Сделать это гораздо легче. Перед зеркалом ставится тонкое выпукло-вогнутое стекло, которое исправляет недостатки изображения такого зеркала. Выпукло-вогнутая линза — менíск — часто применяется в качестве очковых стёкол. Стеклáнная линза, благодаря своей незначительной кривизне и почти постоянной толщине, не вызывает тех искажений, которые возникают при применении стёкол, используемых в качестве объектива рефрактора. Изобретение Максútова очень высоко оценено как в нашей стране, так и за рубежом.

Большой телескоп (диаметр его 70 см.) по системе Максútова сконструировал для Абастумáнской обсерватории Б. К. Иоанисиáни, награждённый за свои работы в области астрономического приборостроения Лénинской премией. Этот телескоп установлен в 1955 году.

При запуске ракеты в космическое пространство самым важным является точно заданная характеристика её движения, чтобы попасть в назначенную цель. При полёте космической ракеты надо всё время сверять её действительную орбиту с расчётной. Каким же образом определить координаты ракеты, которая находится на расстоянии в сотни тысяч километров, как её «увидеть»?

Так же как и искусственный спутник Земли, ракета отражает солнечный свет. Однако это отражение в десятки тысяч раз слабее, потому что расстояние до неё гораздо больше. Если третий искусственный спутник Земли выглядит как звезда пятой величины, то, например, вторая советская космическая ракета — как звезда семнадцатой величины. Сфотографировать движущийся объект семнадцатой величины очень трудно.

Для успешного проведения оптических наблюдений необходимо искусственно увеличить яркость ракеты хотя бы на короткое время. Наиболее эффективный способ решения этой задачи был предложен советскими учеными-астрофизиками. Он получил название «метода искусственной кометы». Известно, что свечение комет объясняется явлением резонансного рассеяния. Оно состоит в том, что молекулы и атомы интенсивно рассеивают падающий на них свет в определённых длинах волн.

Астрофизики рассчитали, что если в качестве рассеивающего вещества использовать пары натрия, то несколько килограммов натрия могут образовать облако, светимость которого на расстоянии нескольких сотен тысяч километров будет в несколько сот тысяч раз превышать светимость космической ракеты. Если такие пары натрия выпустить с борта космической ракеты, то они образуют вокруг неё облако, которое можно легко наблюдать и координаты которого определить нетрудно. Практическое осуществление этой идеи потребовало проведения целой программы экспериментальных работ. Нелегко решается задача испарения натрия в космическом пространстве без больших потерь. Для решения этой задачи был сконструирован специальный испаритель, в котором

натрий смешан с термитом, поджигаемым в нужный момент электронным программным устройством.

В комплекс аппаратуры, которая была изготовлена для наблюдения натриевого облака, входят двойные фотографические камеры с интерференционными светофильтрами, предназначенные для фотографирования натриевого облака. В этой аппаратуре имеются также электронные телескопы, которые позволяют наблюдать натриевое облако глазом и, кроме того, фотографировать его с экспозициями примерно в 100 раз более короткими, чем с двойными камерами. В электронных телескопах световое изображение, прежде чем попасть в глаз наблюдателя или на фотографическую пластинку, превращается в электронное изображение, усиливается и затем снова превращается в световое.

Искусственная комета была запущена с борта второй советской космической ракеты. Она возникла в виде точки, яркость которой очень быстро возрастала до максимальной (четвертая — пятая звездная величина). Затем точка стала размываться, превратилась в пятно и затем в размытое кольцо. Было получено 14 фотографий различных стадий развития кометы. Диаметр облака в последней стадии достигал 600 километров. Скорость расширения составляла около 1 км./сек.

## ИСКУССТВЕННЫЕ СПУТНИКИ ЗЕМЛИ

Двигатели любой современной ракеты действуют в течение очень непродолжительного времени, которое исчисляется самое большее несколькими минутами. В течение всего остального времени своего полета ракета летит под действием сил тяготения и сил сопротивления среды. Если же движение ракеты происходит за пределами земной атмосферы, то на нее практически действуют одни лишь силы притяжения со стороны различных небесных тел. Поэтому движение космической ракеты, после того как ее двигатель прекратил свою работу, происходит по законам небесной механики, т. е. по законам движения небесных тел. Можно сказать, что совершить космический полет — это значит превратить последнюю ступень ракеты в искусственное небесное тело.

Искусственные небесные тела могут обладать самыми различными траекториями. Некоторые из этих траекторий могут иметь вид, необычный для естественных небесных тел. Такими будут траектории, которые начинаются на одном небесном теле, а кончаются на другом, например, траектории попадания в Луну или в Марс. В других случаях искусственные небесные тела могут двигаться по орбитам, которые ничем не отличаются от орбит естественных небесных тел. Такова, например, орбита первой искусственной планеты.

Из всех искусственных небесных тел легче всего (с точки зрения необходимых ракетных мощностей) создать искусственный спутник Земли, т. е. тело, которое, подобно Луне, обращается вокруг Земли по замкнутой эллиптической орбите.

Можно запустить искусственный спутник и на круговую орбиту, расположенную не вблизи земной поверхности, а на некоторой высоте. Чем выше будет располагаться эта круговая орбита, тем с меньшей скоростью будет совершать спутник своё движение, так как притяжение Земли с высотой уменьшается. Это, конечно, не значит, что такой спутник запустить легче. Запуск спутника на более высокую орбиту требует более мощной ракеты, что связано с дополнительными затратами топлива, которое потребуется для достижения более удалённой орбиты.

Запуск искусственного спутника на заранее заданную орбиту предъявляет к ракетной технике ещё одно чрезвычайно важное требование, помимо требования большой мощности двигателей. Оно заключается в необходимости точной работы приборов управления ракетой. Эти приборы должны вывести ракету-носитель в нужный момент в заданное место пространства. Двигатель последней ступени ракеты должен прекратить свою работу тогда, когда скорость ракеты будет строго горизонтальна и будет иметь заданную величину. Если расчётная скорость не будет достигнута, то ракета не выйдет на круговую орбиту, начнёт снижаться, и её эллиптическая траектория пройдёт сквозь Землю или, по крайней мере, сквозь плотные слои атмосферы, сопротивление которых приведёт к немедленной или довольно скорой гибели спутника.

Аналогичные последствия может иметь ошибка в направлении достигнутой ракетной скорости. Если даже направление движения ракеты в момент окончания работы двигателя отклонится вверх от горизонтального, то, обогнув Землю, ракета всё равно войдёт в плотные слои атмосферы. Если спутник и не погибнет сразу в атмосфере, то в результате ошибки он окажется выведенным на орбиту, которая проходит сквозь плотные слои атмосферы, вследствие чего срок его жизни сильно сократится.

Впервые в истории человечества 4 октября 1957 года на рассчитанную орбиту вышел первый советский искусственный спутник Земли. Через месяц после этого события был запущен второй советский искусственный спутник, значительно большего веса, чем первый. Второй искусственный спутник нес на своём борту разнообразную научную аппаратуру и первого космического пассажира — знаменитую собаку Лайку. В 1958 году были запущены первые американские искусственные спутники Земли со значительно меньшим весом.

В мае 1958 года начал своё движение вокруг Земли третий советский искусственный спутник — подлинная автоматическая лаборатория в космосе.

При выходе спутника на орбиту контейнер с приборами может отделяться от последней ступени ракеты-носителя или же во время орбитального движения составлять с ней одно целое. Это зависит от преследуемых научных целей и конструктивных возможностей.



## Х И М И Я

### РАЗГОВОР О ХИМИИ

При помощи средств современной химии люди взрывают горы, прокладывают тоннели, изменяют течение рек. Химики дали такое горючее, которое позволяет совершать полёты в стратосферу и космос. Сооружение могучих плотин, постройка громадных заводских корпусов, мостов стали возможными благодаря химии, которая создала бетон и сталь.

Мы знаем о страданиях людей на плантациях гевеи, где в изнуряющем зное добывается драгоценный млечный сок, чтобы затем превратить его в резину, в автомобильные покрышки, в прорезиненные ткани, приводные ремни. А ныне трудами химиков тот же каучук получают из спирта, нефти, из газообразного ацетилену. Химическая переработка кубометра древесины даёт две-три тысячи метров чудесного шёлка. Из тонны фенола можно получить капрон для изготовления двадцати — двадцати пяти тысяч пар лёгких, изящных и прочных чулок.

В своих лабораториях химики добывают вещества, которые по твердости не уступают алмазу; получают материалы прочнее стали, которые обладают легкостью дёрева, прозрачностью стекла и гибкостью каучука.

Средствами химии повышают урожайность почвы, делают её более плодородной. Учёные научились синтезировать аминокислоты — основу белка, носителя жизни.

Можно написать многие тома с описанием изумительных вещей и материалов, которые создаёт химия, но эти книги никогда не были бы закончены, потому что каждый день и каждый час приносит новые сообщения о все новых и новых открытиях.

### «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ» КОЛОСЬЕВ И ТРАВ

Углерод является главным строительным материалом, из которого растение «строит» свои клетки и ткани. Кроме углерода, растению нужны разные химические элементы: азот, водород, кислород, фосфор, калий, натрий и другие. Откуда же берутся эти элементы?

Корни растений всасывают из почвы воду с растворёнными в ней солями, которые вместе с углекислым газом перерабатываются растениями в необходимые им питательные вещества и «стройматериалы».

Растения вырастают на разных почвах — глинистых, песчаных, чернозёмных, которые отличаются как по своему химическому составу, так и по свойствам.

Глинистые почвы плохо пропускают воду, а песчаные почвы, наоборот, не задерживают воды. Пройдёт дождь — и вода, словно сквозь сито, уходит глубже в землю.

Весной, когда снег растает, глина, как губка, пропитывается водой и долго не просыхает, а летом глинистые почвы становятся твёрдыми, как камень. Влажная глина плохо прогревается солнцем, а рыхлые, сухие песчаные почвыгреваются гораздо лучше и быстрее.

Вот почему всходы растений появляются на песчаных почвах раньше, чем на глинистых. Однако песчаные почвы бедны водой и мало плодородны. В них, как и в глинистых почвах, мало перегноя. Для того чтобы на пес-

чаных почвах получить высокий урожай, их надо хорошо удобрить.

Наиболее богаты перегноем черноземные почвы. Поэтому они и более плодородны. В них содержится много питательных веществ, которые необходимы растению.

Но эти вещества не всегда бывают в достаточном количестве. Некоторые почвы быстро истощаются, и урожай на них получаются плохие.

В некоторых местах в почве есть все нужные для питания растений соли. Казалось бы, здесь должны быть высокие урожай. На самом же деле урожай и тут невеликий. В чем причина? Оказывается, растение не может усвоить эти соли. Соли плохо растворяются в воде. Напрасно растение всё глубже запускает в почву свои корни, — оно всё равно не может всосать питательные вещества.

В таких случаях человек должен заботиться о питании растений. Надо вносить в почву питательные вещества — удобрения.

Какие же соли растение больше всего всасывает своими корнями? Чтобы ответить на этот вопрос, проделали такой опыт: взяли несколько стеклянных банок, налили в них растворы разных солей — фосфорных, калиевых, азотистых и железистых. Каждую банку закупорили пробкой. В пробке было просверлено небольшое отверстие. Сквозь отверстие в банку с питательным раствором опускали проросшее семечко так, чтобы оно своим корешком касалось поверхности раствора. Эти опыты показали, что больше всего нужны растениям азотистые, калийные и фосфорные соли.

Такие опыты ещё шестьдесят лет назад ставил замечательный русский ботаник — Климент Аркадьевич Тимирязев.

### ПОЖАР БЕЗ ОГНЯ

Уже несколько тысяч лет на земле свирепствует невидимый пожар. Он не прекращается ни на минуту и пожирает огромные ценности. Без разбора уничтожает он здания и машины, мосты и корабли.

Этот пожар без огня и дыма — коррозия, медленное горение металла от соединения его с кислородом воздуха или воды. Слой за слоем твердый металл превращается в рыхлую ржавчину. Ученые подсчитали, что

каждый год коррозия уничтожает на земле сотни миллионов тонн одного только железа.

Единственное средство предохранить железо от коррозии — покрыть его тонким слоем нержавеющей металла — никеля, цинка, алюминия или покрасить. Но краска — вещь непрочная. Каждую весну маляры красят заново крыши домов, железные ограды, днища и борты кораблей, а через год приходится красить вновь.

Стоит это недешево. Только за шестьдесят лет окраска самого высокого сооружения Парижа, Эйфелевой башни, обошлась дороже, чем стоила сама башня.

Здесь на помощь приходят химики. Из угля, нефти и газа они научились вырабатывать синтетические смолы, а из них — полиэтиленовые пленки. Эти удивительные пленки абсолютно не пропускают ни воздуха, ни воды. Они необычайно прочны: не трескаются при самом сильном морозе и не плавятся в огне.

Такую пленку можно сделать довольно толстой и вернуть в нее, например, станок, запаяв ее края. И станок будет стоять под дождем или снегом год и два и не заржавеет. Пленка не пропустит к металлу ни воды, ни воздуха.

Можно изготовить тончайшую прозрачную пленку и покрыть ею, как краской, крышу и стены здания, забор, фермы моста, корпус корабля. Полиэтиленовая пленка может сохраняться десятилетиями. Такой пленкой в Ленинграде уже покрыли стены Русского музея.

Есть у пленок из синтетических смол еще одно очень важное качество: они не пропускают электрический ток. Вместо изоляции из нескольких слоев шелка, резины и свинца можно покрыть кабель или провод тонким слоем пленки. Можно покрыть пленкой детали электрического мотора и погрузить его в воду — замыкания не будет.

Без таких пленок нельзя строить реактивные самолеты и ракеты. Любая другая изоляция мгновенно сгорит при движении самолета с быстротой звука, а синтетические лаки и смолы выдерживают температуры в сотни градусов.

## СДЕЛАНО ИЗ ПЕНЫ

На мосту собралась толпа, люди смотрят на реку, размахивают руками, кричат...

А посредине реки плывёт небольшая белая лодка. В ней сидят восемь загорелых юношей и раскачивают её из стороны в сторону. Лодка раскачивается всё сильнее и черпает бортами воду.

— Утонете! Осторожнее! — кричат им с моста.

А юноши в лодке ещё сильнее её раскачивают. Двое ведрами черпают воду и льют в лодку. Вода в лодке уже до краёв доходит, а лодка не тонет.

Удивительная лодка! Из чего она сделана? Не из пробки ли? Пробка примерно в пять раз легче воды.

Пробка — это кора дуба, который растёт в тёплых странах. Пробки нужно много, а нарастает она медленно. С одного и того же дерева её можно снимать не чаще одного раза в десять лет. Нет, из такого дорогого материала не станут делать лодки!

Непотопляемая лодка сделана из искусственного материала, пенопласта. Он во много раз легче пробки.

Учёные сделали множество сортов пенопласта. Есть пенопласты мягкие, которые растягиваются и прогибаются, как резина, есть твёрдые, как стекло. Одни из них выдерживают высокую температуру, их можно нагревать до 200—300°C, а другие размягчаются, если положить их в горячую воду.

Все пенопласты необычайно легки. Есть пенопласты, которые почти в сто раз легче воды.

Пенопласты изготавливаются из искусственной смолы.

Если взбивать в тарелке яичный белок, то довольно скоро он вспенится и сильно увеличится в объёме. Прозрачный зеленоватый белок, который тонкой плёнкой растекался по тарелке, исчезнет, и тарелка наполнится белой, очень лёгкой пеной. Если поставить взбитый белок в печь, то он покроется снаружи коричневой корочкой. Если теперь разрезать корочку, то можно увидеть, что пена высохла и сделалась твёрдой.

Так из сбитого с сахаром белка готовят лёгкое, воздушное пирожное, а из смолы, превращённой в лёгкую пену, делают пенопласт. Делают его по-разному.

Можно, например, разогреть смолу и пустить в неё по трубке сильную струю воздуха или какого-нибудь другого газа. Смолá превратится в пену, и этой пены будет много: ведь воздуха в ней в двадцать раз больше, чем смолы!

Потом пену охлаждают, она делается твёрдой, а пузырьки воздуха так и остаются в ней, захваченные в плен частицами смолы. Конечно, такой наполненный воздухом материал должен быть необычайно лёгким: ведь он почти целиком состоит из воздуха.

Теперь, наверное, понятно, почему не тонет перегруженная пенопластовая лодка, если даже она до краёв налита водой.

Пенопласты — это дешёвый материал, и их можно приготовить на заводах столько, сколько понадобится. А нужно их будет с каждым годом всё больше и больше.

Пенопласты не только гораздо легче пробки, но и гораздо прочнее. Их можно резать, пилить, обтачивать. Они надёжно склеиваются с металлами, деревом и стеклом. Лёгкие и прочные, пенопласты используются при строительстве самолётов. Пенопласты не пропускают тепла и холода. Они очень пригодились арктическим судам, которые много месяцев плавают в холодных морях. Из пенопластов, которые снаружи покрыты металлом, можно делать стенки паровозов, вагонов и автомашин-холодильников, в которых перевозят на большие расстояния мороженую рыбу, мясо, фрукты.

Из больших и лёгких пенопластовых кирпичей можно строить очень тёплые дома. Воздух, который наполняет пенопластовые кирпичи, не пропустит в дом холода и не выпустит из дома тепла.

Микропористая резина — тоже пенопласт, но пенопласт тяжёлый, воздуха в нём мало. Теперь научились делать гораздо более лёгкие пенопласты для подметок. Из новых мягких пенопластов можно сделать толстую, пружинящую подошву: она будет почти невесомой и прочной.

Скоро в нашей стране будет много прочной и лёгкой обуви и много других удобных и красивых предметов из новых искусственных материалов — пенопластов.

Если спросить у химика, что такое иониты, можно получить сразу несколько ответов:

- Синтетические высокомолекулярные соединения.
- Ионообменная смола.
- Род пластмассы.

И все ответы будут правильными. По своему строению большие молекулы ионита близки к пластмассовым. А смолой его называют из-за некоторых чисто химических особенностей.

Любой ионит является полимером и, подобно искусственному волокну, пластмассе, каучуку, состоит из сложно построенных гигантских молекул. Эти молекулы включают в себя тысячи элементарных атомных сочетаний. Но, в отличие, например, от пластмасс, каждая молекула ионита содержит особую, активную частицу — электрически заряженный ион.

Если ионит соприкасается с химическим раствором, то он непрерывно обменивает эти частицы на такие же беспокойные частицы — ионы, которые содержатся в растворе. Иониты получают в большом количестве из фенола, меламина, гуанидина, формальдегида и других химических веществ. В производственных условиях ионообменные смолы получают в виде твердых зёрен и гранул сферической формы и различной величины.

При обыкновенном фильтровании через бумагу или ткань мы извлекаем из раствора механические примеси сравнительно крупных размеров — не меньше 100—200 микрон. В процессе пропускания химического раствора через ионитовый фильтр мы улавливаем из раствора ионы — частицы размером в миллионные доли миллимикрона. При этом отфильтрованные частицы как бы повисают на гигантских молекулах ионита. Очень важно то, что поглощенные ионообменной смолой ионы и химические соединения легко удаляются из неё. После этого ионообменные свойства смолы восстанавливаются. Оба рабочих цикла — поглощение и регенерацию —

можно непрерывно чередовать долгое время с одной и той же порцией ионитов.

В лабораториях можно увидеть множество цилиндрических колонок из органического стекла, наполненных ионитовым «песком». Здесь иониты чёрные и белые, коричневые и розовые, красноватые, оранжевые и золотисто-жёлтые. Один из них похожи на манную крупу, другие — на сахарный песок, третьи — на чёрную икру.

Процессы, при которых происходит обмен ионами, широко распространены в природе. Усвоение почвой удобрения и питание растений, образование соляных озёр, лечебных грязей и источников — всё это лишь отдельные примеры.

В 1935 году учёные попытались синтезировать ионообменные полимеры и получили искусственный ионит. Синтетический ионит более жадно и энергично обменивает ионы, чем природный. С этого началось использование ионитов. Оказалось, что синтетические иониты соединяют интенсивный ионообмен с ещё двумя важными качествами — высокой механической прочностью и химической стойкостью. Поэтому они могут долго участвовать в процессе и оставаться практически неизменными.

## II

Побывайте на крупнейших теплоэлектроцентралях, и вы увидите, что там повсюду стоят цилиндрические колонны водоочистки, наполненные зёрнами ионитов.

Умягчение и обессоливание воды — важнейшая проблема не только в быту, но и в энергетике. Применение недостаточно очищенной воды для котлов высоких и сверхвысоких давлений ещё совсем недавно стоило государству огромных денег. Котлы и турбины приходилось по нескольку раз в год останавливать, промывать, очищать от накипи. Обработка лишь одной мощной турбины стоила 25 тысяч рублей.

Теперь советские учёные и инженеры разработали самые различные схемы очистки воды ионитами для котлов многих систем. Полное внедрение ионитов в энергетику может приносить ежегодно миллиардный доход

государству. Этому способствует чрезвычайная простота аппаратуры. Ионитовый фильтр — ионитовая колонка — единственное приспособление, которое здесь используется.

Всё шире применяются иониты в технике, промышленности, науке. Они очищают соки на сахарных заводах. Они по мельчайшим крупинкам улавливают цветные и благородные металлы из отбросных вод металлургических и машиностроительных заводов. И они же очищают сточные производственные воды, которые спускаются в реки и водоёмы, и способствуют этим сохранению наших рыбных богатств.

Иониты применяются для разделения очень близких по свойствам веществ и для ускорения химических реакций. Они используются также для получения металлов и веществ высочайшей чистоты, которые необходимы аналитической химии, атомной и полупроводниковой технике.

Один из тончайших современных методов исследования вещества, так называемый хроматографический анализ, тоже основан на применении ионитов.

Невозможно перечислить все области применения ионитов. Ясно только, что им будет принадлежать немалая роль в химической науке и индустрии.

### НОВЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Сотни лет люди мечтали о превращении элементов. Но все попытки превратить один элемент в другой химическим путём кончались неудачей. Причина этого стала окончательно ясной только после того, как учёные разгадали строение атомов и атомных ядер.

Природа химического элемента определяется зарядом его атомных ядер, числом протонов в этих ядрах. Между тем, все химические реакции оставляют ядро неизменным, в них принимают участие только окружающие ядро электроны, причём те, которые наиболее удалены от ядра и расположены в наружных электронных оболочках. Поэтому получение химическим способом одного элемента из другого — занятие совершенно бессмысленное. Искусственное превращение одних элементов в другие и синтез новых, ранее неизвестных, элементов осуществили специалисты по ядерной физике. Они выполнили эту задачу с помощью радиохимии.

## Доурановые элементы

Если ядра элемента бомбардировать быстрыми дейтонами (ядрами тяжёлого изотопа водорода — дейтерия, которые состоят из одного протона и одного нейтрона), может произойти такая реакция: ядро захватит дейтон, а затем выбросит нейтрон. Заряд ядра увеличится при этом на единицу, а это значит, что получен следующий, правый сосед элемента по периодической таблице. Таким путём и пошли в 1937 году Э. Сегре и К. Перрье, чтобы создать элемент № 43. Быстрыми дейтонами они обстреливали ядра молибдена, элемента № 42. В результате был получен элемент № 43. Его называли технецием (от греческого слова «техне» — искусство, мастерство), потому что он первый был создан искусственным, техническим путём.

Вскоре технеций был получен и при других ядерных реакциях.

В последние годы из ядерных реакторов извлекаются такие большие количества технеция, что изучается он теперь обычными химическими методами. По свойствам этот металл больше похож на рений: если технеций сильно охладить, то его сопротивление электрическому току становится ничтожно малым. Это явление сверхпроводимости у технеция наступает раньше, чем у всех других металлов, — при  $262^{\circ}\text{C}$ .

В 1940 году Сегре синтезировал второй элемент — № 85, бомбардируя висмут альфа-частицами. При изучении этого элемента был использован интереснейший прибор — анализатор импульсов альфа-частиц. Как правило, каждый изотоп излучает частицы вполне определённой энергии. С помощью анализатора можно «рассортировать» частицы разных энергий и определить таким путём число изотопов в полученной смеси. У элемента № 85 их насчитывается уже 20. Они менее устойчивы, чем изотопы технеция, период полураспада самого долговечного из них — около 8 часов. Поэтому элемент № 85 назван астатином (по-гречески — неустойчивый).

По химическим свойствам астатин во многом похож на других членов VII группы, и в то же время у астатина ярко выражены некоторые свойства, которые типичны для

металлов (например, при электролизе он выделяется на катоде).

Элемент № 61 впервые был замечен в 1938 году как продукт ядерной реакции между металлом неодимом и дейтронами, но выделен только в 1947 году из ядерного реактора. Он был первым новым элементом, выделенным из реактора, и назван прометием — по имени легендарного титана Прометея.

Четвёртый элемент — № 87 — всё-таки был найден в природе! Его отыскала в 1939 году в радиоактивном семействе актиния француженка Маргарит Перё и в честь своей родины назвала францием. Актиний распадается двумя путями: он может излучать и альфа- и бета-частицы. Франций получается при альфа-распаде, но этот процесс идёт в 83 раза медленнее, чем бета-распад. Поэтому франция в природе образуется чрезвычайно мало.

Франций можно теперь готовить искусственно, однако жизнь всех его изотопов так коротка (самый большой период полураспада — 21 минута), что изучать свойства этого элемента очень трудно. Этому мешают и химические свойства франция — самого активного из всех металлов.

### Заурановые элементы

К сороковым годам в середине периодической системы Менделеева белых пятен не осталось. Тогда химики стали разыскивать в природе элементы тяжелее урана — заурановые (трансурановые) элементы. Результат этих поисков был отрицательный. На Земле нет элементов, которые в таблице Менделеева должны быть расположены за № 92, ураном. Эти элементы были получены искусственно.

В 1935 году физик Ферми начал первые опыты по действию нейтронов на уран. Эти исследования привели к открытию деления урана, к освобождению громадных количеств ядерной энергии.

В 1940 году из массы продуктов, которые образуются при взаимодействии урана  $^{238}\text{U}$  с нейтронами, учёные Макмиллан и Абельсон извлекли элемент № 93. Это был первый заурановый элемент — нептуний.

Второй заурánовый элемент появился тотчас же вслед за первым: радиоактивные атомы непту́ния 238 при излучении бета-частиц превращаются в атомы элемента № 94 — плуто́ния.

Впервые плуто́ний был выделен американским физиком Сиборгом в 1941 году. Сиборг бомбардировал ядра урана быстрыми дейто́нами и получил ещё четыре трансурánовых элемента: № 95 — амери́ций, № 96 — кю́рий, № 97 — берке́лий и № 98 — калифо́рний. «Сырьём» для изготовления амери́ция явился тоже уран; кю́рий и берке́лий были приготовлены из амери́ция, а калифо́рний — из кю́рия.

Все заурánовые элементы радиоактивны, так как все тяжёлые ядра, начиная с ядер элемента № 84 — полония, вообще неустойчивы. Чем сложнее ядро заурánового элемента, тем меньше срок его жизни: период полураспада у непту́ния — больше 2 миллионов лет, у амери́ция — 10 000 лет, а у калифо́рния — 35 часов. Большинство изотопов этих элементов обладает сильной радиоактивностью. Альфа-излучение кю́рия настолько интенсивно, что кю́рий можно фотографировать в темноте — в свете его собственных лучей.

Один из созданных человеком элементов — плуто́ний — уже нашёл себе применение. Как и уран, он делится под действием нейтро́нов и является прекрасным ядерным горючим. В природном уране делится только один изотоп — 235, но его очень мало. Поэтому основная масса урана почти не принимает участия в реакции деления. Превращение её в плуто́ний — основная задача работы современных ядерных реакторов. Теперь имеются размножающие ядерные реакторы, в которых параллельно с цепной реакцией деления ядер урана идёт процесс получения из урана плуто́ния. Таким образом вырабатывается одновременно и атомная энергия, и сырьё для её производства. Синтез элементов № 99 и № 100 произошёл в 1953—1955 годах.

При температуре, которая измеряется миллионами градусов, между двумя тяжёлыми изотопами водорода, дейтерием и тритием, протекает бурная ядерная реакция. При этом образуется гелий и излучается необычайно мощный поток нейтро́нов. Если ядро плуто́ния 239 попа-

даёт в такой поток, то оно может поглотить один за другим 16 нейтронов и выбросить 5 бета-частиц. В таком случае образуется элемент № 99 — эйнштейний. В таких же условиях уран 238 поглощает 17 нейтронов и, излучая 8 бета-частиц, превращается в фермий, элемент № 100.

В 1955 году при бомбардировке одного из пяти известных изотопов эйнштейния очень плотным потоком альфа-частиц, Сиборг получил зауранный элемент № 101 и назвал его менделеевием. Менделеевие было получено всего лишь 17 атомов. Создание его явилось достойным памятником творцу периодической системы. 9 июля 1957 года было официально объявлено, что группа шведских, американских и английских учёных искусственным путём создала новый зауранный элемент № 102, названный ими нобелием.

## ХИМИЯ ЗЕМЛИ

Трудно переоценить значение многих химических элементов в нашей жизни. Вся история человечества связана с борьбой за металлы. Недаром целые эпохи прошлого называют «бронзовым веком», «железным веком».

Всё большее значение приобретают в жизни цветные металлы-элементы. Серебристый алюминий и лёгкий магний победили воздух. Когда-то редкие и малоизвестные, ванадий и вольфрам, титан и хром, кобальт и молибден становятся основой металлических сплавов, основой всей современной техники.

Чтобы подчинить себе атомы химических элементов, надо хорошо знать их жизнь. А жизнь их очень интересна. Одни из них более постоянны, прочны и неизменны, другие недолговечны, легко разрушаются. Одни любят одиночество, другие, наоборот, не могут жить в одиночку. Есть атомы, которые постоянно перемещаются; но существуют и такие, которые не любят дальних путешествий.

Законы распределения и перемещения химических элементов в земной коре и изучает геохимия.

Основы её заложил в конце прошлого века русский учёный-минералог академик В. И. Вернадский.

Послѣдующее развитіе геохімии тѣсно связано с именами совѣтских учёных — академиков А. Е. Ферсмана, Н. С. Курнакова, А. П. Виноградова и других.

Что же говорит нам наука о распределении химических элементов на Землѣ?

Ещё в прошлом вѣке химики начали подробно изучать химический состав земного шара. Был изучен состав воздуха, воды из различных источников, почвы... Результат оказался несколько неожиданным. Анализы показали, что твёрдая земная кора до глубины 16 километров состоит в основном из немногих элементов. Чаще всего здесь встречаются атомы одних и тех же химических элементов — кремния, кислорода, алюминия, железа и кальция. Как подсчитано, более 90 процентов всей земной коры (а к земной коре геохимии относятся нижнюю часть воздушной оболочки Земли — атмосферу, всю водяную оболочку — гидросферу и верхнюю, до глубины 16 километров, часть твёрдой оболочки Земли — литосферу) составляют именно эти пять химических элементов.

Кислород, без которого невозможна жизнь, составляет половину всей земной коры. В литосфере он содержится обычно в виде соединений с другими элементами: входит в состав очень многих пород и минералов — кварца и гипса, глины и известняков, железных руд и силикатов и т. д.

Очень большую роль играет в жизни Земли свободный кислород, который находится главным образом в атмосфере. В растворённом состоянии он присутствует также в водѣ.

Свободный кислород участвует в самых различных реакциях окисления. Несмотря на это, общее количество такого кислорода на Землѣ не уменьшается, так как в природѣ непрерывно идут процессы его выделения. Главным поставщиком свободного кислорода является фотосинтез растений.

Как известно, атомы кислорода могут объединяться в молекулы, по два и по три атома в каждой. В момент его получения при химических реакциях кислород существует в виде отдельных атомов, которые имеют очень

высокую химическую активность. Если эти атомы не вступают в реакцию, они соединяются по два и образуют молекулы обыкновенного кислорода. При некоторых особых условиях кислородные атомы объединяются по три в молекуле — это озон. Он образуется при радиоактивных облучениях, при действии ультрафиолетовых лучей и в некоторых других случаях.

В заметных количествах озон присутствует в верхних слоях атмосферы, где, очевидно, он образуется под действием ультрафиолетовых лучей Солнца. Учёные считают, что на высоте 30—50 километров имеется «озоновый слой», который задерживает большинство ультрафиолетовых лучей и таким образом защищает нас от губительного действия этого излучения.

Большее четвертой части земной коры состоит из кремния. Этот очень активный химический элемент необыкновенно широко распространён. В чистом виде кремния в природе нет; чаще всего его атомы встречаются в соединении с атомами кислорода. Химики называют это соединение кремнезёмом.

Очень много в земной коре железа и алюминия: они составляют почти 12 процентов веса всей коры.

Если мы добавим к названным пяти элементам ещё семь — калий, натрий, водород, магний, фосфор, титан и хлор, то на долю этих 12 «элементов мира» будет приходиться около 99 процентов земной коры. Остальные 80 элементов таблицы Менделеева составляют менее 2 процентов.

Состав элементов, которые растворены в водах Земли, не постоянен. В зависимости от пород, в которых протекает река, вода её имеет свой специфический количественный и качественный состав химических элементов. Так, вода рек Севера содержит обычно больше растворённого железа. В реках средних широт преобладают хлор, калий, натрий, сера.

Особенно разнообразны по химическому составу подземные минеральные источники. Всем известны такие целебные воды, как радиевые, серные, железистые, углекислые, иодо-бромные и другие.

При сравнении химических анализов пород учёные установили, что с глубиной постепенно увеличивается процентное содержание железа и магния, а процентное содержание кислорода, кремния, алюминия, натрия, калия уменьшается.

Такое распределение различных химических элементов на нашей планете.

Атомы химических элементов перемещаются, соединяются друг с другом, распадаются, из почвы поступают в воздух и в воду, попадают вместе с водой и пищей в живые организмы. Есть элементы, которые удерживаются в почве, накапливаются в ней: например, барий и титан. А углерод и азот, напротив, совершают в природе вечный круговорот.

Атомы отдельных элементов делают в своих «путешествиях» как бы остановки и образуют рудные скопления, залежи. Это железо и свинец, медь и цинк. Другие встречаются в природе только в рассеянном виде.

Одна из загадок для геохимиков — иод. В коре Земли его содержатся всего стотысячные доли процента: Однако в растениях и животных, в почве и в любой горной породе химики обнаруживают присутствие следов этого элемента. Иод есть в воздухе и в воде, на поверхности земли и в её глубинах.

И вместе с тем происхождение этого элемента остаётся пока невыясненным. Геохимики не могут найти источники иода. Учёные не знают ни одного минерала иода, ни одного его месторождения.

Геохимия установила много закономерностей совместного нахождения различных элементов в земле. Теперь мы знаем, что в соляных озёрах живут вместе атомы галогены — хлор, бром и иод. Здесь же находят натрий, калий, магний и кальций. В гранитах, твёрдых кристаллических породах, можно обнаружить скопления редких металлов — вольфрама и ниобия. В тяжёлых базальтах встречаются вместе атомы никеля, хрома, меди, железа, платины.

Все эти закономерности позволяют предсказывать, где можно найти тот или другой элемент, а где его искать бессмысленно. Так наука служит практическим целям, вооружает геологов средством научного предвидения.

## ВЕЧНЫЙ КАМЕНЬ

Многие называют цемент старинным материалом. Это, безусловно, правильно. Чудесные свойства гипса, извести, глины — ближайших «родственников» современного цемента — люди начали использовать с древнейших времён. Прошли века, бесследно сгнили деревянные постройки, позеленела и рассыпалась бронза старинных мечей, растрескался и превратился в песок гранит, но всё так же несокрушимо высятся Великая китайская стена, воздвигнутая более двух тысяч лет назад.

Шли годы. Менялись исторические условия. Искусство древних строителей начало забываться. Лишь в XIX веке был открыт секрет цемента. Двадцатый век можно по праву назвать не только веком электричества и радио, но и веком цемента. Ведь ещё в 90-х годах прошлого столетия выпуск цемента во всём мире составлял лишь 10—12 миллионов тонн. В 1913 году он поднялся до 40 миллионов тонн. А теперь в мире производятся уже сотни миллионов тонн цемента!

Бывают такие вещества, которые сами по себе почти не применяются, но без которых немыслима современная техника. К таким веществам относится и цемент. Он почти никогда не используется в чистом виде.

Важнейшее применение цемент находит при изготовлении бетона. Бетон, без которого нельзя даже представить ни одного современного строительства, представляет собой щебень и песок, которые склеены «цементным клеем».

Вода — одна из самых страшных разрушительных сил природы. Но этот злейший враг почти всех материалов не опасен для хорошего бетона. В то время как конструкции из металла, дерева, природного камня под воздействием воды со временем теряют свою прочность и требуют постоянной защиты, бетонные сооружения с каждым годом становятся крепче и прочнее. Поэтому такие бетоны совершенно незаменимы при гидротехническом строительстве. Из них делают плотины гидростанций, шлюзы, мосты, фундаменты и многое другое.

Но есть и у бетонов одно слабое место. Они почти бессильны против растяжения. На помощь им приходит металл. «Содружество» этих двух разнородных материалов рождает третий, в котором удивительно соче-

таются свойства обоих «родителей». Железобетон произвёл подлинную революцию в строительном деле, а сейчас начинает вторгаться и в машиностроение. Железобетонные балки, конструкции намного удешевили и ускорили строительство. Они позволили перейти от постройки дома «по кирпичику» к индустриальному строительству. В последнее время из железобетона начали изготовлять шпалы, трубы. По рекам уже плавают железобетонные корабли и баржи, из железобетона построены плавучие доки.

Алюминий уже давно называют «крылатым металлом». Благодаря своей лёгкости алюминиевые сплавы нашли широкое применение в авиации. Но не исключена возможность, что в недалёком будущем они будут вытеснены... железобетоном. Причём бетонные самолёты окажутся не тяжелее металлических и не потребуют более мощных двигателей, но зато они будут обладать целым рядом очень важных преимуществ. Бетон обеспечит машине такую прочность и жёсткость, что исключит всякую возможность разрушения от вибраций. Тем самым решится одна из серьёзнейших проблем авиационного строительства. Наконец, жарспрочный бетон прекрасно выдерживает высокие температуры.

У цементного бетона замечательное будущее. На Брюссельской выставке из бетона были построены интереснейшие инженерные сооружения. Все специалисты считают, что бетон — это материал завтрашнего дня. Но для того, чтобы он стал материалом будущего, готовить его нужно по-новому. Те свойства, которыми обладает обычный цемент, — это лишь часть великих возможностей, скрытых в этом материале.

Обычный способ замешивания бетона знают все. Из гравия, песка, цемента и воды получают пластичную смесь, потом её формируют, дают затвердеть, — и бетон готов. Сто лет назад, когда бетон был новинкой, в цементный раствор старались вводить как можно больше крупных камней. За счёт каменных глыб получалась большая экономия цемента. Но позднее камень стал дефицитным. Во многих районах нашей необъятной страны нет ни камня, ни щебня, зато песка сколько угодно. Однако бетон, сделанный из одного песка, оказывался очень плохим. Для его замешивания нужно очень много воды. Излишек

влаги остаётся в бетоне, и зимой он покрывается сетью мелких трещин...

Задача заключается в том, чтобы научиться делать качественный бетон на песчаной основе. Метод решения этой задачи предложила физико-химическая механика. Он чрезвычайно прост и состоит в том, что бетонную смесь подвергают вибрационным воздействиям.

Вибрация нарушает структурные связи между частицами раствора, не даёт им развиться, окрепнуть. Этому помогает добавление особых поверхностно-активных веществ, которые обволакивают тончайшими слоями частицы цемента. Таким образом, в бетоне не образуются рыхлых пространственных сеток, частички равномернее перемешиваются и быстрее твердеют. Качество бетона резко повышается. Теперь становится возможным использовать для производства бетона мелкий песок. Гораздо лучше используется и цемент. Советские учёные доказали, что по новой технологии из того же количества цемента можно выпускать стандартных железобетонных изделий вдвое больше, и они будут более высокого качества.

Что значит удвоение производства железобетонных изделий из того же количества цемента? Это два дома там, где сегодня строится только один, это удвоение темпа промышленного и жилого строительства! Это замена железобетоном очень многих строительных материалов.

## МЕТАЛЛЫ XX ВЕКА

Открытие новых месторождений, успехи науки и техники явились основой широкого развития цветной металлургии.

Ископаемые, которые длительное время считались непригодными для промышленного использования, теперь, благодаря прогрессу техники, приобретают важное значение в народном хозяйстве.

Типична история открытия новых видов сырья для получения алюминия. Замечательно будущее этого «металла двадцатого века». Алюминий широко применяется в машиностроении и судостроении, в производстве автомобилей и тракторов, при изготовлении бытовых предметов.

В дореволюционной России не было своего производства алюминия. В первую мировую войну начались поиски бокситов. Богатейшие бокситы, содержащие свыше 50 процентов гидроксида алюминия, были найдены у города Тихвина.

Обнаруженные тогда залежи бокситовой руды были использованы уже в советское время. Первенцем отечественной алюминиевой промышленности был Волховский завод, построенный рядом с Волховской гидростанцией и тихвинскими бокситами.

Машиностроение и другие отрасли народного хозяйства предъявляли всё больший спрос на алюминий. Стали необходимы новые источники сырья. Начались поиски. Залежи бокситов были обнаружены в разных районах СССР.

Но являются ли бокситы единственным видом сырья для производства алюминия?

Ещё в ту пору, когда в России не было своей алюминиевой промышленности, профессор Петербургского политехнического института В. Аршинов высказал мысль, что алюминий можно получить также и из нефелинов. Идея эта приобрела особую актуальность, когда уже в советское время были раскрыты природные богатства Кольского полуострова, где имеются огромные залежи нефелинов. Руководителем работ был академик А. Ферсман, который настойчиво добивался комплексного использования открытых на Кольском полуострове апатито-нефелиновых пород.

Экспериментальные работы начались в 1934 году. Был создан новый технологический метод комплексной переработки нефелинового сырья, из которого получается глинозём (окись алюминия), а также содовые продукты и цемент.

Для производства глинозёма требуются ещё известняк и уголь. Чтобы получить одну тонну глинозёма, надо затратить около пяти тонн нефелиновой руды, двенадцать тонн известняка и шесть тонн угля. Всё это в Сибири имеется в изобилии, а мощные электростанции обеспечат алюминиевую промышленность Сибири самой дешёвой электроэнергией.

Раскрываются новые перспективы развития цветной металлургии. Разведаны запасы алюминиевого сырья и никеля, найдены крупные месторождения самородной серы и графита.

История как бы повторяется. Титан был открыт почти двести лет назад. Это один из самых распространённых элементов. В земной коре титана в шесть раз больше, чем марганца. Однако истинные свойства титана удалось обнаружить и изучить всего лишь около двадцати пяти лет назад, а промышленное производство этого ценнейшего металла началось десять лет назад.

Конструкторы высоко оценили титан: он совмещает в себе прочность стали и лёгкость алюминия, он коррозиестоек. Эти свойства открыли титану необычайно широкую область применения. Титан позволяет делать турбины большой мощности при малых размерах. Это имеет огромное значение, если учесть, что наша страна готовится к выпуску турбин мощностью не менее 600 тысяч киловатт каждая.

Чтение наиболее важных  
математических знаков, символов,  
выражений и сокращений

1. Простые дроби

$\frac{1}{2}$  — одна вторая; половина

$\frac{1}{3}$  — одна третья; одна треть; треть

$\frac{1}{4}$  — одна четвертая; четверть

$\frac{1}{5}$  — (одна) пятая

$\frac{1}{10}$  — (одна) десятая

$\frac{1}{25}$  — (одна) двадцать пятая

$\frac{1}{100}$  — (одна) сотая

$\frac{1}{1000}$  — (одна) тысячная

$\frac{1}{2367}$  — одна две тысячи триста шестьдесят седьмая

$\frac{2}{3}$  — две третьих; две трети

$\frac{3}{4}$  — три четвертых; три четверти

$\frac{6}{13}$  — шесть тринадцатых

$\frac{7}{8}$  — семь восьмых

$\frac{24}{39}$  — двадцать четыре тридцать девятым

$\frac{76}{1000}$  — семьдесят шесть тысячных

$\frac{145}{10000}$  — сто сорок пять десяти тысячных

$\frac{367}{20000}$  — триста шестьдесят семь двадцати тысячных

## 2. Десятичные дроби

0,1 — нуль целых, одна десятая  
0,02 — нуль целых, две сотых  
0,003 — нуль целых, три тысячных  
0,45 — нуль целых, сорок пять сотых  
0,0678 — нуль целых, шестьсот семьдесят восемь десяти-  
тысячных

1,1 — одна целая, одна десятая  
1,23 — одна целая, двадцать три сотых  
1,045 — одна целая, сорок пять тысячных  
67,89 — шестьдесят семь целых, восемьдесят девять  
сотых  
12,304 — двенадцать целых, триста четыре тысячных

## 3. Знаки и символы

+ плюс

— минус

± плюс минус

· и  $\times$  умножить (знак умножения)

: разделить, делить (знак деления)

= равняется, равно (знак равенства)

( ) круглые скобки

[ ] квадратные скобки

{ } фигурные скобки

$a = b$   $a$  равно  $b$

$a \neq b$   $a$  не равно  $b$

$a \approx b$   $a$  примерно равно  $b$

$a > b$   $a$  больше  $b$ ;  $a$  больше, чем  $b$

$a < b$   $a$  меньше  $b$ ;  $a$  меньше, чем  $b$

$x = \infty$   $x$  равен бесконечности

$1 \times 1 = 1$  один раз один (будет) один

$2 \times 2 = 4$  дважды два (будет) четыре

$4 \times 4 = 16$  четырёхжды четыре (будет) шестнадцать

$a = c \times d$   $a$  равно  $c$ , умноженное на  $d$

1:2 один к двум (отношение один к двум)

68:1 шестьдесят восемь к одному (отношение шестьдесят восемь к одному)

$15:3 = 5$  пятнадцать, делённое на три, равно пяти

$12:3=16:4$  отношение двенадцать к трём равно отношению шестнадцать к четырём

$a = \frac{b}{c}$   $a$  равно  $b$ , (по)делённому на  $c$

$a = \frac{\frac{b}{c}}{e} = \frac{be}{cd}$   $a$  равно отношению  $b$ , делённого на  $c$  к  $d$ , делённому на  $e$ , равно (равняется) отношению произведения  $be$  к произведению  $cd$

$a + b = c$   $a$  плюс  $b$  равно (будет)  $c$

$a - b = c$   $a$  минус  $b$  равно (равняется)  $c$

$35 + 16 = 51$  тридцать пять плюс (прибавить) шестнадцать будет (составит) пятьдесят один (равняется, равно пятидесяти одному).

$64 - 17 = 47$  шестьдесят четыре минус (отнять, вычсть) семнадцать будет (составит) сорок семь (равно, равняется сорока семи).

$x^2$  ( $x$ ) икс квадрат; икс в квадрате; икс в степени два; икс во второй степени

$x^3$  ( $x$ ) икс куб; икс в кубе; икс в степени три; икс в третьей степени

$6^2 = 36$  шесть в квадрате будет тридцать шесть

$3^3 = 27$  три в кубе будет двадцать семь

$10^5$  десять в пятой степени

$10^{-6}$  десять в степени минус шесть

$\sqrt{a}$  корень квадратный из  $a$  ( $a$ )

$\sqrt[3]{u}$  корень кубический из  $u$  (йгрек)

$\sqrt[4]{c}$  корень четвертой степени из  $c$  (це)

% процént

57% пятьдесят семь процéнтов

0,27% (нуль целых) двадцать семь сотых процéнта

#### 4. Именованные числа

- 1 мм. один миллиметр
- 2 см. два сантиметра
- 3 дм. три дециметра
- 4 м. четыре метра
- 1 мг. один миллиграмм
- 2 г. два грамма
- 4 ц. четыре центнера
- 5 т. пять тонн
- 1 м<sup>3</sup>/ч. один кубический метр в час
- 1 л. один литр
- 1/2 л. одна вторая литра; поллитра
- 1 ч. один час
- 1 л. с. одна лошадиная сила
- 0,75 км. (ноль целых) семьдесят пять сотых километра
- 2 км/ч. два километра в час
- 1' 12" один фут двенадцать дюймов; также одна минута двенадцать секунд
- 45° сброк пять градусов
- 20°C двадцать градусов по Цельсию
- 16°R шестнадцать градусов по Реомюру
- 18°F минус восемнадцать градусов по Фаренгейту.

#### 5. Деньги

- 100 р. сто рублей
- 50 р. 25 коп. пятьдесят рублей двадцать пять копеек
- 50 коп. пятьдесят копеек; полтинник (монета)
- 1 256 р. 39 коп. (одна) тысяча двести пятьдесят шесть рублей тридцать девять копеек.

## О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр.
Числа и свойства	3
<u>Математика</u>	
Счет	5
Приближенные вычисления	6
Зарождение математики	9
Геометрия	II
Н. И. Лобачевский	13
Тригонометрия	14
Новая наука с древним названием	18
<u>Физика</u>	
Место физики среди других наук о природе	22
Первое открытие Галилея	25
Закон взаимосвязи массы и энергии	27
Законы динамики	28
Почему жидкость течет?	29
Радиоактивность	31
Атомные двигатели	33
Рождение науки	35
Электрическое поле	36
Полупроводники	38
Два типа полупроводников	42
Свет — электромагнитные волны	43
Инфракрасные лучи и их применение	45
Петр Николаевич Лебедев	46
<u>Астрономия</u>	
Ближайшие соседи Земли — тела солнечной системы	49
Солнце	52
Новые приборы	55
Комета, созданная людьми	57
Искусственные спутники Земли	58

## ХИМИЯ

Разговор о химии	61
"Стройматериалы" колосьев и трав	62
Пожар без огня	63
Сделано из пены	65
Ионы-труженики	67
Новые химические элементы	69
Доурановые элементы	70
Заурановые элементы	71
Химия Земли	73
Вечный камень	77
Металлы XX века	79

## Чтение наиболее важных математических знаков, символов, выражений и сокращений

Простые дроби	82
Десятичные дроби	83
Знаки и символы	83
Именованные числа	85
Деньги	85

## Русско-эстонский словарь

к брошюре: :Сборник научно-популярных текстов.  
Сост. В. Д. Королева, Т. А. Гнедаш, В. М. Мат-  
веева, Г. Н. Парилова.

абсолютная погрешность	- absoluutne viga
автомобильная покрывка	- auto väliskumm
алгоритм	- algoritm (arvutusvõte, näit. ruutjuure leidmiseks)
вечный двигатель	- perpetuum mobile (kujutletav igavesti liikuv masin)
взаимоскольжение	- vastastikune libisemine
винтовая поверхность	- kruvipind
вогнутое зеркало	- nõguspeegel
водоподъемная машина, водоподъемник	- veetõstuk
водоочистка	- veepuhastus
возведенный в квадрат	- ruudus
всемирное тяготение	- gravitatsioon
вспомогательный приём	- abivõte
вывод формулы приведения для общего случая	- taandamisvalemi tuletamine üldjuhul
выпукло-вогнутый	- kumernõgus
вытянутый	- piklik, väljavenitatud
вычислительные приборы	- arvutusmasinad
гевея	- hevea, kautšukipuu
грубый инструмент	- ebatäpne instrument
двенадцатигранник, додекаэдр	- kaksteisttahukas, dodekaeder
дело обстоит иначе	- asi on teisiti
дифференцируемая функция	- diferentseeruv funktsioon
дозаправка горючим	- kütusega lisatankimine
дуга окружности	- ringjoone kaar
дырочный полупроводник	- aukjuhtivusega pooljuht
жесткость	- jäikus
заложить основы	- aluseid rajama
запуск ракеты	- raketi väljalaskmine

земельный участок	- maatükk, krunt
зонная плавка	- tsoonsulatus
изнуряющий зной	- kurnav kuumus
изящные искусства	- kaunid kunstid
ионообменная смола	- ioonvahetusvaik
искровой разряд	- sädelahendus
клиновидный	- kiilukujuline
кораблевождение	- laevajuhtimine
крепость (материала)	- tugevus
круглая сталь	- ümarteras
крутильные весы	- keerdkaalud, torsioonkaalud
лежать в основе	- aluseks olema
лечебные грязи (мн.)	- tervismuda
линзовый объектив	- läätsobjektiiv
мелкий чиновник	- väike ametnik
млечный сок	- lateks, kautšukitaime piim-mahl
надводный	- veepealne
накипь	- katlakivi
наэлектризовывать, наэлектризовать*	- elektriseerima
невооруженным глазом	- palja silmaga
непотопляемая лодка	- uppumatu paat
непрерывная функция	- pidev funktsioon
нумерация с десятичной основой	- numeratsioon kümnendsüsteemi alusel
обессоливание	- magestamine
обратно пропорционально	- pöördvõrdeliselt
обращенный синус	- siinus versus
острый угол	- teravnurk
отличные результаты измерения	- erinevad mõõtmistulemused
парогенератор	- aurugeneraator
паросиловая установка	- aurujõuseade
полный четырехсторонник	- täielik nelikülg
положительный заряд	- positiivne laeng

положить в основу	- aluseks võtma
полураспад: период полу- распада	- pooldumisperiood
полухорда	- poolkõel
поршневой насос	- kolbpump
постулат	- postulaat, oletus
приближенное число	- ligikaudne arv
приближенные вычисления	- ligikaudsed arvutused
приводной ремень	- ülekanderihm
проскочить: чтобы между шарами проскочила искра	- et kuulikeste vahel tekiks säde
процентная погрешность = относительная погрешность	- suhteline viga
пытливый ум	- teadmishimuline pea
равновесие не нарушается	- tasakaal säilib
разность чисел	- arvude vahe
ракета-носитель	- kanderakett
распад	- lagunemine; lagundumine
регенерация	- regeneratsioon (uuendamine, taastekitamine)
резонансное рассеяние	- resonantshajumine
самонагреваться, само- нагреться*	- isekuumenema, isesoojenema
сверхпроводимость	- ülijuhtivus
светимость	- heledus
сточные воды	- heiteveed
счисление	- arvutussüsteem
считать в уме	- peast arvutama
теория близкодействия	- lähismõjuteooria
теория вероятностей	- tõenäosusteooria
теория дальнодействия	- kaugmõjuteooria
теория колебаний	- võnkumisteooria
теория относительности	- relatiivsusteooria
терция	- terts (1/60 s)
указанный допуск	- nimetatud kõrvalekaldumine
умягчение	- pehmendamine
умственный труд	- vaimne töö

уравнение второй степени	-	teise astme võrrand, ruutvõrrand
установить связь	-	sidet looma; siin: sidet otsima
ученые круги	-	teaduslikud ringkonnad
уязвимое место	-	nõrk, hell koht
хвостатое светило	-	komeet, sabatäht
хорда	-	kõõl
шаровая поверхность: форма шаровой поверхности	-	kerakujuline vorm
электрическое поле	-	elektriväli

Примечания: 1. В словаре даны слова и словосочетания отсутствующие в "Русско-эстонском словаре" В. Мухеля.

2. Звездочкой (\*) обозначаются глаголы совершенного вида.

Третье издание

Ответственный редактор: Э. Аулинг

К печати подготовили и снабдили русско-эстонским  
словарем В. Муйжнек и Э. Аулинг

---

Подписано к печати 2/XI 1966 г. Бумага 60x84 см.  
Печ. л. 5,75. Уч. л. 4,86. Тираж 500. Заказ № 146.  
Ротапринт ЭСХА, г. Тарту, ул. Рийа, 12  
Цена 15 коп.

Цена 15 коп.

II

1A-459

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00546683 6