

# **Журнал "Техника молодежи"**

**№ 08, 1960**

УДК 62  
ББК 30.6  
Ж92

Ж92 Журнал "Техника молодежи": № 08, 1960 / – М.: Книга по Требованию, 2024. – 48 с.

**ISBN 978-5-458-57264-4**

«Техника — молодёжи» — ежемесячный научно-популярный и литературно-художественный журнал. Издаётся с июля 1933 года. В журнале впервые на русском языке были опубликованы романы «Фонтаны рая» Артура Кларка и «Звёздные короли» Эдмонда Гамильтона. Роман Ивана Ефремова «Час Быка», впоследствии запрещённый, также впервые был опубликован в «ТМ» (в 1968—1969 годах). «Фирменный» стиль журнала — это парадоксальное сочетание под одной обложкой увлекательных исторических расследований и новейшего «хайтека»; летописи техники и футурологических экскурсов, смелых изобретательских проектов и гипотез. «ТМ» даёт «умную пищу» для «завёрнутого» технаря и любознательного гуманитария, для предпринимателя и школьника, для историка техники и домохозяйки...

**ISBN 978-5-458-57264-4**

© Издание на русском языке, оформление  
«УОУO Media», 2024  
© Издание на русском языке, оцифровка,  
«Книга по Требованию», 2024

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



# ТЕХНИКА ЦЕМЕНТНЫХ ГИГАНТОВ

**КАК БЕЗ** металла нельзя сделать машину, а без электроэнергии пустить завод, так без цемента не построить ни жилого дома, ни предприятия, и что самое главное — без цемента нельзя строить индустриальным методом.

Мы производим колоссальное количество цемента. В прошлом году наша промышленность изготовила его в 25 раз больше, чем в 1913 году. Однако для нашего народного хозяйства и этого мало. Сейчас мы строим новые цементные гиганты. Что же собой они представляют?

Цементное производство начинается с карьера, где мощные экскаваторы добывают известняк и глину. Отсюда сырье по подвешной канатной дороге или другим видам транспорта подается в дробилки. Крупные куски сырья перемалываются стальными челюстями. Далее путь известняка и глины проходит через шаровые мельницы — длинные вращающиеся цилиндры, внутри которых с грохотом перекатываются металлические шары. Одновременно в мельницу подается вода, и смолотое сырье приобретает вид пасты, которую цементники называют шламом. Этот шлам по трубам перекачивается во вращающуюся печь, в которой получают так называемый клинкер — основу цемента. Клинкер — темные гранулы (комки) силиката кальция.

Вращающаяся печь — это сердце цементного завода. Она представляет собой громадную стальную трубу длиной до 185 м и диаметром около 5 м, выложенную изнутри огнеупорной футеровкой. Печь лежит слегка наклонно на роликовых опорах, и обжигаемое сырье постепенно самоходом движется к выгрузочным механизмам. Температура внутри трубы достигает 1450°. Такая печь весит до 3,5 тыс. т, производительность ее — 75 т в час.

После охлаждения в холодильниках клинкер подается в мельницу, где он измельчается и перемешивается

с некоторым количеством добавок и гипса. Цемент готов.

На 2-й обложке схематично показан процесс производства цемента во вращающихся печах-гигантах.

Можно ли усовершенствовать это производство, чтобы еще больше выпускать цемента?

Инженеры-цементники во всем мире настойчиво ищут новые пути получения цемента. Ведущими в этих поисках являются советские специалисты. Так, например, инженер В. В. Серов обратил внимание на отходы доменного производства чугуна — шлаки. По своему составу жидкий шлак отличается от клинкера лишь более низким содержанием окиси кальция. Появилась мысль насыщать шлак известняком, вдувая в него при этом некоторое количество топлива. Весь этот процесс происходит в плавильном агрегате — конвертере. При производстве цемента этим способом отпадают трудоемкие стадии подготовки сырья к обжигу.

Можно цемент изготавливать быстрее и дешевле. В 1960 году на Тульской опытно-промышленной установке Всесоюзного научно-исследовательского института цемента ученик В. В. Серова инженер В. Ф. Крылов впервые в мире получил большую партию плавленого клинкера непосредственно из огненно-жидкого шлака. Значение этого метода трудно переоценить. Ведь в Советском Союзе шлаковые отходы от доменного производства составляют ежегодно несколько десятков миллионов тонн.

Исследователи пошли и по другому пути. В том же институте цементной промышленности инженеры А. Е. Мягков, И. И. Холли и В. К. Хохлов разработали метод получения цементного клинкера без вращающейся печи. Они предложили использовать вертикальную трубу с переменным сечением. При прохождении через нее горячих газов, получаемых при сжигании топлива, на участках с меньшим сечением газы приобретают большую скорость. В результате возникает турбулентное, вихревое, движение обжигаемого материала — «кипящий слой». Вследствие интенсивного перемешивания

сырья в кипящем слое весь процесс занимает 2—3 мин. вместо 3—4 час. в больших вращающихся печах. Эта установка в 10—15 раз меньше по объему, чем вращающаяся печь, а производительность при тех же параметрах ее такая же. На Чимкентском цементном заводе уже монтируется первая установка для получения клинкера в кипящем слое.

Еще один путь получения высоко-

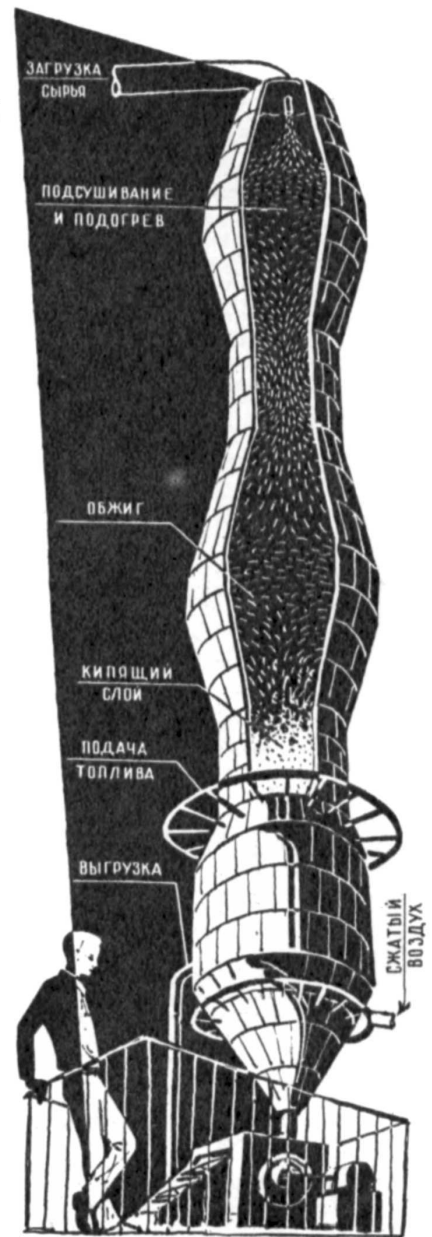


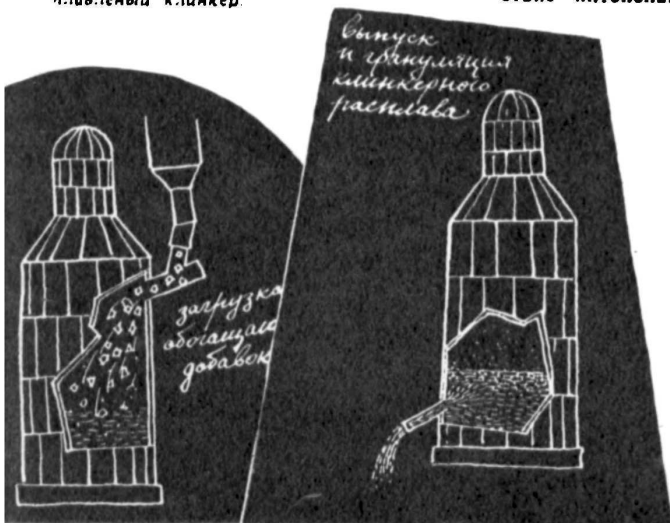
Схема установки кипящего слоя. Гранулированное сырье в шахту загружается сверху, а снизу поступает поток горячего воздуха. В узких зонах установки образуется кипящий слой, где технологические процессы проходят особенно интенсивно.

качественного цемента намечен работами, проведенными во Всесоюзном научно-исследовательском институте новых строительных материалов группой сотрудников под руководством инженера В. И. Акунова. Они предложили для одновременного измельчения и обжига сырьевых материалов так называемые газоструйные мельницы. Здесь происходит оба процесса, необходимые для получения цемента: измельчение и обжиг.

Так ученые разными путями идут к одной цели — быстрее и дешевле производить цемента для наших строок.

**Л. КРОЯЧУК и О. БЛЮМ,**  
сотрудники НИИЦемент

По методу В. В. Серова в конвертере из доменных шлаков получается дешёвый плавленый клинкер.



# СИБИРСКИЙ,

И. ЛИТВИНЕНКО

**С** ВЛАДИМИРОМ МИХАЙЛЕНКО, секретарем комитета комсомола треста «Ачинскалюминстрой», мы встретились в Москве, куда он приехал на совещание в ЦК ВЛКСМ. Он рассказал, как недалеко от старинного сибирского города Ачинска строится крупнейший в Союзе цементный завод, который будет работать на нефелиновых шламах — отходах от алюминиевого производства.

На каждую тонну нефелинового глинозема, исходного продукта в производстве алюминия, приходится несколько тонн шламов. Эта жидкая грязная масса раньше считалась обременительным отходом. Шлам стал в близлежащие водоемы, загрязняя их.

# САМЫЙ

В послевоенные годы советские ученые разработали технологию получения из шламов цемента с высокими технико-экономическими показателями. Запасы нефелина в этих местах огромны, их хватит на сотни лет. Поэтому здесь запроектировано три очереди цементного завода-гиганта. Мощность первой сотни тыс. т цемента в год. Такое количество производила вся промышленность дореволюционной России в 1913 году. Рядом с нефелином расположены залежи угля и известняков, также необходимых для цементного производства. Разрабатываются они открытым способом. Поэтому себестоимость ачинского цемента будет очень низкой, в два—два с половиной раза ниже, чем на других заводах страны.

— Когда же завод даст стране первый цемент?

— Раньше, — говорит Владимир, — таким сроком был первый квартал 1962 года, но темпы опережают время. Над нашей стройкой взял шефство комсомол, а это значит, что план будет выполнен раньше. Поэтому мы поддерживали

# ДЕШЕВЫЙ

почин вольцев и включились в соревнование с ними и другими ударными комсомольскими стройками. Бурно проходило на стройке собрание комсомольцев и молодежи «СУ-40», на котором решался вопрос о сокращении сроков строительства. По докладу начальника управления тов. Свищева захотели высказаться многие. Ребята говорили о скрытых резервах производства, вносили конкретные предложения. В решении собрания записали: сдать первую очередь в эксплуатацию досрочно — к 15 марта 1961 года. Тогда же были образованы комсомольский штаб стройки и контрольные комсомольские посты, сокращенно ККП. Это глаза и уши штаба в бригадах.

В апреле на стройку пришло пополнение. Семьсот демобилизованных пограничников ступили на еще спящую морозом сибирскую землю. «Ничье весна у нас ранняя», — шутили ачинцы, видя, как небольшая площадь перед вокзалом расцвела зелеными фуражками. Пограничники принесли с собой товарищескую спайку, упорство в выполнении поставленной задачи, солдатскую смекалку.

Новичков разбили по бригадам и послали туда, где труднее, на рытье котлованов под фундаменты для вращающихся печей. Знали — не подведут. И вчерашние солдаты не подвели, процент выработки у них редко бывает ниже полутора норм.

Каждый молодой рабочий считает строительство своим личным делом, поэтому не проходит мимо недостатков.

На стройке много изобретателей и рационализаторов. Сергей Вахтин, электрик, усовершенствовал сварочный аппарат, бригадир сантехников Геннадий Езыпчук предложил вести рытье котлована без шпунтового ряда, маляр Иван Моргуню масляную шпательку заменил глиноземной.

Более тысячи человек учатся сейчас в вечернем строительном техникуме, школе рабочей молодежи и на курсах. В этом учебном году в поселке строителей открывается учебно-консультационный пункт Красноярского института цветных металлов и золота имени Калинина.

Цемент... Его называют хлебом строительства. И он нужен людям как хлеб. Цемент — это фундаменты зданий и опоры электропередач, шоссе, железные дороги и плотины гидростанций, шифер и огнеупоры. Ачинские строители выполняют задачу большой государственной важности, сооружают завод, который будет снабжать дешевым цементом новостройки Сибири.

# В воздухе ИЛ-18!

**У**ЖЕ БОЛЬШЕ четверти века небо нашей планеты бороздят «Илы». Маленькие и большие, грузовые и пассажирские, они верно служили и служат советскому народу. 30 типов самолетов создано под руководством выдающегося авиационного конструктора Сергея Владимировича Ильюшина.

Выпускающиеся сегодня серийно серебристые лайнеры «Ил-18» уже во многих деталях отличаются от опытного «Ил-18», поднятого в воздух Коккинаки в 1957 году и кратко описанного в № 12 нашего журнала за 1957 год.

**Вместимость и удобства.** «Ил-18» большая и вместительная машина. Размах крыльев — 37,4 м, длина самолета — 36 м. В основном варианте самолет имеет 65 пассажирских мест первого и туристского классов, 8 спальных мест, буфет-кухню, 3 гардероба и 3 туалета. При других вариантах компоновки самолет может поднимать 83 или 89 пассажиров.

Во всех вариантах компоновки пассажиры замечательного воздушного лайнера пользуются полным комфортом.

**Топливо.** Хорошие аэродинамические характеристики самолета и особенности двигателей дают характерный расход топлива на крейсерских режимах полета. Машина покрывает без посадки 5 тыс. км, причем в баках остается еще солидный запас резервного топлива. Рейсовая скорость самолета достигает 650 км в час.

**Управление.** Четыре двигателя конструкции А. Г. Ивченко обладают большим запасом мощности (общая мощность двигателей 16 тыс. л. с.). Самолет может подняться в воздух даже при отказе одного двигателя на взлете и продолжать нормальный полет. Несколько сбавив высоту, самолет может продолжать полет и при выходе из строя двух двигателей.

Еще больше повышает безопасность полета на «Ил-18» способность этого самолета сесть почти на любой промежуточный аэродром. Несмотря на весьма солидный взлетный вес (до 61 т), огромный воздушный корабль имеет сравнительно небольшую длину разбега при взлете и пробега при посадке.

**КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА И ВЕНТИЛЯЦИЯ.** Комплексная система кондиционирования воздуха поддерживает в любое время года в салонах температуру +20° и нормальную влажность воздуха. Кроме того, имеется индивидуальная система вентиляции: пассажир может включить ее и направить на себя струю воздуха, температура которой регулируется по его желанию от +5 до +20 градусов Цельсия.

**БЕЗОПАСНОСТЬ.** Одна из главных особенностей самолета «Ил-18» — максимальная безопасность полета в любое время года, днем и ночью, в любых метеорологических условиях.

Конструкция самолета, в которой использованы дюралюминиевые сплавы, сталь и титан, имеет большой запас прочности и обеспечивает надежность при длительной эксплуатации. Радиолокатор предупреждает о препятствиях, встречаемых самолетами или грозовом фронте. Надежно действует противообледенительная система.

**НА СЛУЖБЕ МИРА.** «Ил-18» эксплуатируется на десятках внутренних и международных линий Аэрофлота. Этот самолет приветствовался в Гааге и Багдаде, удивлялись ему в Вашингтоне и Париже.

На нем налетал тысячи километров посланец мира и дружбы Никита Сергеевич Хрущев.

Присуждение премии, носящей имя великого Ленина, — достойная награда партии и народа своему верному сыну С. В. Ильюшину.

РАБОТЫ  
ЛАУРЕАТОВ  
ЛЕНИНСКОЙ  
ПРЕМИИ



ТОПЛИВО

ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА

УПРАВЛЕНИЕ

КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ  
ВОЗДУХА

АНТИОБЛЕДЕНТЕЛЬ

# ПРОВОЛОКА ИЗ ФОНТАНА



# ДВА КИЛОМЕТРА - ИЗ ОДНОЙ КАПЛИ



**С**ЛОВНО нервные волокна, связывают провода воедино сложнейшие механизмы многих машин и приборов. Перервите эти нервы, и машина окажется просто набором движущихся взаимной частей. Ежегодно наши заводы выпускают десятки тысяч километров металлических «нервов».

Сейчас, когда невиданно быстрыми темпами развивается точное приборостроение, когда чувствительность, вес и габариты электроизмерительной аппаратуры имеют первостепенное значение, стало чрезвычайно важным производство тонких и сверхтонких проводов в массовых количествах. Для таких приборов, как, например, гальванометры, нужна тончайшая, почти невидимая глазу проволока-паутинка. Уменьшение диаметра ее до 3—5 микрон позволило бы в 100 раз увеличить чувствительность существующих типов гальванометров. Однако не так давно кабельная промышленность могла производить лабиринтную проволоку диаметром не менее 50 микрон (0,05 мм). Перед второй мировой войной появилась проволока диаметром в 30 микрон. В настоящее время производится проволока диаметром в 10 микрон. Но современной технике требуется проволока еще тоньше и в достаточных количествах. Прямая технология проволоочного производства не отвечает новым требованиям. Уже не одну сотню лет обычная технология основывалась на схеме «слиток — прокат — волочение». Горячие слитки металла поступают в валки прокатного стана и превращаются здесь в толстую проволоку-катанку диаметром 5—8 мм. Для получения тонкой и тончайшей проволоки катанка подвергается волочению: на специальных станках ее протягивают через фильеры — подформованные конические отверстия в волоках из очень твердых материалов (победита и алмазов).

В течение долгого времени в этой схеме совершенствовались только методы технологии: улучшались режимы плавки и разливки металла в формы, увеличивались скорости проката и волочения. Применение алмазных волок позволило изготавливать проволоку диаметром до 4—6 микрон. Удалось получить и более тонкую микропроволоку путем ее растяжения. Такой способ безфильерного волочения был предложен в 1951 году советскими учеными М. И. Войко и Н. И. Кухлинным.

Существует еще один способ получения сверхтонких проводов, случайно найденный в 1818 году англичанином Д. Волластоном, который проводил опыты по получению тонкой проволоки для оправ очков. В этом случае проволоку сначала протягивают, а затем стравливают химическим путем внешние слои металла. Волластону удалось изготовить платиновую проволоку толщиной 0,8 микрона. В те времена это было большой сенсацией.

Но техника производства такой нити была чрезвычайно сложной и трудоемкой. Изобретатель неоднократно протягивал через волочильные отверстия платиновую проволоку, помещая ее предварительно в серебряную трубку-оболочку. Когда внешний диаметр серебряного цилиндрика становился

Н. ЛАМАН, научный сотрудник института истории естествознания и техники АН СССР



# ИЗ КАПЛИ—

## два километра

равным 0,076 — 0,10 мм, его погружали в крепкий раствор азотной кислоты. Серебряная оболочка растворялась, а оставшаяся сердцевина получалась в виде тончайшей платиновой нити (платина не поддается действию кислоты). И хотя «невидимая проволока»,

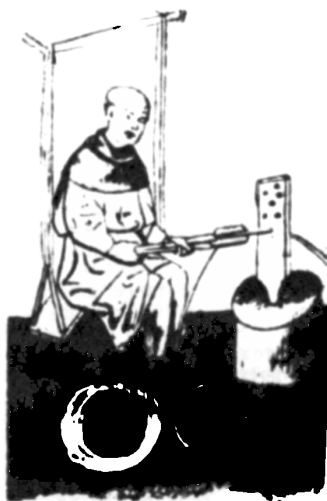
как назвали ее современники, не нашла в то время широкого практического применения, однако в дальнейшем этот способ начал применяться для различных технических целей.

Все же малопроизводительные и сложные технологические схемы изготовления микропроволоки в настоящее время оказались неприемлемыми для современного производства. Чтобы получить алюминиевую проволоку диаметром в 0,2 мм, приходится брать слиток весом в 35 кг, пропускать его через пять обжимных и девять отделочных клетей прокатных станов. Полученную катанку диаметром 7,2 мм направляют ватем на волочильные машины. По мере уменьшения диаметра проволоки производительность падает, так как технологические режимы волочения тонких проводов не допускают больших обжимов. А это ведет к увеличению волочильных переходов.

Настало время пересмотреть старую технологию, заменить ее более прогрессивной, соответствующей новым требованиям науки и техники.

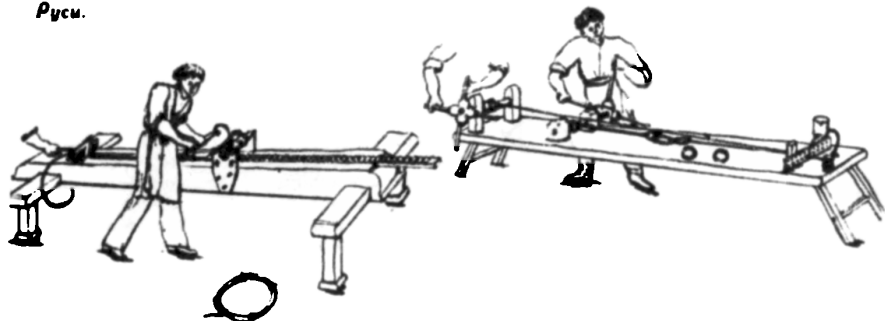
Крупнейшие специалисты в разных странах ищут наиболее рациональные технологические режимы и новые способы производства тонких и сверхтонких проводов. Замечательных успехов в этой области добилась группа советских ученых, разработавших под руководством профессора Алексея Васильевича Улитовского два оригинальных способа такого производства.

Один из них в специальной технической литературе получил название — «фонтанирование жидкого металла», другой — «вытяжка из капли в стеклянной изоляции». Способ фонтанирования позволяет изготавливать из цветных и черных металлов и сплавов проволоку диаметром от 0,8 до 0,08 мм, а с помощью вытяжки в стеклянной изоляции можно производить сверхтонкие проволоки диаметром



Так изготавливали проволоку в XIV веке. Волочильщик усаживался на качели, привязывал к поясу клещи и с помощью клещей протягивал проволоку через отверстия в доске, прибитой к пню. Вот он упирается ногами в пень, отклоняется в крайнее левое положение и тянет проволоку. Затем подводит клещи к волочильной доске и снова тянет проволоку. Эти движения повторяются много раз, пока проволока не окажется нужного диаметра. Тогда уже диаметр проволоки достигал 1,2 мм. При существовавшей технике это было большим достижением.

Этот рисунок взят из архива Златоустовской оружейной фабрики (XVIII век). Для облегчения протяжки проволоки здесь применен ворот. По исследованию академика Б. А. Рыбакова, такие «волочильные скамьи» появились еще в X веке, в Киевской Руси.



до 2 микрон (0,002 мм). Но и это не предел. Оказалось, что если эту проволоку особым методом растянуть, подобно тому, как мы растягиваем резину, то ее диаметр может быть доведен до десятых и даже сотых долей микрона. Такая проволока в сто раз тоньше паутинки и в тысячу раз тоньше волоса. Новая техника производства тонких и сверхтонких металлических нитей является большим вкладом советских ученых в мировую науку.

### ПРОВОЛОКА РОЖДАЕТСЯ В «ФОНТАНЕ».

Многие ученые и инженеры пытались упростить общепринятую технологию получения проволоки, отойти от схемы «слиток — прокат — волочение». Однако долгое время эти попытки не давали результатов.

И лишь около тридцати лет назад появились сравнительно удачные промышленные способы изготовления проволоки методом непрерывного литья непосредственно из расплавленного металла. В настоящее время на некоторых отечественных и зарубежных заводах пользуются этим методом. Но он не годится для производства тонкой проволоки.

Новое слово в разработке этого метода сказали советские ученые во главе с профессором А. В. Улитовским. Идея их заключалась в том, чтобы на поверхность расплавленного металла в ванне подать принудительное давление воздуха или инертного газа. Скорость выхода металла из отверстия ванны значительно увеличилась, а при достаточно большом давлении из него начинает бить настоящий металлический фонтан, диаметр струи которого определяется величиной отверстия — дюзом. Выброшенная в атмосферу струя охлаждается и превращается в проволоку.

Первые опыты по получению проволоки таким методом были поставлены в 1934—1937 годах. Тогда профессор А. В. Улитовский получил проволоку из алюминия и чугуна сначала диаметром 0,7, а затем 0,2 мм.

В дальнейшем эти работы были прерваны и возобновились лишь в 1956 году в Институте металлургии имени А. А. Байкова Академии наук СССР. Под руководством А. В. Улитовского разработкой нового метода здесь занимались научные сотрудники П. К. Ощепков, В. И. Рыбалка, В. В. Трояновский и С. Д. Богословский.

Схема установки для фонтанирования показана на цветной вкладке (рисунок сверху).

В стальной контейнер помещаются печь сопротивления и тигель с жидким металлом. В крышку контейнера вставлена трубка, доходящая почти до дна тигля. Посредине она имеет перегородку с отверстием — дюзой.

Через трубку контейнер соединяется с резервуаром сжатого газа или воздуха.

Жидкий металл в зависимости от его температуры, удельного веса, давления, диаметра отверстия выходит с большей или меньшей скоростью и, охлаждаясь воздухом или распыленной водой, превращается в проволоку. Фонтанирование металла может производиться одновременно через несколько дюзов, что соответственно увеличивает производительность установки. Одна непрерывно действующая установка с шестью каналами для фонтанирования за 8 час. может вырабатывать около 2 млн. м тонкой проволоки. Такая высокая производительность еще нигде не достигалась. А главное — немного снижается стоимость проволоки. При производстве, например, проволоки диаметром 0,2 мм способом фонтанирования требуется только один переход: «жидкий металл — проволока». А по старой схеме «слиток — прокат — волочение» для этого потребовалось бы 46 переходов в прокатных и волочильных станах.

Оказалось, что методом фонтанирования можно изготавливать не только непрерывную проволоку, но и путанку и проволоку из хрупких материалов, которые не поддаются никакой механической обработке.

Проволока-путанка может широко применяться для армирования изделий из пластических масс, резины и других материалов, которые станут незаменимыми для особенно легких конструкций.

Проволоку из хрупких материалов, например из германия, раньше получали очень сложным и дорогим путем. А метод фонтанирования значительно упростил весь процесс.

Фонтанирование расплавленного металла может быть применено также для получения металлического порошка (порошковая металлургия). Этот же способ пригоден и для нанесения металлических покрытий поверхности.

Наконец, методом фонтанирования можно получать волокна из различных пластических материалов.

Внедрение метода фонтанирования жидкого металла в промышленных масштабах, безусловно, сыграет огромную роль и будет служить прогрессу во многих областях техники.

### ПРОВОЛОКА

#### В СТО РАЗ ТОНЬШЕ ПАУТИНЫ

Большие перспективы открывает также оригинальный и простой метод «вытяжки» тончайших нитей из сплошной стеклянной изоляции из капли металла, разработанный профессором А. В. Улитовским еще в 1949 году. Этот смелый и остроумный метод делает возможным изготавливать непосредственно из жидкого металла тончайшую проволоку в заготовленной для нее изоляции — стеклянной оболочке, которая формирует расплавленный металл в виде сплошной нити требуемого диаметра. Стеклянная оболочка заменяет здесь металлические и алмазные волокна, через которые протягивается проволока при изготовлении обычными методами. При этом проволока уже не нуждается в дополнительной изоляции специальными лаками.

А эта проблема для тонких и сверхтонких проволок еще не разрешена окончательно. Чем тоньше проволока, тем несовершенней изоляция и тем труднее ее накладывать.

Новый метод заключается в следующем. Капля жидкого металла помещается на дно стеклянной трубки и удерживается в пространстве высокочастотным магнитным полем, наведенным в однокольцевом индукторе. (Смотри рисунок внизу на цветной вкладке.)

Под действием токов высокой частоты капля металла размягчает стеклянную трубку, которая теперь может тянуться в виде тончайшего капилляра. В момент вытягивания стекла в капилляре создается разрежение (вакуум), и находящийся над ним жидкий металл легко заполняет его.

Вытянутый и заполненный металлом капилляр, точнее тончайшая проволока со стеклянной оболочкой, поступает на вращающуюся катушку.

В установке, кроме высокочастотного генератора, предусмотрены воздушное-водное охлаждение, механизм контроля обрывности и двигатель, вращающий катушку.

Этим способом можно изготовить проволоку диаметром до 2 микрон с толщиной стеклянной изоляции менее 2 микрон. Из капли металла может быть получена непрерывная проволока длиной около 2 км.

Для того чтобы процесс шел безостановочно, в стеклянную трубку помещают металлический стержень, который по мере расходования металла постепенно подается вниз к очагу высокочастотного нагрева. Скорость вытягивания проволоки в стеклянной изоляции равна 5—7 м в сек.

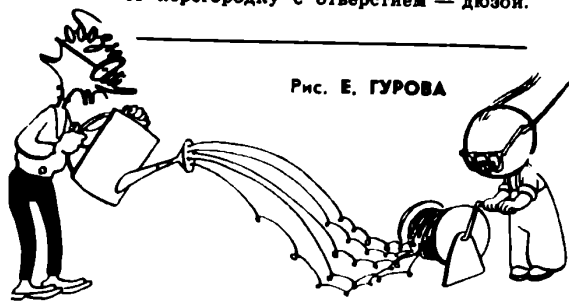
Под руководством А. В. Улитовского были произведены опыты по получению методом растяжения отрезков проволоки в стеклянной изоляции из десятые и даже сотые доли микрона. Отрезок микропроволоки в стеклянной изоляции, предварительно подогретый в одной точке до размягчения стекла, подвергается двум последовательным операциям: быстрому расплавлению металла и резкому растяжению. Расплавление металла производится обычно разрядом конденсатора через проволоку.

Наша промышленность уже освоила производство проволоки в стеклянной изоляции из меди, манганина и чугуна диаметром от 20 до 2 микрон.

История развития техники можно часто наблюдать, как определенное техническое направление на каком-то этапе исчерпывает свои возможности и уже не может дать значительного продвижения вперед. Ученые и инженеры начинают искать новый подход к решению проблемы, часто заимствуя его из других областей науки и техники или находя новое, оригинальное решение. Так получилось и в производстве проволоки.

Алексею Васильевичу Улитовскому, Николаю Матвеевичу Аверину и Вениамину Георгиевичу Красинькову за разработку метода получения тонких и сверхтонких металлических нитей непосредственно из жидкой фазы в этом году присуждена Ленинская премия.

Рис. Е. ГУРОВА



# ТРИ УВЛЕКАТЕЛЬНЫХ ПРОБЛЕМЫ

## ФИЗИКИ

**Я** ХОЧУ коротко рассказать о некоторых наиболее увлекательных, на мой взгляд, проблемах современной физики, причем сразу же оговорюсь, что при отборе тем я в значительной мере руководствовался моими личными вкусами и интересами.

### ЭНЕРГИЯ БУДУЩЕГО

Начну с одной проблемы, имеющей прикладное значение. Всем известно, что развитие физики непрерывно создает все новые отрасли техники. Ин-

тенсивно ведутся в настоящее время во многих странах поиски путей осуществления управляемых термоядерных реакций. Они сулят привести к полному и радикальному решению проблемы энергетических ресурсов.

Запасы ископаемого горючего: угля, нефти, газа — ограничены, и предполагается, что при современном темпе роста потребления энергии их ограниченность остро проявится уже в ближайшие десятилетия. Запасы энергии в ядерном горючем того типа, которое уже используется в настоящее время, то есть в уране и тории, вероятно, в несколько десятков раз превышают запасы энергии угольных месторождений. Однако оба эти типа горючих очень неравномерно распределены по поверхности земли. Кроме того, при использовании урана и тория в ядерных реакторах получается большое количество вредных радиоактивных отходов. Так, например, если бы вся энергия, потребляемая в настоящее время в США, вырабатывалась бы ядерными реакторами, то радиоактивность накапливающихся за год отходов была такой же, какая выделяется при взрыве 200 тыс. атомных бомб. Поэтому возникает очень сложная и трудная проблема: как и куда запрятывать эти отходы, чтобы предотвратить заражение ими нашей планеты.

Совсем иначе обстоит дело с предполагаемым сырьем для термоядерных реакций, а именно с дейтерием (тяжелым изотопом водорода). Он входит в состав воды, правда в ничтожном количестве, но его сравнительно легко и дешево из нее выделить. Его теплотворная способность столь велика, что из дейтерия, содержащегося в 1 л

морской воды, можно получить столько же энергии, сколько и из 350 л бензина. Таким образом, с энергетической точки зрения четыре земных океана равноценны 1400 океанам бензина. Даже при стократном увеличении потребления энергии такого запаса хватит человечеству на миллиарды лет. К тому же в термоядерных реакциях не выделяется непосредственно никаких вредных радиоактивных отходов.

Термоядерные реакции являются не только основным источником энергии, излучаемой звездами, но и осуществляются по воле человека в водородной бомбе. Однако для того, чтобы осуществить не мгновенный взрыв, а необходимую для мирного применения спокойно протекающую так называемую управляемую термоядерную реакцию, нужно будет преодолеть чрезвычайно большие трудности. Прежде всего термоядерные реакции протекают только при исключительно высоких температурах — порядка десятков и сотен миллионов градусов (отсюда и приставка «термо»). Как же осуществить тепловую изоляцию рабочей камеры реактора такой температуры от окружающей среды? Это можно сделать с помощью магнитного поля.

Дело в том, что тепло передается как по твердым и жидким, так и газообразным телам движением тех атомов и молекул, из которых они состоят. Однако рабочим веществом в термоядерных реакторах будет плазма, то есть разреженный газ, который благодаря высокой температуре полностью ионизирован. Это значит, что входящие в состав атомов газа электроны отщепились от них и свободно движутся. Таким образом, плазма состоит только из электрически заряженных частиц, или ионов; отрицательные ионы — это электроны, а положительные — лишившиеся электронов ядра атомов.

Если магнитное поле достаточно сильное, то заряженные частицы могут перемещаться только вдоль силовых линий поля, но не перпендикулярно им. Создав вокруг рабочей камеры реактора магнитное поле надлежащей силы и направления, можно воспрепятствовать как выходу ионов из камеры, так и передаче ими тепла наружу. В принципе с помощью такой «магнитной изоляции» можно осуществить перепад температуры от десятков миллионов до тысячи градусов на расстоянии порядка метра.

Можно было бы опасаться, что, даже устранив теплопроводность атомов и электронов, мы окажемся бессильными



перед лучистой теплопроводностью. Ведь всякое нагретое тело излучает тепло даже в вакууме (пример — Солнце). Это излучение настолько быстро растет с температурой, что энергия, излучаемая 1 кв. м поверхности тела, нагретого до 100 млн. градусов, должна составлять  $\frac{1}{73}$  долю энергии, излучаемой всей поверхностью Солнца! К счастью, однако, если плазма очень разрежена и состоит из атомов малого атомного веса (а в термоядерных реакциях участвуют самые легкие из всех атомов — изотопы водорода), то обычный закон роста лучистой теплопроводности с температурой к ней не применим, и излучаемое плазмой тепло оказывается относительно незначительным.

Две основные идеи, лежащие в основе всех попыток осуществления управляемой термоядерной реакции — магнитная изоляция и особенности теплового излучения плазмы, — были впервые высказаны академиком А. Д. Сахаровым в августе 1950 года. Через месяц я присоединился к нему в деле дальнейшей разработки этих идей.

В наше время все чаще случается, что одни и те же научные идеи независимо и даже почти одновременно зарождаются в разных точках земного шара. Это связано с тем, что наукой теперь занимается гораздо большее число людей, чем даже в совсем недавнем прошлом. Не удивительно поэтому, что американский астрофизик Спизер почти одновременно с Сахаровым (по-видимому, в январе 1951 года) независимо пришел к тем же идеям.

В первые годы термоядерные исследования велись у нас и за границей в закрытом порядке, но с 1956 года по инициативе СССР они стали рассекречиваться, и с 1958 года установлен полный обмен информацией, взаимный осмотр лабораторий и т. д. между всеми странами, широко ведущими термоядерные исследования, в частности между СССР, США и Англией. Как и следовало ожидать, выяснился далеко идущий параллелизм в направлениях и результатах работ, проводившихся в различных странах. Выяснилось также, что на пути к практическому осуществлению поставленной задачи стоят еще серьезные трудности, для преодоления которых очень желательно международное сотрудничество физиков и инженеров. Пока еще нельзя указать ни конкретных путей преодоления трудностей, ни сроков осуществления в технических масштабах регулируемой термоядерной реакции. Но нет сомнения, что эта задача в принципе разрешима и будет разрешена.

## В ПРЕДДВЕРИИ НОВОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ

Перейдем теперь к совсем другому кругу вопросов, к квантовой теории элементарных частиц. Никакого практического значения эти вопросы пока не имеют. Но несомненно, что они не будут исключением из общего правила, согласно которому всякий существенный шаг в нашем познании



природы приводит в конечном счете к тому, что человек овладевает новыми возможностями, новыми силами природы.

Есть две тесно переплетающиеся между собой фундаментальные проблемы, являющиеся центральными для всей современной теоретической физики. Первая из них связана с многочисленностью так называемых элементарных частиц. Еще лет 30 тому назад казалось несомненным, что все вещества состоят из элементарных частиц двух сортов: отрицательно заряженных электронов и положительных, в 1800 раз более тяжелых, протонов. Поэтому считалось, что все физические и химические силы природы сводятся в конечном счете к электрическому взаимодействию этих «кирпичиц мироздания». Исключение делалось только для сил всемирного тяготения, играющих главенствующую роль в явлениях астрономического масштаба.

Развитие физики разрушило эту привлекательную по своей простоте картину. Изучение космических лучей и частиц сверхвысоких энергий, получаемых на современных ускорителях, привело сначала к открытию позитрона и нейтрона, а затем и открытию многих других элементарных частиц, число которых в настоящее время достигло примерно 30. Это поставило перед теорией и новую задачу, подобную той, которая была поставлена перед наукой и успешно разрешена ею в первой половине нашего века. Тогда нужно было понять и объяснить, исходя из общих физических законов, существование и свойства около сотни различных химических элементов, укладываемых в периодическую систему Менделеева. Теперь нужно понять и объяснить, почему существуют столь различные виды элементарных частиц и какими общим принципом определяются их конкретные свойства.

Я не сомневаюсь, что решение проблемы будет найдено не путем, существенно отличным от тех, на которых была решена аналогичная проблема для химических элементов. Эти элементы, как известно, оказались состоящими из атомных ядер, в свою очередь состоящих из протонов и ней-

тронов, и из электронов, обращающихся вокруг ядер. Но не нужно думать, будто все дело сводится к тому, что и так называемые элементарные частицы окажутся попросту состоящими из еще более элементарных.

В настоящее время физика проникает в новую неизведанную область, в мир необычайно малых масштабов, а законы взаимного действия и взаимного превращения элементарных частиц сверхвысоких энергий. Большинство физиков считает несомненным, что для создания последовательной теории этих явлений требуется столь же радикальное видоизменение и обобщение основных понятий современной физики, как и то, которое в первой половине нашего века привело к созданию квантовой теории и теории относительности.

Это убеждение основывается не только на веских общих соображениях и не только на многочисленности так называемых элементарных частиц. Даже если вовсе отрешиться от попыток понять многообразие этих частиц, все же большинство физиков-теоретиков испытывает глубокую неудовлетворенность современным состоянием основ физической теории.

Прежде чем говорить об источниках этой неудовлетворенности, я хочу обратить внимание на одно любопытное обстоятельство, отмеченное недавно членом-корреспондентом Академии наук СССР М. А. Марковым. Недовлетворенность физиков может показаться нефизикам парадоксальной, так как в настоящее время не известно ни одного экспериментального факта, который противоречил бы современной квантовой теории. Кроме того, эта теория правильно предсказала целый ряд тончайших, преимущественно электродинамических эффектов.

Есть, правда, обширный круг явлений (так называемые сильные взаимодействия), для которых пока нет строгой количественной теории, потому что соответствующие вычисления наталкиваются на непреодоленные пока математические трудности. Однако теория дает правильное, соответствующее экспериментальным фактам качественное объяснение и этого круга явлений. Более того, много важнейших качественных характеристик этих явлений было правильно предсказано теорией (например, существование пи-мезона, его псевдоскалярность, распад нейтрального пи-мезона и многое другое).

Казалось бы, все обстоит хорошо. В чем же тогда причина неудовлетворенности теорией? Ответ: в ее недостаточной внутренней последовательности и искусственности, в наличии в ней излишних элементов, не соответствующих физической реальности, наконец, в ее явной неполноте и незавершенности. Блестящие успехи теории свидетельствуют, что мы на правильном пути, но только на пути, а не у цели!

Прежде чем разъяснить эти утверж-



Имя академика Игоря Евгеньевича ТАММА широко известно в нашей стране и за рубежом. Ему принадлежат выдающиеся работы в области квантовой механики, теории излучения и взаимодействия ядерных частиц. И. Е. Тамм — лауреат Нобелевской премии, которая была присуждена ему в 1928 году совместно с советскими физиками М. М. Френком и П. А. Черенковым за теоретическое исследование эффекта Черенкова — Вавилова.

Игорь Евгеньевич известен не только как крупнейший ученый, но и как большой любитель и знаток альпинистского спорта.

дення, нужно сразу же оговорить, что указанные выше недостатки имеются только у так называемой релятивистской квантовой теории, то есть теории, учитывающей требования теории относительности и поэтому применимой к частицам сколь угодно большой энергии. Напротив, нерелятивистская квантовая теория, применимая лишь к частицам, скорость которых много меньше скорости света, вполне безупречна и достигла полной последовательности, стройности и законченности.

Недостатки релятивистской квантовой теории ярче всего проявляются в том факте, что если с ее помощью вычислить значение таких физических величин, как энергия частицы, частота излучаемых ими световых волн и т. д., то в большинстве случаев в результате вычисления получается бесконечная величина, а это нелепо. Правда, этот недостаток удалось исправить — найден метод, с помощью которого из

полученной в результате вычислений бесконечной величины вычитается другая бесконечная величина, причем разность двух этих бесконечностей оказывается конечной и притом точно равной истинному значению, измеряемому на опыте. В этом методе, который получил название перенормировки, — корень успехов теории, но тем не менее он является «окольным», явно искусственным и неудовлетворительным. Устранение связанных с ним недостатков и составляет вторую из упомянутых выше центральных проблем теоретической физики.

Теоретическая физика, несомненно, находится сейчас на пороге нового этапа своего развития. Каждому такому этапу, например созданию теории относительности и квантовой теории, предшествовал период смуты и исканий. Эти периоды характерны тем, что зерно истины уже мащупано, ряд важнейших закономерностей уже вскрыты, но строгие леса еще не дают возможности разглядеть

контуры нового стройного здания, еще не найдены ясные и по своей сути простые (хотя благодаря своей новизне и кажущиеся парадоксальными) общие принципы, лежащие в основе установленных закономерностей.

Моя сильнейшее желание — дожить до возникновения новой теории, сохранив ясность ума настолько, чтобы быть в состоянии ее понять. А понять ее будет нелегко, потому что всякий действительно фундаментальный шаг в познании природы открывает такие горизонты, которые на первых порах представляются нам парадоксальными. Недаром же один из крупнейших физиков современности, Нильс Бор, года два тому назад сказал по поводу теории элементарных частиц, разрабатываемой другим крупнейшим физиком, В. Гейзенбергом: «Для новой теории она недостаточна сумасшедшая».

Конечно, термин «сумасшедшая» нужно понимать не в том смысле, что

новая теория будет непоследовательной и нелогичной. Напротив, она должна быть безупречно последовательной и логичной, а ее «сумасшедшица» будет заключаться только в новизне ее идей, в их непривычности, вызывающей впечатление парадоксальности. Ведь так было и с теорией относительности и с квантовой теорией, и не может быть иначе. Ведь хотя наши понятия и представления вырабатываются на основе изучения и анализа доступных нам явлений реального мира, все же мы склонны приписывать им универсальное значение, а всякую существенную разницу их считать противоречащей «здравому смыслу». Между тем всякое существенное расширение круга доступных изучению явлений неизбежно приводит к необходимости пересмотреть и обобщить наши представления. Существенно также, что всякой новой теории предъявляются очень строгие требования: она отнюдь не должна отвергнуть прежние, оправдавшиеся на опыте теории, а должна включить их в себя в качестве частного случая.

Другими словами, новая теория должна не только объяснить вновь открытые явления. Вместе с тем все ранее установленные законы хорошо известных нам явлений должны получаться и из новой теории с тем дополнением, что новая теория указывает границы применимости этих законов, ранее считавшихся всеобъемлющими. Так, например, механика Ньютона отнюдь не опровергнута теорией относительности и квантовой теорией. Напротив, она вытекает из этих теорий, однако только в применении к ограниченному кругу явлений, границы которых характеризуются требованием, чтобы скорости тел были малы по сравнению со скоростью света, а так называемое «действие» мало по сравнению с постоянной Планка  $h$ .

В каких же направлениях идут поиски новой релятивистской теории элементарных частиц? Доминирующей нитью поисков является мысль, четко сформулированная Гейзенбергом еще в 30-х годах: наши представления о пространстве и времени, уже претерпевшие под воздействием теории относительности и квантовой теории существенное видоизменение по сравнению с представлениями классической физики, по-видимому, окажутся вовсе не применимыми к частицам сверхвысоких энергий и к масштабам субатомарным. Теория относительности возвела скорость света в вакууме  $C$  в ранг фундаментальной физической постоянной. Классическая физика оказалась применимой только для тел, движущихся со скоростями, малыми по сравнению с  $C$ . В квантовой теории такую же фундаментальную роль играет постоянная Планка  $h$ . Подобно этому нужно ожидать, что новая теория от-

## УЧЕНЫЕ — МОЛОДЕЖИ

Не замыкайтесь в себе, в коллективе ярче и богаче станет ваш труд. Желая и горячо советуя вам, мои молодые друзья, все силы своей молодости и энергии сосредоточить на творческом движении и коммунизму, какую бы из бесчисленных дорог к нему вы ни избрали. Ницте и осуществите новое, лучшее — оно есть в каждом из вас. Главное — живите и дышите своим делом, никогда не переставайте учиться и двигаться вперед; помните, что вы и ваши товарищи по работе — один дружный коллектив строителей счастья.

Академик А. Ф. ИОФФЕ

...

Необходимо, чтобы молодежь до многого доходила сама, нискиная свои, пусть еще не лучшие, но самостоятельные решения. Это после первых неуверенных шагов даст возможность молодым ученым почувствовать свою силу, свою способность хоть с трудом, но уже самостоятельно шагнуть в науку. Нам долг — давать им задачи не с очевидным ответом, а те, которые бы требовали серьезных размышлений, коренного изменения и усовершенствования методики работы и глубокого самостоятельного анализа.

Мы стараемся ни в коем случае не навязывать «обсоговорочных» суждений и путей решения и не требуем, чтобы результаты решения строго соответствовали точке зрения руководителя и никакой другой. Мы обязаны помогать, но не диктовать. Научная догма вредна. Она мешала развитию науки и в древности, и во времена Ломоносова, и в наши дни.

Академик Н. Н. СЕМЕНОВ

кроет существование еще одной фундаментальной постоянной  $\lambda$ , определяющей уже не скорость, а некую фундаментальную длину, причем современные представления о пространстве окажутся применимыми лишь в масштабах, существенно превышающих эту длину  $\lambda$ .

Несмотря на все усилия, потраченные физиками-теоретиками на поиски основ новой теории, до сих пор в этом отношении никаких конкретных успехов нет, хотя и есть ряд интересных намеков возможной теории. Я упомяну здесь только о двух таких наментах, представляющихся лично мне наиболее интересными. Ряд физиков (в частности, американцы Г. Снайдер и Кош) считает, что в ультрамалых масштабах пространство окажется не непрерывным, как мы всегда его себе представляем, а дискретным, то есть состоящим из отдельных, четко разграниченных точек. Я понимаю, что такого рода предположение должно представляться на первый взгляд нелепым, но пояснить его смысл я за недостатком места не могу. Это направление исследований представляется мне многообещающим, но пока оно находится в самом зачаточном состоянии.

По другому, также очень интересному пути идет В. Гейзенберг. Он с единой точки зрения рассматривает обе центральные проблемы теоретической физики: устранение из нее (даже в промежуточных этапах вычислений) лишней физической смысла бесконечных величин и сведение многообразия элементарных частиц и их разнообразных взаимодействий к следствиям единого физического принципа. Гейзенберг намечил исходные положения теории, которая обещает, так сказать, «одним заходом» разрешить сразу обе проблемы.

Не вдаваясь в подробности, замечу только, что в теории Гейзенберга есть своя «сумасшедшинка» в том смысле, о котором я говорил выше, хотя, быть может, она и недостаточно радикальна, как это думает Н. Бор. На научном языке она называется «индефинитной метрикой» и заключается в следующем. Квантовая теория широко оперирует с вероятностями различных событий. Например, она позволяет определить, с какой вероятностью в данных условиях опыта электрон окажется находящимся в заданном участке пространства. Вероятность — положительная величина, лежащая в пределах от 0 до 1. Вероятность, равная единице, — это достоверность. Так вот, в теории Гейзенберга весьма существенную роль играют вероятности, имеющие отрицательные численные значения!

В сущности, это означает, мы обобщаем и расширяем понятие вероятности. Конечно, эта новая «вероятность» имеет непосредственный физический смысл только в том случае, если она положительна и меньше единицы. Поэтому от такого рода теории требуется, чтобы в применении к макрокосмосу из нее с необходимостью получились бы только положительные значения всех вероятностей.

Гейзенберг произвел ряд ориентировочных подсчетов, подрепляющих надежды на возможный успех его теории. Однако сколько-нибудь строгой доказательностью эти подсчеты не об-

ладают, и пока нельзя сказать, удастся ли преодолеть математические трудности, стоящие перед его теорией.

## ФИЗИКА И ПРОБЛЕМЫ ЖИЗНИ



В заключение я хотел бы коснуться некоторых проблем биофизики, быстро развивающейся области науки, которая приобретает все более и более важное значение. Это связано прежде всего с бурным развитием самой биологии. Все заставляет думать, что в биологии мы находимся на пороге эпохи великих открытий, которая явится новым этапом в нашем познании природы и вместе с тем приведет к практическим результатам первостепенной значимости, таким, как управление наследственностью, искусственный фотосинтез и искусственные питательные вещества и т. д.

Вместе с тем сам характер развития биологии предопределяет все большее проникновение в нее физических и математических методов исследования. Еще во времена Дарвина в биологии преобладала проблема живого организма как целого. В дальнейшем широко развилась цитология — наука о тех элементах-клетках, из которых состоят сложные организмы. В наше время все большее значение приобре-

тает исследование уже на молекулярном и атомарном уровне закономерностей, лежащих в основе биологических процессов. В этом главная причина возрастания удельного веса биохимии и биофизики в биологии.

Я хотел бы подчеркнуть двоякого рода роль физики в биологии. Во-первых, это использование новых мощных физических методов наблюдения и исследования. Общеизвестно, какое значение для биологии имело внедрение в нее микроскопа. Не меньшее значение приобретает внедрение в нее таких новых физических методов исследования, как метод меченых атомов, электронный микроскоп, инфракрасная спектроскопия, парамагнитный резонанс и т. д. Далеко не все открываемые этими методами возможности достаточно широко используются в настоящее время. Необходимы также и целенаправленные поиски новых физических методов биологических исследований.

В частности, по моему убеждению, очень широкие перспективы сулят своеобразные особенности парамагнитного резонанса, открытые года два тому назад советским ученым Л. А. Блюменфельдом. Метод парамагнитного резонанса, также открытый советским физиком Е. К. Завойским и широко применяемый в физике и химии, сводится к изучению поглощения радиоволн в различных веществах, помещенных в магнитное поле. Поглощение определяется состоянием, в котором находятся электроны, а также атомные ядра в исследуемом веществе. Блюменфельд установил, что такой метод позволяет регистрировать тончайшие изменения в строении и состоянии сложнейших органических молекул, которые до сих пор не могли изучаться никакими физическими или химическими методами и обнаруживались лишь в изменениях биологической активности содержащих их веществ.

Однако роль физики в биологии отнюдь не исчерпывается использованием физических методов наблюдения. Для биологии, по моему убеждению, окажутся также весьма ценными разработанные физикой методы теоретического анализа атомарных и молекулярных процессов и методы выявления основных закономерностей, ими управляющих. Для пояснения моей мысли я приведу только один пример.

Общезвестны блестящие успехи, достигнутые в нашем веке генетикой. Будем называть «генетической информацией» всю сложнейшую совокупность наследственных признаков, которая определяет собой свойства живого организма, развивающегося из оплодотворенной яйцеклетки. Установлено, что в подавляющей своей части генетическая информация сосредоточена в ядре клетки, точнее — в хромосомах, входящих в состав ядра клетки. В химическом отношении хромосома состоит из белков и так называемой ДНК (дезоксирибонуклеиновая кислота). Установлено также, что в отличие от ранее господствовавшего взгляда эта информация сосредоточена в основном не в белках, а в ДНК. В 1954 году два английских физика — Крик и Уотсон — определили с помощью рентгеновского анализа геометрическое строение молекул ДНК, входящих в состав хромосом (химический