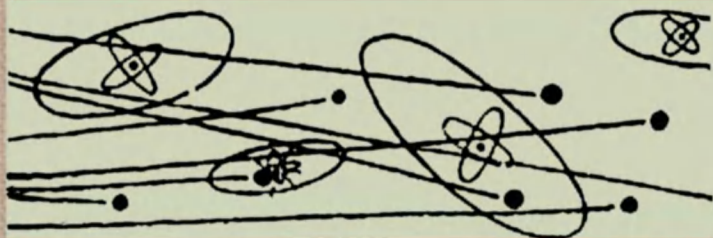
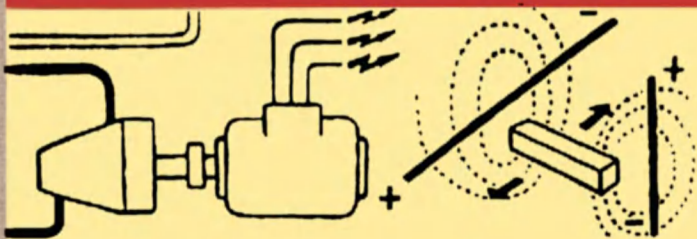


Б. Смагин



АТОМ

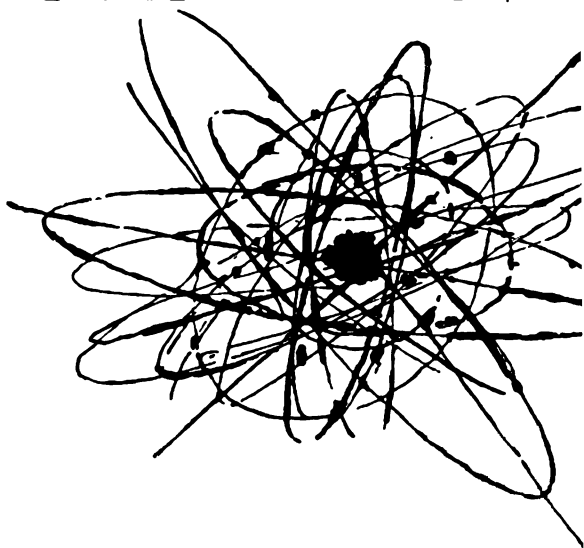


РАБОТАЕТ

ШКОЛЬНАЯ БИБЛИОТЕКА

Б. Смагин

АТОМ РАБОТАЕТ



Государственное Издательство Детской Литературы
Министерства Просвещения РСФСР
МОСКВА 1957

Рисунки С. Вецрумба

Оформление Б. Кыштымова

Книжка «Атом работает», которую ты держишь сейчас в руках, вышла в серии популярных брошюр о важнейших открытиях и проблемах современной науки и техники, которую Детгиз выпускает для школьников, интересующихся этими вопросами.

В этой книжке рассказывается о том, как люди узнали об огромных запасах энергии, скрытых в ядре атома, как они научились их использовать, какими свойствами обладает ядерное горючее и каковы его запасы на Земле.

Ты узнаешь, как устроена атомная электростанция, какие грандиозные дела творят крошечные атомы уже сейчас, когда мы только начинаем использовать таящиеся в них запасы энергии.

О том, каким будет завтрашний день атомной техники, говорится в заключительном разделе книги.

ВОКРУГ СВЕТА

Вы все, конечно, знакомы с этой парой. Высокий молчаливый англичанин и маленький живой француз как одержимые мчатся по свету. С поезда на пароход, с парохода на поезд, на велосипедах, даже верхом на слоне совершают они свое стремительное путешествие.

Они делают все, чтобы объехать «вокруг света в 80 дней».

Это Филеас Фогг и его слуга Паспарту — герои так любимого молодежью Жюль Верна. Это они мчатся из страны в страну и наконец побеждают, закончив путешествие в назначенный срок.

Самого Филеаса Фогга интересовало только одно: ни минуты задержки, только вперед, — ведь речь идет о пари. Он не смотрел в окна поездов — его мало занимала жизнь стран, по которым он держал путь.

Но нам, читателям, прошедшим этот путь с героями романа, Жюль Верн рассказал очень много.

Вот каким образом путешествовал Филеас Фогг:

Лондон — Суэц, поезд;

Суэц — Бомбей, почтовый пароход;

Бомбей — Калькутта, поезд;

Калькутта — Гонконг, почтовый пароход;

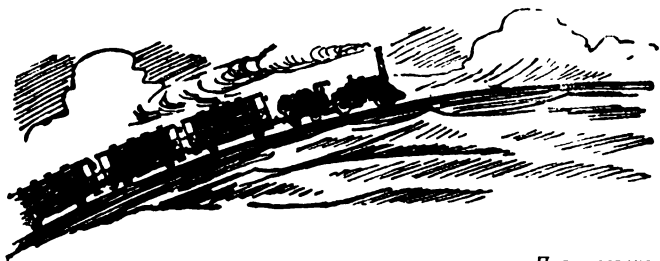
Гонконг — Иокагама, почтовый пароход;

Иокагама — Сан-Франциско, почтовый пароход;

Сан-Франциско — Нью-Йорк, поезд;

Нью-Йорк — Лондон, почтовый пароход и поезд.

80 дней вез путешественников вокруг Земли работа-га-пар.



Путешествие

Это он сделал возможным путешествие, описанное великим фантастом. А происходило оно совсем недавно — всего лишь 80 с небольшим лет назад. Техника развивалась тогда со сказочной быстротой. Все больше и больше разнообразных машин создавали инженеры, все лучше становились эти машины, все большее количество производств переходило на машинный труд.

И все эти машины двигал всемогущий пар.

Это он вращал валы станков фабрик и заводов, винты пароходов, колеса паровозов. Пар, еще недавно робко вступивший в жизнь, торжествовал победу. Он завоевал и сушу, и моря, и реки.

По всей земле прокладывались железные дороги, во все углы проникала кипучая жизнь, невиданными темпами развивались наука и техника.

Пар, пар — всюду и везде пар! И люди зарывались под землю, истребляли леса, жгли уголь, торф, сланцы, чтобы накормить досыта ненасытные глотки паровых двигателей.

Поезда и пароходы должны были все время носить на себе очередной запас «пищи» и во время пути запастись ею.

Топливо нужно было иметь там же, где работали машины, поэтому к фабрикам и заводам надо было строить подъездные пути, издали тащить топливо.

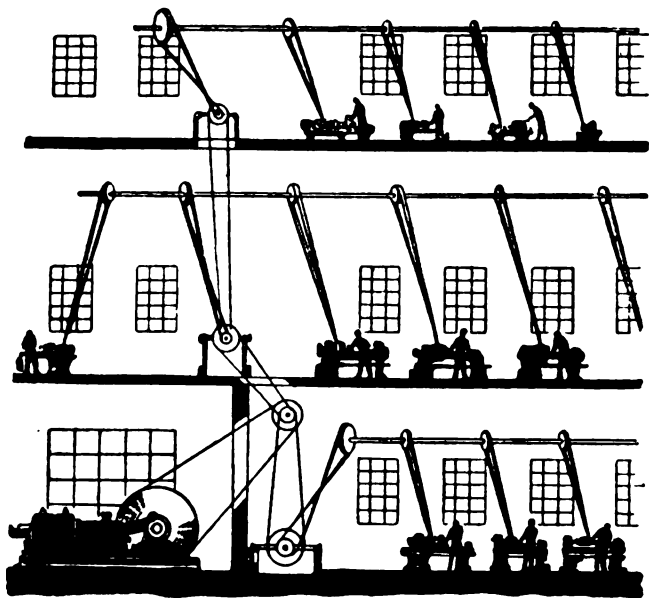
Энергию нужно было получать на месте, ее нельзя было передавать на расстояние.

Стало ясно, что для нужд развивающейся промышленности надо обзавестись какой-то новой, более подвижной и гибкой энергией, которую можно было бы передавать на



вокруг света.

расстояние, у которой было бы новое, более обильное сырье. Источник этой энергии был найден давно. В то самое время, когда пар совершал свое победное шествие, развивалась наука об электричестве.



Первые заводы и фабрики пользовались одной паровой машиной.



Из окна вагона часто бывают видны электростанции.

Уже в 1838 году плавал по Неве маленький электроход — судно с электрическим двигателем. Его построил замечательный русский ученый Якоби.

За семь лет до этого был найден способ промышленного получения электроэнергии — появилась модель первого генератора.

Шаг за шагом, преодолевая тысячи трудностей, электричество прокладывало себе путь в промышленность, в хозяйство, в быт людей. Как только был освоен переменный ток, сразу же появились линии дальних передач электричества, сразу же стремительным маршем электроэнергия вырвалась вперед и заняла одно из первых мест среди всех видов энергии, используемых человечеством.

Так век пара сменился веком электричества.

Но не подумайте, что пар, так много поработавший и так много сделавший, сошел со сцены. Совсем нет! И сейчас 80 процентов всего получаемого в нашей стране электричества обязано своим происхождением тому же самому пару.

Так что правильнее было бы сказать, что век пара сменился веком пара и электричества.

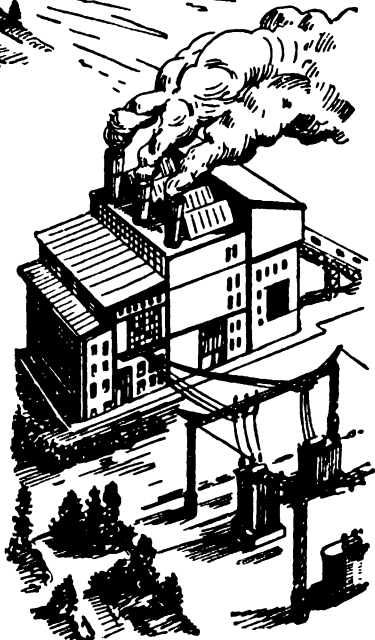
Путешествие Филеаса Фогга и его бравого слуги было очень интересным. Правда? Нам рассказали о нем массу занимательного и удивительного. Но если бы мы рассказали сейчас Филеасу Фоггу о путешествии, которое мы можем совершить, он, несмотря на всю свою невозмутимость, вероятно, не сумел бы скрыть своего удивления.



Вот, например.

Наш поезд идет на восток. Дорога электрифицирована, и поезд мчится со скоростью 120 километров в час. Одно это могло бы уже вывести из равновесия невозмутимого любителя пари.

Столбы линии электропередачи, питающей железную дорогу, сопровождают наш поезд по всему пути. Впрочем, наш путь время от времени пересекают и высоковольтные, более мощные линии.



А вот вдаль появились большие строения — первая «фабрика электричества» на пути поезда. Чуть видимый дымок вьется из большой трубы. Это мощная электростанция снабжает энергией окрестные районы, дает ток и нашему электропоезду. Хотя трудно сказать, что же именно питает наш поезд. Ведь все электростанции теперь включены в единую энергосистему, все они вместе снабжают электроэнергией нашу страну, трудятся коллективно.

Но вот станция уже скрылась из наших глаз. Промелькнули за окном ее широкие окна, за которыми видны какие-то сложные машины. Вот от общей колеи отошла ветка. По ней двигается состав с углем — «корм» электростанции.

Мы объяснили бы Филеасу Фоггу, что только что проехали тепловую электростанцию, на которой электричество получается за счет энергии топлива, а движет электрические машины хорошо знакомый ему пар.

Много вопросов задал бы, вероятно, нам, привыкшим к чудесам XX века, человек из прошлого столетия.

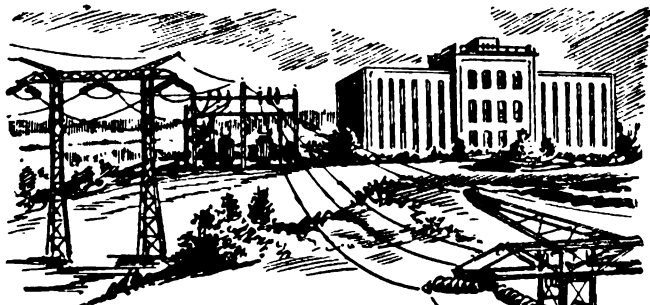
Электричество так широко вошло в нашу жизнь, что, где бы мы ни проезжали (по городу, мимо деревень, по совсем необжитым местам), что-нибудь «электрическое» — панорама ли большой электростанции, механизмы ли, которые приводятся в действие электричеством, или просто наши спутники: провода и столбы линий электропередачи и связи вдоль пути, — все время будет сопровождать нас.

На следующий день мы уже любуемся зрелищем колоссальной плотины. За ней — громадное море пресной воды.

А от большого здания в нижней части плотины бегут во все стороны линии электропередачи. Яркое солнце освещает эту изумительную, ни с чем не сравнимую картину. И не только человек XIX века, но и мы, современники строительства гигантских электростанций, не можем не выразить своего восхищения силой человеческой мысли и рук человека, построивших эти замечательные сооружения.

И поезд пронесется дальше, оставляя позади сказочное зрелище полосы воды, которая стремительно падает вниз с большой высоты.

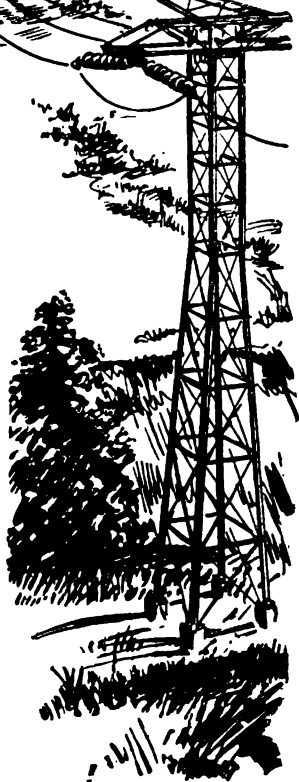
Но обо всем этом мы могли рассказать Филеасу Фоггу и вчера. А сегодня... О, сегодня мы можем повезти его



в необычайное место. Тут уж самый спокойный человек не выдержит! Мы показали бы ему, как работает первая в мире электростанция на атомном топливе. Правда, она представляет собой гораздо менее эффектное зрелище, чем гидро- или теплоэлектростанция. Тут нет ни мощной стены воды, ни путаницы подъездных путей для транспортировки топлива, ни дыма из труб. Здание атомной станции меньше, чище и тише. Поэтому особенно мощными и величественными кажутся высоковольтные линии, отводящие энергию от этого тихого и небольшого здания.

Это — сегодня.

А завтра такие станции не будут редкостью — уже сейчас запроектировано строительство нескольких электростанций на атомном топливе.



«Тихая» электростанция.

Цель нашей книги и состоит в том, чтобы рассказать, как устроена атомная станция, как на ней вырабатывается электричество, что такое атомное топливо.

И прежде всего надо выяснить, откуда же берется электроэнергия, как ее получить, и почему люди, не довольствуясь обычными электростанциями, которыми они с таким успехом пользовались десятки лет, начали осваивать новые, атомные, зачем им понадобилось это совсем не легкое дело.

СВЯЗЬ, КОТОРУЮ ИСКАЛИ

Множество электростанций имеется в нашей стране. В любом уголке нашей необъятной Родины можно увидеть и трубы тепловой станции, и плотину гидростанции. А теперь уже начинают появляться тихие здания атомных электростанций.

В одних станциях сжигают топливо. Тут и уголь, и торф, и обычный лес, и горючие газы. Другие станции используют «белый уголь» — даровую энергию могучих рек. На атомных станциях «горит» новое, ядерное горючее — уран или плутоний. Правда, горит оно не так, как горят обычные сорта топлива, само выражение «горит» в данном случае чисто условное. Но об этом мы подробно поговорим дальше.

Суть состоит в том, что все эти различные виды энергии: энергия падающей воды, энергия тепла сжигаемого топлива, энергия, освобождаемая из ядерного горючего, — все они преобразуются в энергию электрическую, пока что самую удобную для передачи на расстояние, для перераспределения. Ведь с электроэнергией можно делать что угодно: распределять ее потребителям по порциям, объединять энергию, полученную от различных источников, в одну общую сеть, преобразовывать и в механическую, и в химическую, и в тепловую, и в световую.

И в получении электроэнергии такими способами есть нечто общее.

На всех этих электростанциях, включая и атомные, различными способами приводится в движение одно и то же устройство, в котором, собственно, и вырабатывается электрический ток. Называется оно *генератором*. Безразлично, что служит для вращения генератора, — падающая

вода, пар, попадающий в турбину, таинственная энергия ядер тяжелых элементов, — все равно, раз он вращается, значит, на его зажимах возникает разность потенциалов.

Современный генератор — довольно сложная машина. Это громоздкое сооружение, с виду мало похожее на то простенькое устройство, с которого, собственно, и началось развитие производства промышленной электроэнергии.

Если разобраться, то окажется, что в этих машинах есть много общего. Попросту говоря, основные элементы предка потомок унаследовал полностью. Но они были усовершенствованы, — ведь прошло много лет со времени появления первых генераторов.

Когда началось изучение электрических явлений, ученые получали электрический ток с помощью гальванических элементов. Вы все, конечно, знаете эти элементы и по школьным опытам на уроках физики, и по батареям карманных фонариков. Разумеется, никто и не помышлял, чтобы с помощью этих маломощных источников энергии заставить двигаться корабли, поезда, станки заводов. Многие понимали, что у электричества колоссальное будущее, но как получить его энергию в больших количествах, никто не знал.

Одновременно с явлениями электрическими изучались и явления магнитные. Чудесная стрелка уже давно служила путеводителем отважным морякам, — компас, изобретенный в Китае, обошел весь мир. И вот, совершенно случайно, датский ученый Эрстед обнаружил, что самый обыкновенный проводничок, по которому течет электрический ток, становится маленьким магнитом.

Это было удивительным открытием — оно как бы перекинуло мостик между двумя столь непохожими друг на друга явлениями.

И это очень заинтересовало науку.

Вот тогда и включился в исследование новых свойств материи замечательный ученый Майкл Фарадей.

Многие из вас, наверно, читали его книгу «История свечи». История жизни самого автора не менее увлекательна, чем эта книга.

Человечество обязано гениальному самоучке очень многим. Упорным трудом прокладывал Фарадей новые пути в науке. Его жизнь настоящий научный подвиг, так как вся она была посвящена одному — стремлению к знаниям.

Самое большое открытие великого физика сделано им в 1831 году.

Но оно отнюдь не было случайным. Нет, Фарадей нашел именно то, что искал. А искал он еще одну связь между явлениями магнитными и электрическими.

Появление электрического тока вызывает магнитные явления — проводник становится маленьким магнитом. А сила этого магнита зависит от силы тока. Большой ток пройдет по проводнику — сильнее начинает он притягивать различные железные предметы, рассуждал Фарадей. Но нельзя ли вызвать появление электрического тока с помощью магнита? Если эти явления взаимосвязаны, то это вполне возможная вещь.

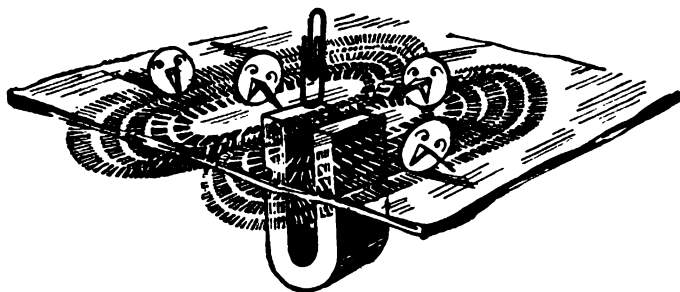
И Фарадей приступил к своим знаменитым опытам.

Оказалось, что с помощью магнита действительно можно получать электрический ток.

Магнит отличается тем, что он действует на расстоянии. Ведь нагретую печь можно ощутить, не только прикоснувшись к ее горячей стенке. Чем ближе к печке, тем теплее будет окружающий воздух.

Так и магнит.

Вот на столе лежат различные предметы: бумага, карандаши, ручка и несколько кнопок. Поднесем к столу магнит. Тетради, карандаши, ручка спокойно лежат на своих местах. Они совершенно не реагируют на присутствие магнита. Но кнопки уже не лежат спокойно. Они потянулись к краю стола, куда мы поднесли магнит. И вот уже они добрались до магнита, вцепились в него.



Невидимые нити.

Можно поднести магнит под столом, и все равно кнопки почувствуют его приближение.

В чем же дело?

А в том, что магнит, который неподвижно лежит на столе, вызывает изменения в окружающем его пространстве. Вокруг магнита образуется так называемое магнитное поле. И каждый железный предмет, попавший в это поле, сразу почувствует его. Как будто магнит закинул невидимые силки. Он далеко от кнопок, но уже и на расстоянии действует на них.

Чем дальше от магнита, тем слабее поле, тем меньше сила, с которой магнит действует на железный предмет. Поле убывает очень быстро.

Магнитное поле можно представить себе в виде множества силовых линий, которые, как паутина, располагаются в пространстве, окружающем магнит.

Так их и изобразил на рисунке художник.

ЗАМЕЧАТЕЛЬНЫЙ ОПЫТ

Контрольный опыт, которым Фарадей доказал справедливость своих предположений, был очень прост.

Великому ученому не понадобилось сложных установок и приборов. Он взял источник тока — гальванический элемент — и замкнул его небольшим круглым проводником. Так он получил магнит — ведь вокруг проводника с током появилось магнитное поле.

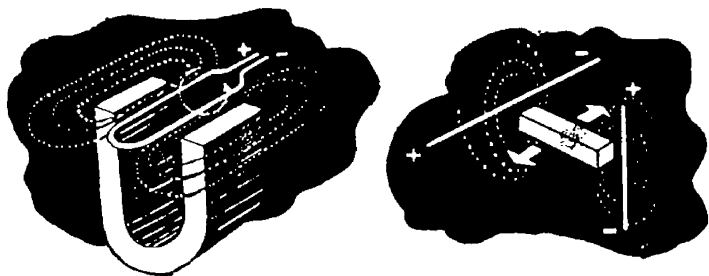
А вторую цепь Фарадей создал, просто замкнув проводом концы чуткого прибора, реагирующего на самый маленький ток, — *гальванометра*.

Разумеется, никакого тока прибор при этом не показал.

Но вот рядом с прибором Фарадей поместил первую цепь — батарею — и круглый провод, ее замыкающий.

Раз по этой цепи шел ток — значит, вокруг проводника образовалось магнитное поле. Как же это магнитное поле подействует на проводник, замыкающий гальванометр? Не вызовет ли магнитное поле в этом проводнике электрический ток? Но каким бы сильным током ни питали первый проводник, гальванометр второго проводника продолжал оставаться в покое. Тока в нем не появлялось.

Фарадей отодвинул проводник с прибором, хотел



Опыт Фарадея.

убрать его. И в момент, когда он двигал проводник, стрелка прибора покинула свое нулевое положение и немного переместилась. Как только движение проводника прекратилось, стрелка снова очутилась на нуле.

Фарадей попробовал перемещать другой проводник — источник магнитного поля. Опять-таки, пока он двигался, по цепи шел ток, созданный магнитным полем, тот самый ток, который столько времени искал Фарадей.

Третий опыт был самым неожиданным. Фарадей оставил в покое оба проводника. Он ничего не перемещал. Но начал плавно менять ток в цепи с батареей. И стрелка опять показала наличие тока в цепи гальванометра, хотя оба проводника были совершенно неподвижны.

Результаты опытов были бесспорны. Надо было только объяснить их.

И Фарадей сделал это.

«Когда появляется ток? — думал он. — Что характерно для всех трех опытов, что является общим для них?»

В первом случае проводник движется в магнитном поле, во втором — движется само поле. Но для проводника это то же самое, как будто перемещается он сам, перемещается относительно магнитного поля.

Но что происходило в третьем опыте?

Плавно менялся ток. Раз менялся ток — менялось и магнитное поле. Выходит, снова проводник попадал в те же самые условия. Поле меняется — оно усиливается или ослабляется. И в том и в другом случае можно считать, что поле как бы движется мимо проводника.

В опыте Фарадея электрический ток появлялся в ре-

зультате воздействия магнитного поля на перемещающийся в нем проводник.

Явление, открытое английским физиком, получило название *электромагнитной индукции*. Слово «индукция» происходит от латинского корня слова «влияние».

В электрических машинах — генераторах — как раз используется это явление. Там в проводниках якоря под действием магнитного поля возбуждается — генерируется — электрический ток.

И как только была открыта возможность такого получения электроэнергии, сразу же стали ясны и основные элементы будущей электрической машины, те самые элементы, которые мы найдем сейчас у самых сложных генераторов.

Во-первых, необходимо магнитное поле.

Затем нужен проводник, в котором при пересечении магнитных силовых линий появлялся бы электрический ток. При этом, разумеется, безразлично, перемещается сам проводник или магнит, создающий поле. Важно, чтобы проводник пересекал магнитные силовые линии, а как это делается, совершенно безразлично.

И совершенно естественно, что конструкторы сразу же остановились на вращательном движении. Вал новых источников электричества должен был вращаться.

В большинстве современных механизмов вы встретите этот вид движения: на любом транспорте — будь то трамвай, троллейбус или метро, поезд, пароход или обыкновенная телега, — на любом заводе в самых сложных механизмах — везде вы встретите вращательное движение.

И это не случайно.

Вращательное движение легче создать, легче передать от одной части механизма к другой. Сотни приспособлений существуют для этого: тут и всевозможные шестерни, и ременные передачи, и тому подобное.

Могучим врагом всякого движения является трение. На его преодоление идет изрядная доля энергии, которая тратится бесполезно и проявляется нагреванием трущихся частей.

Но трение качения гораздо меньше трения скольжения. Вот по этим-то причинам и используется вращательное движение.

Когда Фарадей проводил свои замечательные опыты, он заметил, что дело не только в том, какой ток течет в

электромагните. Он двигал проводник быстрее — сила тока в нем увеличивалась, он менял направление движения — тотчас же менялся и ток. Словом, все зависело от того, каким образом перемещается проводник относительно магнитного поля.

И вот этот проводник начал вращаться. При этом он подходит то к одному, то к другому полюсу магнита, движется относительно поля в разных направлениях. Значит, и сила тока, текущего в нем, должна меняться? Разумеется.

В таком генераторе появляется переменный ток.

Величина этого тока плавно меняется по величине и по направлению — он течет то в одну, то в другую сторону.

Можно сделать специальное приспособление, которое будет направлять ток все время в одну сторону, но все равно он и в этом случае будет то увеличиваться, то уменьшаться.

В генераторах постоянного тока дело так и происходит.

Но в большинстве случаев применяются генераторы переменного тока.

Так, на всех электростанциях стоят генераторы переменного тока. Почему же это так? Передавать постоянный ток на расстояние без больших потерь пока еще нельзя. Чтобы электроэнергия не пропадала зря, не шла на нагревание проводов, надо повысить напряжение передаваемого по проводам электричества.

А такой обработке поддается только переменный ток.

Его трансформируют — изменяют его напряжение — и передают по проводам куда нужно. Все современные электростанции, кроме некоторых маломощных и специальных, вырабатывают именно переменный ток, который затем и расходуется по проводам по всей стране. Электроэнергия несется к далеким городам, к промышленным центрам, расположенным за сотни километров от электростанции. Там напряжение понижается на подстанциях — ведь высокое напряжение опасно для жизни. А подстанции каждый видел. Они расположены в городах, около заводских поселков, на железной дороге, на любом предприятии — везде. Это небольшие приземистые здания, куда входят провода высоковольтной линии передачи. Их легко отличить по высоким мачтам, по креплениям проводов на мощных изоляторах. А выходит из подстанции ток меньшего напряжения, который не надо так тщательно изолировать.

Но вернемся к генератору.

Две основные части имеет он: магнитное поле и проводник, в котором рождается ток.

Одна из этих частей двигается. Вы в школе привыкли к тому, что двигается проводник, а магниты покоятся неподвижно.

Ротор, подвижная часть генератора, — проводник или целая серия проводников, в которых рождается электрический ток. А *статором* — неподвижной частью — служит электромагнит.

При вращении якоря в ваших школьных опытах ток во внешнюю цепь передавался так называемыми щетками, которые плотно прижимались к якорю.

Но при высоких напряжениях это выходит плохо. Контакты обгорают, передача тока затрудняется. Вот почему и придумали систему, которая резко отличается от первоначальных моделей. Правда, надо сказать, что в целом ряде случаев в генераторах постоянного тока все происходит так, как в первых опытах Фарадея.

Там якорь вращается в магнитном поле.

А в машинах переменного тока — основных генераторах нашего времени — электромагниты находятся внутри; они составляют вращающуюся, роторную часть машины. Статор плотно облегает ее. Там, в сотнях проводников рождается электрический ток, собирается и передается потребителю.

КАК ЗАСТАВИТЬ РОТОР ВРАЩАТЬСЯ

Теперь дело только за тем, чтобы привести ротор во вращательное движение. Как это сделать? Откуда взять необходимую для этого энергию?

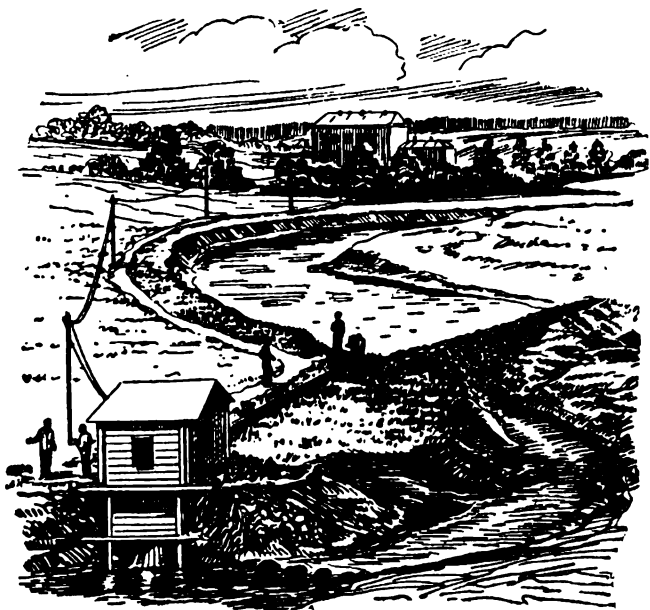
Этот вопрос встал перед инженерами сразу, как только появились первые модели генераторов и стало ясно, что можно получать электричество в больших количествах.

Техника пошла по двум направлениям.

С древних времен люди научились использовать энергию падающей воды. Это была даровая энергия — энергия рек и водопадов.

Потоки воды крутят тяжелые мельничные жернова. Но почему же не приспособить подобное колесо для вращения ротора генератора?

Генератор, который вращается под действием *гидра-*



Малая гидростанция.

влической турбины (так называется машина, преобразующая энергию падающей воды в энергию вращения), вместе с самой этой турбиной и различной вспомогательной аппаратурой — это и есть составные части гидроэлектростанции (ГЭС). Называется такой генератор *гидрогенератором*. Гидрогенератор и турбина расположены на одной оси — так удобнее: не надо передавать движение от турбины к генератору, они вращаются совместно.

Общее для всех гидрогенераторов — вертикальная ось ротора. Это, конечно, не очень привычное для человеческих глаз расположение машины. Но для работы так удобнее.

Итак, человек сумел заставить воду работать, вращать ротор генератора. Гидрогенератор преобразует энергию падающей воды в энергию электрическую.

Иногда для этого используют падение большой массы воды с небольшой высоты, а иногда — высокое падение сравнительно небольшого объема воды.

Чтобы вода падала с большей высоты, ее поднимают — устраивают плотины.

Летом реки мелеют, весной, в паводок, количество воды резко увеличивается. Значит, и количество вырабатываемой электроэнергии будет в разное время различным.

Это, конечно, очень неудобно. Чтобы получить возможность регулировать количество попадающей в гидростанцию воды, устраивают водохранилища, иногда это целые огромные моря.

Эти моря меняют даже климат — делают его мягче. Но их главная роль — удерживать воду, когда ее много, а в засуху осторожно расходовать ее, чтобы не прерывалась работа электростанции.

Гидроэлектростанции бывают поистине грандиозными. Они вырабатывают колоссальное количество электричества, которое затем расходуется по проводам, питая энергией целые промышленные районы.

3200 тысяч киловатт — мощность Братской ГЭС, которая будет пущена в нашей стране в шестой пятилетке.

Но не все гидроэлектростанции так грандиозны. Прогомы привыкли при одном слове «гидростанция» вспоминать Днепрогэс, Куйбышевскую ГЭС, или какой-нибудь другой гигант шестой пятилетки.

На самом деле существует множество маленьких станций, использующих энергию небольших рек, станций, которые приносят колоссальную пользу в отдаленных районах страны.

На всех этих станциях стоят гидравлические турбины.

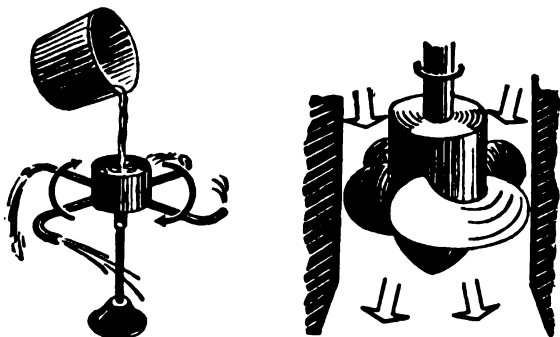
Эти турбины преобразуют энергию падающей воды в энергию вращающегося вала. Бывают они двух видов — активные и реактивные.

Одни из них — активные — двигаются непосредственно оттого, что на специальные лопатки этих турбин попадает вода. Лопатка двигается, и под следующий удар воды попадает следующая лопатка. Так турбина и вращается.

Турбина реактивная основана на принципе реактивного движения.

Этот принцип применяется сейчас очень широко.

Самым простым реактивным двигателем, напоминаю-



Сегнерово колесо и гидротурбина.

щим, хотя и весьма отдаленно, реактивную турбину, является *сегнерово колесо*.

Представьте себе вертикальную трубку, которая заканчивается несколькими горизонтальными изогнутыми трубочками. Нечто вроде паука на палочке. Изогнутые трубочки пустые, отверстия ведут наружу.

И вот в основную вертикальную трубку мы начинаем наливать воду. Что получается? Под напором сверху вода выливается из трубочек, и в силу реакции сама трубка начинает вращаться в противоположную сторону.

В настоящих турбинах все обстоит гораздо сложнее, но принцип их работы таков: в активных турбинах падающая вода непосредственно вращает вал турбины, а в реактивных вращение создается за счет реакции вырывающейся из турбины воды. Сейчас чаще всего используются турбины, совмещающие оба эти принципа.

Очень удобно использовать для получения электроэнергии большие порожистые реки или маленькие горные речки, в которых так стремительно несется поток воды.

Но далеко не везде они есть, далеко не везде можно соорудить гидроэлектростанцию.

А электроэнергия нужна в местах с самыми разнообразными природными условиями.

Но ведь не только вода может вращать ротор генератора.

И вот одновременно с гидроэлектростанциями появились

«фабрики электричества», в которых использовалась энергия пара. Это уже не даровая энергия.

Нет, чтобы получать необходимый пар, надо было кормить станцию углем, торфом, дровами.

• Сначала для получения электроэнергии использовались обычные паровые машины.

Это были машины, ознаменовавшие конец средневековья, машины, совершившие техническую революцию, машины, которые помогли произвести и революцию в отношениях между людьми.

Пар, получаемый в паровых котлах, попадал в цилиндр паровой машины и двигал поршень. Это поступательное движение преобразовывалось во вращательное. Первые заводы и фабрики пользовались услугами паровых машин.

И сейчас гудки паровозов говорят нам, что паровые машины все еще честно выполняют свой долг — трудятся для человека.

Паровые машины были первым достижением человечества в энергетике.

Только с появлением этих машин труд человека и животных стал заменяться трудом машины, которую, впрочем, также надо было «кормить» топливом.

И первые генераторы вращались с помощью поршневых паровых машин.

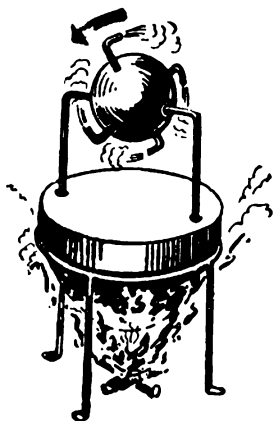
Сейчас электростанции с такими древними паровыми машинами встречаются сравнительно редко, обычно в отдаленных областях. Так, например, часто подобные маломощные станции работают на различных торфо- и лесоразработках.

У паровых машин большая часть пара расходуется впустую. Коэффициент полезного действия у них невелик.

Но не только в этом их недостаток. Чтобы получить больше электроэнергии, надо, чтобы генератор вращался как можно быстрее. А достичь этого с помощью обычной поршневой машины очень трудно.

И тогда на помощь пришли паровые турбины. Помните, мы говорили о турбине гидравлической. Ее двигала вода. А эту турбину вращает пар.

Давным-давно, за два тысячелетия до появления первых паровых машин, египетский ученый Герон Александрийский построил замечательную игрушку, которой многие интересовались, не догадываясь, однако, о том, какую роль она сыграет в технике.



Это полый металлический шар, который может вращаться вокруг оси.

Внутри шара подается водяной пар.

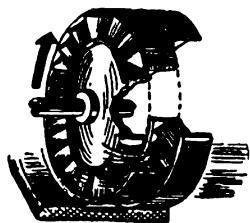
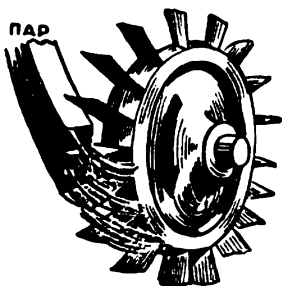
Как только он начинает вырываться из четырех впаянных в шар трубочек, «вертушка Герона» начинает вращаться.

Игрушка была известна, но практического применения долго не получала. Почти два тысячелетия о ней и не вспомнили ученые.

Но вот понадобились паровые машины, с помощью которых можно было получить быстрое вращение. Тогда и вспомнили о «вертушке Герона».

Так родились на свет паровые турбины.

Целый ряд преимуществ имеют эти устройства. Во-первых, размеры турбины гораздо меньше, чем размеры паровой машины. Во-вторых, турбины вращаются непосредственно под действием пара. Им не нужен сложный механизм, с помощью которого передается движение в паровых двигателях. Кроме того, стоимость турбины гораздо меньше, чем стоимость паровой машины. Турбины не только мощней, они и дешевле. А коэффициент полезного действия их выше. Этим и объясняется такое широкое распространение паровых турбин.



«Вертушка Герона» и паровые турбины.

Чем же отличается паровая турбина от известной уже нам гидравлической?

Да по сути дела только «рабочим веществом». Если пар вращает турбину — она паровая, если вода — гидравлическая. Конечно, конструкции этих турбин различны, но принцип действия один и тот же. Правда, есть одна существенная разница: паровую турбину надо снабжать паром, который получается за счет сгорающего топлива, а для турбин гидравлических используется даровая энергия падающей воды. Так что в одном случае человечество пользуется энергией восполняющейся, а в другом — истощает запасы топлива. А это не одно и то же.

Паровые турбины — сооружения весьма внушительные. В противоположность гидравлическим турбинам их вал расположен горизонтально.

Вращается он с колоссальной скоростью. Ее и не сравнить с небольшими скоростями гидротурбин. Вращающиеся части паровых турбин двигаются очень быстро. При этом развиваются громадные силы. Поэтому неудивительно, что паровые турбины и генераторы особенно тщательно испытываются.

Представьте себе, что вы попали на теплоэлектростанцию. Многие наши читатели побывали на таких станциях с экскурсиями. Но не все.

Поэтому совершим такую экскурсию мысленно.

Вас встретит неумолкающий грохот. Это значит, что вы подошли к станции со стороны громадных шаровых мельниц. Грохот создают барабаны этих мельниц. Это гигантское сооружение — мельница величиной с небольшим дом!

Что же она мелет?

В больших городах теплоэлектростанции работают на жидком топливе — на мазуте.

Обычные теплоэлектростанции питаются каменным углем. Но он плохо сгорает — сгорание не бывает полным. Вот тут-то и помогают шаровые мельницы.

В этих мельницах громадные чугунные шары размалывают уголь, превращая его в мельчайшую пыль. Затем эта пыль подается в топку. Теперь сгорание будет полнее.

Сам котел занимает громадное здание — величиной с большой многоэтажный дом. В котле и вырабатывается пар, который затем попадает в турбину и вращает ее. Но

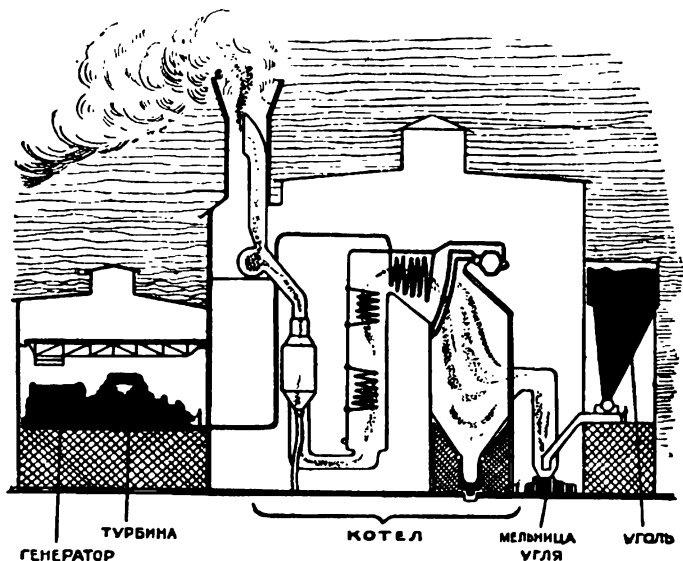


Схема тепловой электростанции.

«изготовление» пара — не такая простая операция, как это может показаться с первого взгляда.

Пар надо получить «сухим», то есть без капелек воды, потом перегреть его и тогда использовать в турбине. Совершив свою работу, пар уходит из турбины и конденсируется, снова становится жидкостью. Но не так легко сконденсировать пар. Трубы, по которым идет охлаждаемый пар, проходят в воде, она и забирает тепло пара. Но как теперь охладить воду? Как видите, одно цепляется за другое. Обычно воду берут из большого бассейна, а потом сливают ее обратно. Но это не всегда можно сделать. Иногда нет вблизи больших водоемов.

Вот тогда воду надо охлаждать просто воздухом. Для этого служит так называемое брызгальное устройство. В данном случае название вполне соответствует действительности: вода разбрызгивается и поэтому лучше охлаждается, — ведь каждая капля сама отдает тепло воздуху, а

общая поверхность охлаждаемой жидкости резко увеличивается.

Заглянем теперь в машинный зал. Там мирно гудят турбины, вырабатывают электрический ток генераторы. Внутри ротора генератора — электромагниты. Они питаются специальной динамо-машиной, дающей постоянный ток. Эта машина носит название *возбудителя*.

Из здания электростанции по проводам ток подается на повышающую подстанцию и расходится в разные города, села, фабричные поселки. Если же станция предназначена для питания одного города, где она расположена, можно прямо передавать его на подстанции, на которых напряжение понижается до нужных пределов, и ток расходится непосредственно к потребителю, в том числе и к лампочке, при свете которой вы читаете эту книгу.

ПОИСКИ

Пока что мы много говорили о станциях, вырабатывающих электричество из энергии падающей воды, из энергии пара, получаемого при сжигании самого различного топлива: торфа или угля, горючего газа или мазута, соломы или дерева.

Таких электростанций теперь очень много. А строится их еще больше.

Мы научились хорошо и дешево строить гидро- и теплоэлектростанции. Они расположены по всей стране и прекрасно обслуживают наше народное хозяйство. Что же еще нужно? Зачем пускаться в тяжелый путь исследований, искать что-то новое, когда есть уже испытанные методы? Нужно электричество — так надо строить больше обычных электростанций. Зачем же выдумывать новые, пока еще дорогие атомные электростанции?

Разберемся прежде всего в том, что, собственно, плохого в обычных электростанциях, в чем их недостатки.

Гидростанции. Они очень нужны, строительство их освоено. Мы строим множество гидростанций, в том числе крупнейшую в мире Братскую ГЭС мощностью в пять Днепрогэсов.

Кстати говоря, подумайте о гигантском росте нашей страны, сумевшей через какие-нибудь двадцать с небольшим лет приступить к строительству электростанции, во

столько раз более мощной, чем самая крупная станция прошлого.

Но гидростанцию можно построить только на реке, да и то не на всякой. А как быть там, где рек нет?

Тепловые станции свободны от этого недостатка. Но их мало построить — надо исправно снабжать их топливом.

Его нужно очень много — сотни, тысячи тонн. Днем и ночью разгружаются поезда с углем, торфом, жидким горючим, подвозящие топливо к электростанции.

И к тому же большая часть этого топлива уходит в воздух — ведь коэффициент полезного действия паровых котлов невелик.

Кроме того, в век развития химии непростительно сжигать в топках столько ценнейших веществ.

Так и появилась проблема, широко обсуждавшаяся в начале нашего столетия. Что делать дальше, чем питать многочисленные топки?

Газеты того времени, научные журналы в один голос с тревогой вопрошали об этом. «Угля остается на сто лет, на пятьдесят лет» — такие заголовки газет не были редкостью.

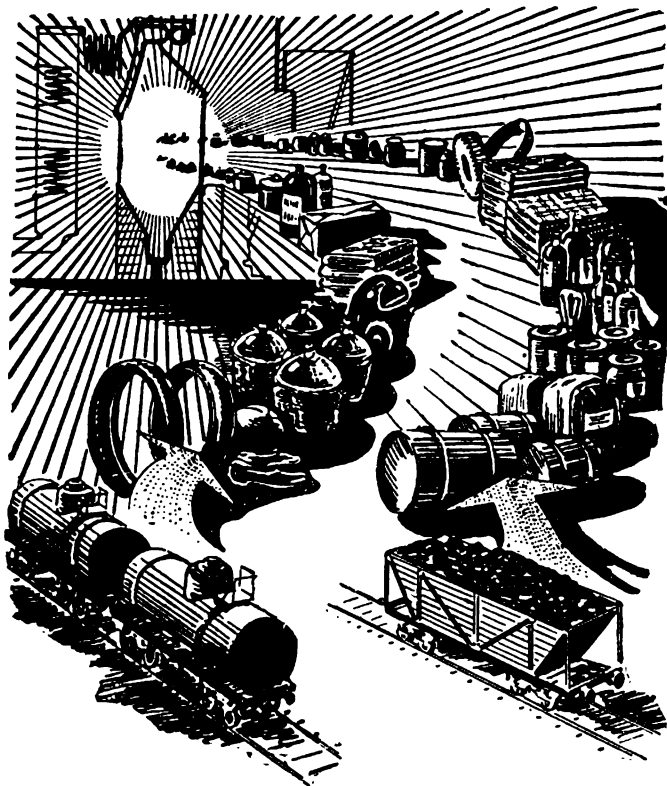
Надо сказать, что подобные предположения не оправдались: запасы топлива на Земле не так уж малы, геологи находят всё новые и новые месторождения, но в ряде мест они истощаются, приходится возить топливо издалека — ведь глупо бросать электростанцию и строить новую только потому, что поблизости иссякли запасы топлива.

Так что хотя повода для паники и не было, но мысль о необходимости научиться получать электричество с помощью каких-то иных видов энергии была вполне своевременной.

Начались работы по использованию энергии ветра, солнечных лучей, приливов. Но всего этого было мало.

И вот сначала робко, а потом все громче и громче стали раздаваться голоса о необычайной энергии, скрытой в самых сокровенных недрах веществ, — об энергии атомной.

Сначала мало кто верил в возможность использования этой энергии. Ведь не знали способов ее освобождения. Но вот из «атомной кладовой» пришел первый сигнал — Анри Беккерель, французский физик, обнаружил способность некоторых веществ испускать заряженные мельчайшие частицы и лучи, способность выделять энергию.



Что мы сжигаем в топках.

И наука начала свои смелые искания, результаты которых так хорошо видны всем нам.

Надо сказать, что уже сейчас, когда мы научились выделять атомную, или, правильнее, ядерную, энергию только из двух веществ — урана и тория, запасы топлива на Земле увеличились по энергии, которую можно из них извлечь, почти в двадцать раз! А впереди еще столько возможностей! Как только люди научатся управлять термо-

ядерными процессами, количество топлива вообще станет необъятным, так что об этом и говорить не надо будет.

Где же скрывается эта энергия, как ее освободить?

МОЛЕКУЛЫ И АТОМЫ

Много веществ окружает нас. Невозможно пересчитать, сколько их — разнообразных и непохожих.

Вот у нас маленький кусочек соли, обычной поваренной соли, взятой из обеденной солонки.

Начнем крошить этот кусочек: он становится все мельче и мельче; вот уже мы плохо видим его; вот он и из глаз скрылся. Надо взять увеличительное стекло, чтобы продолжать эту операцию.

Но какой бы маленький кусочек мы ни получили, все равно перед нами поваренная соль. Какой бы сильной лупой мы ни воспользовались, до каких бы мельчайших песчинок ни доделили наш кусочек соли, все равно он останется солью. Он будет так же хорошо растворяться в воде, будет таким же соленым.

Но представьте себе, что мы дошли до какого-то предела. Разделим крошку дальше — и нет соли, она исчезла.

Вот такая частица, которая все еще сохраняет все свойства данного вещества, но является самой маленькой из возможных, и называется *молекулой* этого вещества.

Не у всех веществ существуют определенные молекулы.

Вот, например, стекло. Это смесь различных молекул, причем пропорции, в которых они смешаны, могут быть самыми разнообразными. Таков же воздух — смесь молекул азота, кислорода, углекислого и инертных газов.

А у марганцовокислого калия, которым полощут горло при ангине, молекулы вполне определенные.

Химики называют такие вещества *соединениями*.

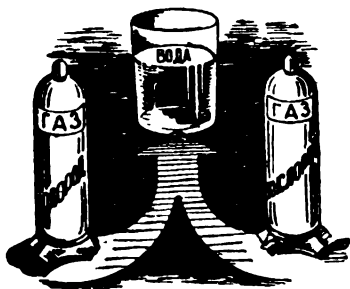
Само слово показывает, что в молекуле что-то с чем-то соединяется.

Значит, молекула не является пределом делимости вещества.

Но, разделив молекулу, мы уже простимся с веществом, мельчайшей частицей которого она являлась. На этом его существование закончится.

И вместо одной молекулы появится несколько *атомов*. Это более мелкая частица вещества.

Подобно тому, как из нескольких красок можно образовывать сотни разнообразных цветов, смешивая их в различных пропорциях, как из кирпичей строятся самые разнообразные здания, так и бесчисленное множество молекул составлено из атомов, разновидностей которых сравнительно немного.



Так образуется вода.

Вот молекула поваренной соли. Она состоит из двух атомов: атома натрия и атома хлора. Натрий в чистом виде — металл, хлор — удушливый газ. И два столь не похожих друг на друга атома образовали молекулу поваренной соли.

Два газа — кислород и водород, соединяясь, дают самую обыкновенную воду. Добавление к воде натрия приводит к тому, что образуется новое соединение — щелочь, которой заливают аккумуляторы.

ВНУТРЬ АТОМА

Мы закончили деление поваренной соли на молекулы. А потом сумели разделить ее на составные части: атом натрия и атом хлора. Но все эти процедуры мы проделывали мысленно.



Из натрия и хлора образуется соль.

Невозможно поймать одну молекулу и рассмотреть ее. В каждом, даже мельчайшем, кусочке какого-нибудь вещества находится буквально бесчисленное количество молекул. Один английский ученый сделал любопытный расчет. Если пометить все молекулы, содержащиеся в стакане воды,



В любом месте мирового океана будет сто меченых молекул.

потом вылить эту воду в мировой океан и размешать так, чтобы эти молекулы равномерно распределились по воде всех земных водоемов, и зачерпнуть в каком-нибудь из них стакан жидкости, — сколько, по-вашему, будет в нем меченых молекул? Их окажется более сотни!

Молекулы и атомы очень малы. Мы привыкли, говоря о маленьких предметах, сравнивать их с пылью.

Но и эта мельчайшая песчинка — гора в сравнении с атомом или молекулой.

Атом, как и молекула, обладает вполне определенными свойствами — физическими и химическими. Одинаковые атомы образуют химический элемент.

Элементов не так уж и много. Вместе с искусственно созданными их всего 102.

Но зато атомы этих элементов, соединяясь в различных сочетаниях, образуют бесчисленное множество видов молекул, совсем не похожих друг на друга. Иногда одни и те же атомы, по-разному соединяясь, образуют молекулы, имеющие совершенно разные свойства.

Молекула химического элемента — также соединение атомов. Но чаще всего в ее состав входит всего только один атом. Так что в этом случае молекула и атом — одно и то же. А вот у газов — водорода, кислорода, азота — молекула состоит из двух атомов.

Только не причислите сюда воздух. Это смесь различных газов, поэтому о молекуле воздуха нельзя говорить.

Атомы и молекулы отличаются по своей массе. Одни из них тяжелее, другие легче. Это только в сравнении друг с другом. А сам по себе и атом и молекула — такие крошки, что трудно говорить об их весе.

Чтобы не путаться в дробях (ведь вес атомов в граммах может быть выражен десятичной дробью, в которой после запятой следует двадцать с лишним нулей), вес атомов выражают через вес атома водорода. Это самый легкий в семье лилипутов.

Все остальные элементы имеют более тяжелые атомы. Их вес выражается целыми числами или близкими к ним. Эти числа называются атомными весами. Их не надо путать с весом атомов. Вес атомов — величина ничтожная, даже если измерять его в микрограммах — миллионных долях грамма. А атомный вес — величина, выражаемая единицами, десятками, сотнями.

Атомные веса точнее выражаются не через атом водорода, а через так называемую химическую единицу веса: одну шестнадцатую часть веса атома кислорода. Эта единица немногим отличается от веса атома водорода. Ею и пользуются для выражения атомных весов.

Гениальный русский ученый Дмитрий Иванович Менделеев создал периодическую систему элементов, которая получила его имя.

Он поместил различные элементы в таблицу по возрастанию их атомных весов.

Оказалось, что через определенные промежутки различные химические свойства элементов повторяются. Зная свойства одного какого-нибудь элемента, можно определить свойства других, аналогичных ему.

Так элементы получили свои порядковые номера. Водород стал номером первым, углерод — шестым, кислород — восьмым и так далее.

В любых соединениях и смесях — в жидком, твердом, газообразном виде — везде молекулы и атомы находятся в непрерывном движении. Нельзя себе представить молекулу или атом неподвижным, остановившимся. Всякой материи присуще движение, все равно — маленькая ли это молекула или громадная Земля, Солнце, звезды. Все движется. В этом великий закон природы.

В разных телах это движение происходит различным путем.

В твердом теле молекулы колеблются вокруг опреде-

ленной точки. В жидкости двигаются свободно внутри нее, — за пределы жидкости им не дает выбраться взаимное притяжение. А вот в газе скорости движения молекул такие большие, что взаимное притяжение почти не действует на молекулы. Они носятся по сосуду, который наполнен газом, сталкиваясь между собой.

Самое замечательное состоит в том, что это движение молекул зависит от температуры тела. Повысим температуру тела — и движение станет быстрее. Понизим — молекулы начнут двигаться медленнее, и газ начнет превращаться в жидкость, конденсироваться.

Помните, как пар отдавал свою энергию турбине? Сам он при этом охлаждался, конденсировался. А как он образовался?

Жгли топливо. При этом выделялась энергия. Она шла на подогревание воды. Вода испарялась — образовывался пар, который летел в турбину, чтобы отдать полученную им энергию.

Всё это примеры еще одного великого закона природы, открытого гением русского народа Ломоносовым. Это закон сохранения и превращения энергии.

А движение молекул впервые увидел любознательный английский ботаник Броун. Однажды он поместил в микроскоп капельку воды с растворенной в ней краской. Картина, которую он увидел, изумила Бруна. Частицы краски металась в разные стороны, как будто их кто-то подталкивал. Но они действительно испытывали толчки. На них со всех сторон натакивались молекулы воды. Так как число этих ударов было разным, то и частички краски двигались то в одну, то в другую сторону.

Сами молекулы не были видны. Да и в более сильные микроскопы их нельзя увидеть. Только самые современные, электронные микроскопы позволяют измерить контуры некоторых молекул.

Молекулы и атомы надо было взвесить, измерить, исследовать, не состоят ли они сами из еще более мелких частиц.

Что и говорить, задача не из легких!

Но ученые сумели решить ее. Это было трудно, очень трудно.

Однако еще труднее забраться внутрь атома, посмотреть — а что же там? Но ученые сумели выполнить и эту чрезвычайно трудную задачу: они ухитрились забраться

внутри этой крошки, точно определить, какие именно частицы входят в ее состав, на каком расстоянии друг от друга они находятся.

Оказалось, что атом — эта «неделимая» частица, как следует из самого ее названия, — весьма сложное образование.

В центре его находится *ядро*. Оно заряжено положительным электрическим зарядом. Заряд ядра самого легкого элемента, водорода, равен заряду *электрона* — мельчайшего атома электричества, переносчика электрического тока. А заряды всех остальных ядер больше. И равны они... порядковому номеру в таблице Менделеева.

Но сам по себе атом нейтрален. Что же уравнивает положительный электрический заряд ядра?

Вокруг ядра на солидном расстоянии от него вращаются электроны. Эти частицы материи, которые почти в две тысячи раз легче атома водорода, также движутся. Число их как раз совпадает с порядковым номером системы Менделеева, а следовательно, и с зарядом ядра.

Сколько же места отведено ядру атома в таком маленьком помещении, каким является сам атом?

Ведь в ядре сосредоточена вся основная масса атома, электроны по сравнению с атомом весят ничтожно мало.

Оказывается, ядро занимает совсем немного места.

Представьте себе, что на поле большого столичного стадиона в траве валяется маленький теннисный мячик.

Так вот, мячик занимает на стадионе больше места, чем ядро в атоме.

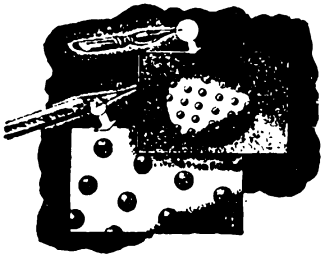
В десять тысяч раз радиус ядра меньше радиуса атома.

Самое распространенное воззрение древних и средневековых мыслителей оказалось абсолютно неправильным.

Сколько столетий верили люди, что природа «не терпит» пустоты! А ведь в действительности как раз наоборот, пустоты в природе куда больше, чем мест, где сосредоточено вещество. В самом атоме оно занимает ничтожную часть его объема, а есть еще междуатомные и междумолекулярные промежутки.

Ведь если бы лет двести назад сказать вслух, что в плотном куске металла, куда и иголкой нельзя проникнуть, сколько угодно пустых мест, в лучшем случае говорившего сочли бы за шарлатана. Но это действительно так!

Вот перед вами стакан. Он совершенно твердый, плот-



Кругом пустота.

ный. Ткните его пальцем — он везде упрется в прохладную гладкую поверхность, без всяких признаков отверстий.

Но если можно было бы посмотреть на него в сверхсильный микроскоп, нашим глазам предстало бы совершенно непонятное зрелище. Никакой сплошной поверхности мы бы не увидели. Пустота!

Только в некоторых местах словно капельки собрались. Это видны ядра атомов.

А потом, если бы мы сумели уменьшать увеличение, пустоты начали бы постепенно сближаться, исчезать, и скоро перед нами снова появилась бы привычная блестящая поверхность.

Мы уже говорили, что самый простой атом — атом водорода. В нем один-единственный электрон вращается вокруг ядра, называемого *протоном* (кстати, это означает простейший).

Ядра всех других элементов оказались еще более сложными образованиями.

Они состоят из частиц двух сортов. Во-первых, во все эти ядра входит известное число протонов. Их ровно столько, сколько электронов вращается вокруг ядра.

Но атомный вес элементов гораздо больше числа электронов на его оболочке.

Потому что, кроме протонов, в состав атомных ядер входят еще частицы; они напоминают протоны — во всяком случае, по массе. Но зато в отличие от протонов они не обладают зарядом.

Поэтому и придумали им название — *нейтроны*. Название вполне понятное: нейтроны — значит нейтральные.

Ученые выяснили, что все химические свойства атомов зависят от того, сколько электронов на их оболочках.

Но ведь можно себе представить, что могут найтись два или даже больше ядер, у которых заряд одинаковый, а атомный вес — различный. Чем они будут отличаться? Только числом нейтронов в ядре.

Такие разновидности различных атомов одного и того же элемента действительно существуют.

Называются они *изотопами*.

Элементы, встречающиеся в природе, являются обычно смесью нескольких изотопов. Эта смесь по своему составу почти всегда постоянна. Поэтому атомный вес данного элемента — определенное число, не зависящее от способа получения этого элемента.

У некоторых элементов атомные веса дробные. Это в свое время представляло неразрешимую загадку. Все так гладко получалось у ученых: атомные веса всех элементов очень хорошо можно было выразить через атомный вес водорода — их массы в целое число раз превосходили массу атома этого легчайшего элемента. И вдруг некоторые элементы упорно не подчинялись этому простому правилу.

Сначала пытались свалить все на неумение точно определять атомные веса — взвешивать атомы. Это занятие в самом деле очень тонкое, требует оно особой изворотливости и умения.

Но картина не прояснилась и после того, как способы измерения массы атомов были усовершенствованы. Только открытие изотопов сделало картину совершенно ясной.

Например, существует такой непокорный элемент — хлор. Его атомный вес составляет 35,5. Тут уже никакой неточностью измерений ничего не объяснишь. А дело оказалось очень простым.

Два изотопа есть у хлора. Один с атомным весом 36, а другой — 35. А смешаны они пополам: сколько одного, столько и другого. Вот и получается атомный вес смеси 35,5.

Число изотопов у химических элементов может быть самым различным. Вот, например, водород. У него оказалось два изотопа: атомные веса их 1 и 2. Йод встречается в природе только в виде одного изотопа. А у олова их целых десять.

Но сейчас число изотопов весьма существенно увеличилось.

Человек научился активно вмешиваться в дела природы. Он не только исправляет и улучшает природу, создает новые сорта растений, меняет климат, — он взялся также за переустройство самых маленьких кирпичиков Вселенной. Чуть не каждый день рождаются новые изотопы раз-

личных элементов, искусственно созданные человеком. Не только изотопы — новые элементы созданы за последние годы. На 13 элементов обогатил их число человек XX века.

Что касается изотопов, то их созданы сотни. Вот, например, металл марганец. В естественном состоянии он встречается только в виде одного изотопа — с атомным весом 55. А ученые добавили к нему еще пять искусственно полученных изотопов.

К двум существующим в природе изотопам водорода — легкому и тяжелому (дейтерий) — ученые добавили еще один сверхтяжелый водород, тритий, атомный вес которого равен 3.

ТАИНСТВЕННЫЕ ЛУЧИ

Первый сигнал из глубин вещества, первый звонок из кладовой неисчерпаемой энергии получил в 1896 году французский ученый Анри Беккерель. Открытие это, хотя и случайное, было подготовлено всем состоянием науки того времени, всем ходом ее развития.

За год до работ Беккереля весь мир облетело известие, что немецкий ученый Конрад Вильгельм Рентген обогатил науку, дав в руки человечества замечательный метод исследования, которым теперь пользуются и в медицине и в технике.

Рентген открыл способ получения невидимых лучей, которые засвечивали фотопластинки и в то же время обладали замечательным свойством — могли проникать через непрозрачные тела. Кто в наше время не знаком с рентгеновскими аппаратами?

Лучи Рентгена свободно пронизывают твердые, непрозрачные тела, но ослабевают соответственно плотности этих тел. Поэтому, если в теле есть какая-нибудь раковина, на снимке появляется черное пятно, соответствующее этой раковине. Лучи, прошедшие через нее, меньше других поглотились, поэтому на снимке эти места получились более зачерненными.

На этом основано и медицинское просвечивание человеческого организма. Чаще всего просвечивают легкие. Таким путем узнают, нет ли там маленьких, совсем не ощутимых человеком очажков опаснейшей болезни — туберкулеза.

Вот какое замечательное открытие сделал Рентген.

Но у Беккереля были свои соображения о происхождении рентгеновских лучей. Он считал, что под действием солнечного света различные вещества могут стать источниками рентгеновских лучей. Французский ученый много занимался различными веществами, которые под действием света начинают сами светиться.

Вот, например, обыкновенные гнилушки — они прекрасно светятся ночью. Под действием лучей светятся разнообразные составы — люминофоры. Ими покрывают лампы дневного света.

Беккерель считал, что эти вещества способны испускать не только видимый свет, но и рентгеновские лучи.

И он занялся их изучением.

Среди разнообразных минералов, которые начал исследовать французский ученый, были соединения малозвестного тогда тяжелого элемента урана. Теперь все знают это слово, но в то время уран применялся мало и известностью не пользовался.

Опыты Беккереля были весьма элементарны. Он некоторое время держал кусочек исследуемого вещества на свету, а потом помещал его на фотопластинку, закрытую плотной черной бумагой.

Сначала все, казалось, соответствовало предположениям Беккереля — пластинка оказывалась засвеченной. Засветить ее могли только невидимые — рентгеновские — лучи.

Выходит, ученый был прав! После облучения световыми лучами урановые соли стали испускать невидимое, очевидно, рентгеновское, излучение.

И Беккерель собирался уже сделать доклад о своем открытии, но случай помог ему избежать ошибки.

Однажды в ненастный день Беккерель оставил исследуемый кусок урановой руды мирно лежать в темном шкафу, а рядом с ним так же безмятежно покоилась завернутая в черную бумагу фотопластинка, приготовленная для других опытов.

И каково же было удивление Беккереля, когда проявленная пластинка оказалась засвеченной. Удивленный ученый повторил опыт. Сомнений больше не было. И в отсутствие света урановая соль испускала проникающее излучение, которое действовало на фотопластинку так же, как и лучи Рентгена.

Открытие Беккереля вызвало сенсацию. Правда, это была сенсация только в научных кругах, широкую публику не информировали о происходящем так, как об открытии рентгеновских лучей.

Среди ученых, взявшихся за изучение нового явления, были молодой химик Мария Склодовская-Кюри и ее муж профессор-физик Пьер Кюри. Это было замечательное содружество.

Ученые взялись за исследование урановых руд. И обнаружили они нечто исключительно важное.

Во-первых, Мария Склодовская-Кюри нашла, что лучи испускает не только уран. Этим свойством обладает и другой тяжелый элемент — торий. Кроме того, она заметила, что руды, из которых извлекли уран, гораздо активнее, чем сам этот излучающий элемент, и дают больше лучей.

И в самых тяжелых условиях, работая в сарае, где свалены были груды урановой руды, супруги начали изучение отходов этого металла.

Результат был неожиданным и блестящим. Они нашли и выделили из смеси два новых элемента, о которых до них никто и не знал. Эти элементы были названы полонием и радием. Они оказались мощными источниками излучений.

Полоний получил свое название по имени родины Марии Склодовской-Кюри — Польши. А слово «радий» означает «лучистый».

Теперь не приходилось удивляться поведению урановых руд. В них после извлечения урана оставалось столько излучателей (там содержатся и радий и полоний, а также другие излучающие вещества), что и без урана руда прекрасно может засвечивать фотопластинки и проделывать прочие чудеса.

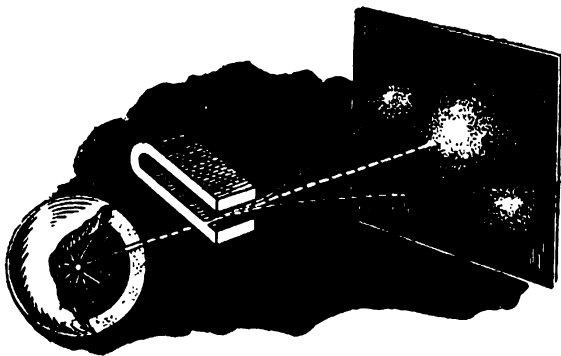
Так оказалось, что имеется целый ряд веществ, целая плеяда элементов, обладающих этим загадочным свойством. Они получили название радиоактивных.

А затем начали изучать эти вещества и их излучение.

На пути лучей поставили магнит.

Ученые знали, что магнит действует на частицы, заряженные электричеством. Вот они и хотели проверить, нет ли среди лучей радиоактивных веществ таких частиц.

Опыт был очень прост. Излучатель находился в коробочке. Во все стороны испускались из нее невидимые лу-



Три пятна на фотопластинке.

чи, но их по дороге задерживали. Для этого всю коробочку окружили толстыми плитками свинца, поглощающего излучение. Оставили в нем лишь небольшую щелочку. Теперь только тонкая струйка излучения распространялась из источника. Чтобы зарегистрировать ее, воспользовались опять-таки фотопластинкой. На ней появлялся черный след — знак того, что лучи исправно попадали на фотопластинку.

Но вот на пути лучей оказалось магнитное поле. И после проявления пластинки на ней вместо одного пятна оказалось целых три. Три пятна на фотопластинке означали, что излучение неоднородно — под действием магнитного поля оно распадается на три части. Положительные и отрицательные частицы отклоняются в магнитном поле в разные стороны. А по величине отклонения можно было судить не только о знаке, но и о величине заряда этих частиц.

Частицы, несущие отрицательный заряд, очень сильно отклонялись в магнитном поле. Их масса была, видимо, небольшой.

Это были электроны.

Труднее было определить, что представляют собой тяжелые положительные частицы.

Но ученые справились и с этим.

После подсчета их заряда и массы оказалось, что это

ядра гелия — «благородного» газа, названного так за то, что он не хотел соединяться ни с одним элементом.

Тяжелые частицы названы были альфа-частицами, а электроны — бета-частицами по первым буквам греческого алфавита.

Но что же представляет собой центральное, неотклоняющееся излучение? Раз оно не меняет своего направления в поле магнита — значит, в его состав не входят заряженные частицы. А с другой стороны, излучение действует на фотопластинку.

Это излучение — гамма-излучение — отчасти поддержало предположение Беккереля. Оно во всем напоминало лучи Рентгена, которые искал французский ученый, только происхождение их было, конечно, совсем иным.

Никакого отношения к солнечному свету гамма-излучение не имеет.

Альфа- и бета-частицы вылетают из ядер радиоактивных элементов. Эти ядра тяжелые, в их состав входит очень много частиц — более двухсот. И они неустойчивы. Испуская заряженные частицы, радиоактивные атомы постепенно превращаются в более устойчивые.

На Земле были и более тяжелые элементы, чем уран.

Но за время существования Земли они распались совсем, их уже нет больше.

Распадается ядро радиоактивного элемента, выбрасывая альфа- или бета-частицу. Но иногда при этом часть энергии ядра уносит возникающий гамма-квант — порция энергии гамма-лучей. Ведь всякое излучение несет энергию. И свет, и радиоволны, и гамма-лучи — все они переносят энергию.

Разрешим еще один недоуменный вопрос, который у вас, без сомнения, возник. Но мы ответим на него сразу, а в свое время наука много лет не могла выяснить, в чем, собственно, дело.

Откуда берутся бета-частицы, вылетающие из ядра, если там заведомо нет электронов?

Да, в ядре действительно нет электронов. Это так. Но они образуются там и сразу же покидают ядро. А рождение их происходит так: один из нейтронов такого ядра превращается в протон, при этом и появляется электрон — бета-частица.

Значит, ядра одних элементов испускают бета-частицы, а других — альфа-частицы. Из одного элемента при этом

образуется другой. Но этот элемент, в свою очередь, может быть радиоактивным и образовать после распада еще один, третий по порядку элемент.

Так и происходит в действительности. А связка элементов, в которой один образуется из другого, называется *радиоактивным семейством*. В таком семействе все родственники, и замыкает его обычный нераспадающийся элемент. Все известные радиоактивные семейства заканчиваются изотопами свинца.

И все эти семейства живут дружно, вместе. Ведь один элемент, распадаясь, создает другой и так далее. Поэтому излучение урана содержит и альфа-частицы и бета-частицы. Ведь оно составное. Там есть и лучи собственно урана, и лучи радиоактивного газа радона, и лучи радия, и лучи полония. Все они рождаются из урана.

Вот какие необыкновенные семейства бывают в природе.

Радиоактивный элемент распадается так, что распад каждого ядра происходит независимо от распада других ядер. Через вполне определенное время, которое называется *периодом полураспада*, излучающих ядер станет ровно вдвое меньше. И это время — период полураспада — для каждого радиоактивного элемента определено самым точным образом. Что бы ни случилось в окружающем этот элемент мире, все равно — после каждого периода останется ровно половина излучающих атомов. Еще через один период — половина оставшейся половины. Изменить это время нельзя.

Впервые ученые встретились с таким упорным явлением. На его скорость не влияли ни самые высокие, ни самые низкие температуры, ни магнитные и электрические поля — словом, ничего. А в арсенале науки есть мощные способы воздействия на элементы. Но вот на радиоактивный распад они совсем не действуют.

Итак, с периодом полураспада данного элемента ничего сделать нельзя. Одни элементы — долго живущие — распадаются медленно, таким элементом является, например, уран. Он спокойно лежит на складах и будет лежать долго. Его период полураспада составляет 4,5 миллиарда лет. Зато и излучение от урана небольшое. А вот открытый Марией Склодовской-Кюри полоний распадается наполовину всего лишь за 140 дней. Зато он испускает много частиц, является сильным радиоактивным источником.

Эта зависимость вполне понятна. Один источник быстро распадается — тогда за единицу времени из него вылетает множество частиц. А распадающийся медленно испускает меньшее количество частиц или гамма-лучей.

ВЕЧНОЕ ТЕПЛО

Хочется пить. Очень хочется пить. А под рукой нет холодной воды. В чайнике, правда, есть немного, но она невозможно горячая — чайник недавно вскипел. Остается одно — подождать.

И ожидания не будут напрасными. Через несколько минут вода остынет так, что ее можно будет пить. Если вы не любите теплую воду, придется еще подождать. Но в конце концов она все-таки остынет.

Мы хорошо знаем, что все горячие вещи остывают. Дело только во времени. В одном случае тело остывает быстро, а в другом помедленнее.

Но вот у нас в руках очутилась пробирка с драгоценным элементом, найденным Марией и Пьером Кюри. В пробирке немного соли радия. Она светится в темноте мягким синеватым светом. Да и пробирка, в которую насыпана эта соль, потеряла свою прежнюю окраску. Она вся стала немного синеватой.

Это, конечно, очень интересно — свечение пробирки с радием; но еще интереснее другое: посмотрите — пробирка теплая. Мы чувствуем, как от нее распространяется тепло, — что-то греет пробирку изнутри.

Ну что же, подождем, пока она остынет, — ведь все предметы остывают.

Очень долго придется ждать, пока остынет пробирка, содержащая соль радия. Боюсь, что нам не дождаться.

Все время вылетают из ядер радия мельчайшие альфа-частицы. Каждая из них несет энергию. В стекле пробирки частицы тормозятся и нагревают его. Так нагревается пуля, ударившаяся о стальную преграду.

А распадается радий медленно, его период полураспада составляет 1590 лет. Вот почему не остывает пробирка.

Это открытие сделал Пьер Кюри. Он даже подсчитал энергию, которую выделяет 1 грамм радия.

К сожалению, ее оказалось совсем немного.

Эта энергия действительно была диковинной — выделялась как будто бы из ничего.

Но практическая польза от этого тепла равнялась нулю. Запасов радиоактивных веществ оказалось настолько мало, что они стали цениться даже не на вес золота, а гораздо дороже.

Правда, они нашли себе применение, но совсем для других целей.

Их стали употреблять при лечении различных опухолей, таких, например, как бич человечества — рак. Невидимые лучи весьма интенсивно сжигали страшные раковые клетки, спасая людям жизнь и здоровье.

Однако ученые не оставляли своих работ, по-прежнему занимались изучением радиоактивных веществ.

Они считали, что явление радиоактивности — сигнал из кладовой природы. Этот сигнал говорил, что там есть энергия, много энергии, — надо только суметь ее оттуда достать.

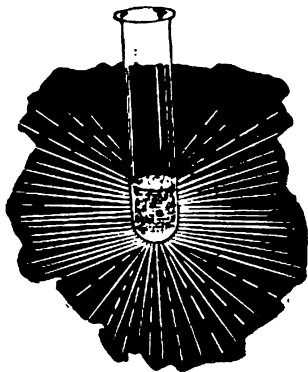
Точнейшие исследования проводились с мельчайшими частицами. Одновременно надо было придумывать и совершенствовать методы регистрации этих частиц, научиться их точно считать, отличать одну от другой.

И ученые сумели все это сделать, создали множество различных приборов, научились «разглядывать» невидимые частицы, подсчитывать точно их количество, их энергию, определять заряд.

Появилась новая наука — ядерная физика.

Она не была отвлеченной наукой. Занимаясь взаимодействием мельчайших частиц, ученые не забывали о проблемах энергетики — они стремились найти способы освобождения внутриядерной энергии.

И они нашли эти способы.



«Вечное» тепло.

ЯДРА РЕАГИРУЮТ С ЧАСТИЦАМИ

Открытие радиоактивных веществ принесло науке колоссальную пользу. Радиоактивные вещества дали в руки исследователям новые «снаряды» для стрельбы по цели — по атомам. После того как было обнаружено, что атом состоит из ядра и электронной оболочки, появилась дерзкая мысль, которая и вызвала столько кривотолков, усмешек и язвительных шуток.

А мысль была интересная. Сейчас мы привыкли к ней, и нам кажется, что в ней нет ничего удивительного. Но ведь это было несколько десятилетий назад.

Современная химия зародилась от самой распространенной науки средневековья — науки, поглощавшей столько сил, загубившей в бесплодных поисках столько умов. Это была алхимия. Сотни лет в подвалах средневековых замков, в маленьких бюргерских домиках, в кельях монастырей горели и плавилась в горнах самые разнообразные вещества, склонялись над ретортами седобородые ученые мужи. Что они делали, что искали?

Алхимики пытались получить из самых разнообразных веществ и металлов драгоценные — золото, серебро, платину.

Но XIX век поставил точку на этих долгих, бесплодных исканиях. Химики установили, что золото, платина, серебро — это три различных элемента. Элементы состоят из устойчивых атомов; атомы могут взаимодействовать между собой, образуя различные молекулы, но при этом каждый атом остается самим собой. И золото никогда не может превратиться в железо, и из железа никак нельзя получить золото. Это было доказано.

Книги алхимиков покрывались пылью у любителей старины, само слово «алхимик» звучало насмешкой.

И вот нашлись люди, которые снова подняли упавшее знамя, опять попытались пойти старым, казалось давно заброшенным путем.

Но это уже не был путь слепых поисков. Ведь что делали алхимики? Сидел этакий «ученый муж» и составлял самые разнообразные смеси, перемешивал их, подогревал, кипятил. Одним словом, работа шла на «авось». Авось да выйдет! Не вышло! Да теми методами, которыми пользовались алхимики, и выйти-то не могло.

Путь подсказала природа. Радиоактивный распад —

это ведь алхимическая реакция. Из одного элемента получается другой — ведь это как раз то, о чем мечтали алхимики. Правда, процесс этот идет сам по себе. Ни температура, ни давление, никакие примеси не действуют на него. Что бы мы ни делали, радий распадается так, что через 1590 лет его останется ровно половина. Реторты приготовила сама природа.

Ну, а если человек вмешается и сумеет проникнуть в глубь центра атома — ядра? Если попадет туда какая-нибудь частица, что тогда?

Это был ясный путь, по нему и пошли ученые, пошли настойчиво и упорно. Ох, негладкий был это путь! 20 лет, целых 20 лет напрасно обстреливали люди ядра атомов, пока наконец не добились своего.

А мешали электрические силы. Самые распространенные ядерные снаряды — альфа-частица и протон — заряжены положительно. Таким же зарядом обладает и ядро. И как бы точно в цель ни летел снаряд ядерной артиллерии, на «ближних подступах» к ядру, где силы отталкивания одинаковых зарядов колоссально возрастают, он отклоняется в сторону. Это обстоятельство очень помогло ученым, когда они изучали строение атома — по этому отклонению они и догадались, что в центре атома лежит ядро. Но теперь это мешало, страшно мешало.

Поэтому так долго не могли осуществить ученые этот интересный опыт.

В 1919 году его впервые провел замечательный английский ученый Эрнест Резерфорд. Это был великий ученый, которым гордится современная наука.

Ведь и те замечательные опыты, которыми было доказано ядерное строение атома, также провел Резерфорд. Использовал он при этом альфа-частицы. И то, что альфа-частица — ядро гелия, также доказал он.

Как же удалось ему осуществить задачу, которая была непосильна для ученых до него?

В химии различные преобразования молекул, в которых атомы меняются своими местами, называются реакциями, химическими реакциями.

При взаимодействии ядер с частицами тоже происходят реакции. Из одних ядер образуются другие, появляются новые. Это реакции ядерные.

Что получается при соединении различных атомов в молекулу? Надо затратить энергию, подогреть смесь, что-



Алхимик за работой.

бы в ней произошла интересующая нас реакция. А бывает и наоборот: начинается реакция, соединяются атомы, и смесь сама начинает нагреваться — тепло выделяется. Такие реакции очень нужны людям. Вот, например, топка теплоэлектростанции. Там происходит горение, горит уголь. Но горение — реакция соединения различных веществ с кислородом. При этом выделяется энергия, которая передается пару, вращающему вал турбогенератора.

А взрывы? Там выделяется очень много энергии. Правда, это происходит очень быстро, зато количество тепла огромно.

Тепло может выделяться и при соединении различных веществ и при разложении. Всякое бывает.

Вот эти-то явления и натолкнули ученых на мысль по-

пробовать преобразовать сами атомы, провести ядерную реакцию.

Так что не из простого любопытства начали ученые труднейшие опыты по преобразованию элементов. Ими руководило не только желание получить один элемент из другого. Кроме этого, они надеялись получить реакции, при которых должно было освободиться громадное количество энергии.

Некоторые предварительные расчеты показывали, что такие реакции существуют. При этом на бумаге получался громадный выход энергии. Реакции химические и в сравнение не шли с возможными ядерными взаимодействиями.

Но как осуществить эти взаимодействия?

На бумаге ядра реагировали очень легко и просто. А в действительности надо было изобрести способ попасть одной мельчайшей невидимой частичкой в другую, соединить две невидимки!

При химических реакциях из одних молекул получают другие. При реакциях ядерных изменяются сами атомы.

Короче говоря, ядерные реакции — чистая алхимия.

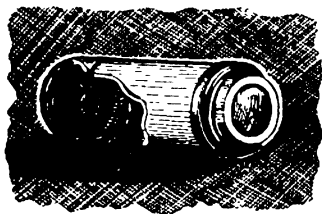
Сначала было большой редкостью получить такую реакцию. Ставились сотни и тысячи опытов, в ядра атомов стреляли десятками тысяч снарядов, пока один из них не попадал в цель.

Установку, которой пользовался первый «современный алхимик» Эрнест Резерфорд, мы изобразили на рисунке.

Маленький сосуд, который можно откачивать и наполнять различными газами. В середине сосуда — источник альфа-частиц. С одного конца — кран, через который внутрь сосуда попадают газы, а на другом конце — экран.

Покрыт этот экран сернистым цинком; это вещество светится под воздействием альфа-частиц. С помощью микроскопа можно наблюдать за этими вспышками.

Альфа-частица вылетает из источника и мчится от него. Но на ее пути встречаются атомы газа, наполняющего сосуд. Она срывает электроны с обо-



Установка Резерфорда.

лочек этих атомов и сама замедляется. Поскольку энергия частиц, испускаемых источником, вполне определена, то и путь их в газе также определен. Называется этот путь пробегом. Чем выше давление газа, тем больше молекул и атомов встретит на своем пути альфа-частица. Значит, пробег ее будет меньше.

И вот Резерфорд наполнил сосуд азотом, закрепил в его центре источник альфа-частиц и стал наблюдать за экраном в микроскоп.

Экран вспыхивал то там, то здесь под действием попавших на него частиц. Но вот давление увеличили: пробег альфа-частиц уменьшился и вспышки пропали. Альфа-частицы не долетали до экрана. Но что это? Вдруг появилась вспышка, за ней другая. «Откуда они?» — недоумевал Резерфорд.

Сосуд был наполнен чистым воздухом. Резерфорд предположил, что в его устройстве произошла первая ядерная реакция, полученная искусственно.

Он считал, что из ядра азота и альфа-частицы образуется ядро кислорода и водорода. Это-то ядро водорода и попадало на сернистый цинк, вызывая его свечение.

С помощью чувствительных методов предположение ученого было проверено. Оно оказалось правильным.

Но это было совсем не то, о чем мечтали средневековые ученые.

Из ста тысяч альфа-частиц только одна попадала в цель, только в этом единственном случае получалась ядерная реакция. Получать таким способом одни элементы из других — операция явно невыгодная.

Но все-таки первый шаг был сделан. Резерфорд доказал возможность искусственного проведения ядерной реакции. Теперь оставалось найти лучшие снаряды, наиболее интересные реакции. Надо было работать, работать и работать.

И вот через 13 лет после первого успеха Резерфорда два молодых английских ученых, Кокрофт и Уолтон, получили реакцию взаимодействия ядер, которая показала всем маловеерам, что выделение ядерной энергии вполне возможно.

Они обстреливали легкий элемент литий разогнанными ускоренными протонами. К этому времени научились искусственно разгонять заряженные частицы в больших, дорогих установках, называемых ускорителями.

Чем больше была скорость частицы, тем дальше могла проникнуть она в глубь ядра, тем труднее было ее свернуть с пути.

И вот разогнанный протон попал в ядро лития. Это вызвало катастрофу. Ядро лития развалилось на две части — на две альфа-частицы, разлетевшиеся в разные стороны.

Но самым интересным оказался тот факт, что энергия этих двух частиц была намного больше энергии вызвавшего эту катастрофу протона.

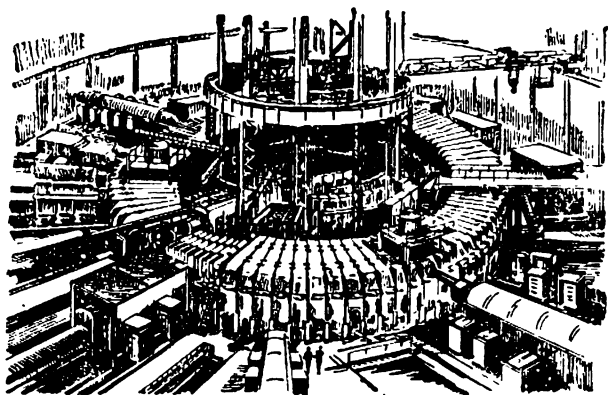
Так была получена первая ядерная реакция, происходящая с выделением энергии. А количество этой энергии оказалось как раз таким, как получалось при подсчетах.

17 миллионов больших калорий тепла может выделиться из грамма лития, если все его атомы подвергнутся такому уничтожению. А грамм самого лучшего горючего дает всего лишь 20 больших калорий.

Тут было над чем задуматься. Ядерные реакции оказались не выдумкой ученых, не сказкой, а реальностью.

Правда, эта реакция не стала источником энергии, — она в одном отношении неудобна: ведь надо разгонять протоны в ускорителях, а это операция весьма разорительная. Кроме того, эта реакция — явление очень редкое.

Но сам опыт показал, что надо искать другие реакции,



Современный ускоритель ядерных частиц.

более выгодные, — реакции, идущие с меньшими затратами.

Начались поиски. Они были весьма успешны, но результаты этих поисков оказались настолько неожиданными, что, получив в свои руки поистине бесценный дар, ученые побоялись поверить самим себе и целых пять лет ходили кругом да около.

Очень уж необыкновенным было обнаруженное явление, хотя предшествующее развитие физики ядра должно было приучить людей к тому, что в этой новой науке, как нигде, нельзя мыслить шаблонно.

И человечество получило в свои руки внутриядерную энергию на пять лет позже того, когда оно уже могло ее получить.

Открытие реального способа получения, вернее говоря — освобождения, внутриядерной энергии произошло после того, как у физиков появился новый, замечательный ядерный снаряд, которым они и начали бомбардировать различные элементы.

Этим снарядом, который сразу же решил исход дела и помог в самых трудных и рискованных поисках, был открыт в 1932 году нейтрон.

УРАН ДЕЛИТСЯ НЕЙТРОНАМИ

Заряженные частицы, подлетев к ядру достаточно близко, сворачивают в сторону — так действует на них мощный электрический заряд ядра. Что же нужно сделать, чтобы они все-таки смогли попасть в невидимую цель? Как избавиться от мощного барьера, установленного природой вокруг ядра атома?

Надо было научиться ускорять ядерные снаряды. Вот тогда обладающие громадной энергией частицы не так-то просто свернут с пути. А как только частица подберется на достаточно близкое расстояние к ядру атома, уже можно не обращать внимания на силы электрические: появятся более мощные ядерные силы. Они помогут частице проникнуть в ядро.

Начали строить специальные ускорители ядерных частиц. В них, пользуясь различными методами, разгоняли альфа-частицы, протоны, а также другие ядерные частицы до колоссальных скоростей. Чудовищную энергию нес-

ли эти частицы. И, разумеется, теперь случаи попадания в цель стали гораздо чаще. Но все-таки этого было мало. Случай попадания частиц в ядра насчитывались единицами. И вот появились новые частицы — нейтроны. Они, казалось, самой судьбой были предназначены для использования в «ядерной артиллерии». Ведь зарядом эти частицы не обладают. Им нипочем электрическое заграждение, которым природа так старательно окружила ядра атомов.

С помощью новых частиц получали множество искусственно радиоактивных веществ. Неутомимый итальянский ученый Энрико Ферми подверг бомбардировке этими замечательными частицами буквально чуть ли не все элементы периодической системы.

Среди них был и самый тяжелый элемент, известный тогда, — темный, ядовитый металл уран.

Вот мы с вами и дошли до самого интересного. До этого времени ядерная физика считалась наукой сугубо отвлеченной, от которой нельзя было ждать какой-нибудь практической пользы.

И вот теперь трудом многих ученых было доказано, что, в противоположность другим элементам, ядра урана под действием нейтронов иногда делятся на два осколка, два ядра более легких элементов.

Вот это-то открытие и было настолько неожиданным, что в него боялись поверить — ведь оно опрокидывало многие понятия, укоренившиеся в науке.

Но главным было даже не то, что ядра урана разваливались на две части. Это, конечно, интересное явление, но практическую пользу принесло другое.

Самым важным было то, что при этом освобождается колоссальное количество энергии, которая до сих пор покоилась в глубинах вещества, казалось надежно скрытая от человека.

Но человек раскопал ее и заставил служить ему.

Откуда же взялась эта энергия?

Под действием нейтрона ядро урана разваливается на две части, на два крошечных осколка. И масса этих осколков оказывается меньшей, чем масса уранового ядра. Они отличаются на ничтожную величину. Нам даже не с чем ее сравнить, настолько она мала.

Но тут-то и появляется энергия, та самая таинственная внутриатомная энергия, о которой все вы, конечно, не раз слышали.

Гениальный ученый нашего времени Альберт Эйнштейн в начале XX века высказал предположение, которое потом блестяще подтвердилось.

Дело в том, что масса и энергия оказались взаимосвязанными величинами: и изменение одной из них влечет изменение другой.

Причем небольшие изменения в массе влекут за собой колоссальные изменения в энергии. Масса в 1 микрограмм взаимосвязана с энергией почти в 10 миллионов килограммометров.

Вот поэтому небольшие изменения в массе осколков деления ядер урана приводят к освобождению громадной энергии.

Из грамма урана выделяется 20 миллионов больших калорий. 2000 килограммов нефти надо сжечь, чтобы получить столько тепла. А здесь расходуется только 1 грамм вещества! Немудрено, что ядерные реакции являются такими заманчивыми.

Но как разделить все ядра, сколько для этого понадобится нейтронов? Ну, чтобы разделить хоть грамм замечательного элемента?

Это число и не выговорить, настолько оно грандиозно.

Такое количество нейтронов даст за несколько сотен миллионов лет источник, состоящий из самой лучшей, самой выгодной для получения нейтронов смеси радия с бериллием, в которой будет содержаться целый грамм радия, при условии, что количество радия в источнике не будет уменьшаться.

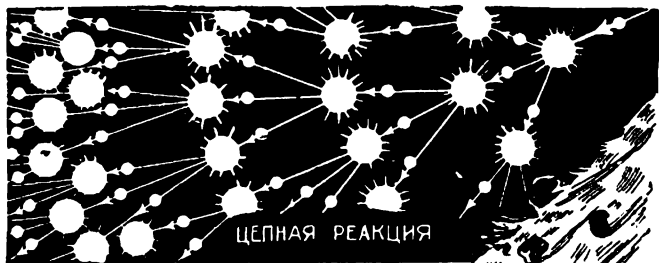
Это, разумеется, невысказанно. А запрятать в источник тонны радия просто невозможно, ведь его так мало.

Однако, как вы знаете, сейчас работает множество установок, использующих это самое ядерное горючее.

Ядерная энергия стала обычным видом энергии, привычным и знакомым. Как же так?

Природа пошла навстречу человеку в овладении таинственной, ядерной, энергией.

Ядро урана не только разваливается на две части с выделением энергии — происходит при этом еще один процесс: вылет нейтронов. Да, при этом появляются новые нейтроны, тоже способные вызвать деление других ядер урана. Эти нейтроны с лихвой компенсируют затраченные. Их в среднем получается по 2,5 на каждый первоначальный. Значит, каждый первичный нейтрон породит новые



Цепная реакция деления ядер урана похожа на снежную лавину.

нейтроны, а те, разделив, в свою очередь, полагающиеся на их долю ядра, освободят из них новую серию нейтронов.

Короче говоря, делений будет все больше и больше, и количество нейтронов вырастет как снежный ком. Так из маленького камешка, случайно покотившегося с вершины горы, через некоторое время образуется грандиозная лавина, сметающая все на своем пути.

Почти мгновенно нейтронный поток вырастет до скачочной величины.

Это и есть *цепная реакция*.

Вот перед нами лежит груда урана. Выходит, стоит хоть одному нейтрону попасть в эту груду, как должна начаться цепная реакция.

Количество нейтронов должно все увеличиваться. Происходит это очень быстро, и вот уже весь уран охвачен страшной реакцией, контроль за ней потерян, а она все нарастает и нарастает...

Но если дело обстоит так, почему же тогда годами лежат на складах килограммы урана и не только не взрываются, но даже не нагреваются заметным образом? Ведь, извлекая радий, Мария и Пьер Кюри переработали тонны урановой руды. Как же они не заметили этого явления?

Для начала такой цепной реакции хватит буквально одного нейтрона. А их сколько угодно вокруг нас. Нейтроны несутся из далекого мирового пространства и рождаются в самом уране. Иногда ядра этого элемента без всякого воздействия извне сами разваливаются на две части — делятся. Это открытие в 1941 году сделали советские ученые Петржак и Флеров.

Почему же не происходит цепная реакция в природном уране?

Дело в том, что естественный уран состоит, в основном, из двух изотопов.

Один из них, уран-235, как раз и нужен: он обладает способностью делиться под действием нейтронов.

Но именно этого нужного изотопа в природном уране совсем немного, всего лишь 0,7 процента. Остальные 99,3 процента составляет уран-238. Он также делится нейтронами, но для такого деления нужны нейтроны больших энергий.

А вылетающие при делении нейтроны моментально те-

ряют часть своей энергии. Это происходит очень быстро. Такой нейтрон уже не может разделить ядро урана-238. Он пропадает для дальнейших действий.

Что же с ним будет дальше? Может он все же попасть в ядро этого неуступчивого изотопа? Конечно, может. Но происходит при этом нечто другое. Ядро урана не делится, но оно и не остается в обычном состоянии.

Под действием нейтрона ядро урана как бы меняет вид своей радиоактивности. В обычном состоянии оно не спеша распадается, выбрасывая альфа-частицу.

Поглотив нейтрон, ядро урана-238 приобретает большую массу. Появляется новый изотоп — уран-239. Он также радиоактивен, но испускает бета-лучи. При этом образуется новый элемент, заряд ядра которого должен быть на единицу больше: ведь, испустив бета-частицу, ядро приобрело лишний протон. Такого элемента не существовало раньше. Это новый элемент — первый элемент, созданный человеком. Он был назван нептунием.

Но нептуний, в свою очередь, радиоактивен, как и все тяжелые элементы. И опять-таки, испуская бета-частицы, ядра нептуния образуют еще один новый элемент. Он получил название плутония.

66	Ho	67	Er	68	Tm	69	Yb	70	Lu
Эрбий	Гольмий	Эрбий	Тулий	Иттербий	Лютеций				
164,94	167,2	169,4	173,04	174,967					
* * АКТИНИДЫ 90-100									
91	U	92							
Уран	Уран	Нептуний							
238,07	238,07	(237)							
			95						
			Нептуний						
			(237)						
				96					
				Плутоний					
				(239)					

Появились новые элементы.

Все это происходит очень быстро: образование нептуния и потом плутония. А вот плутоний — долгоживущий элемент. Он также радиоактивен. Но, распадаясь, плутоний не дает новых элементов. Он испускает альфа-частицы, превращаясь в изотоп того же урана.

Название элементов: уран, нептуний и плутоний — ученые дали по аналогии с солнечной системой: там тоже после планеты Уран следуют Нептун и Плутон.

Новый элемент — плутоний — оказался истинной находкой. Он превосходно делился под действием нейтронов, не разбираясь, большая у них энергия или нет. Жадно глотал все нейтроны плутоний, в нем прекрасно могла идти цепная реакция.

Вот теперь понятно, почему так спокойно лежат тонны природного урана, почему так спокойно ходят вокруг них люди, как будто не чувствуя мощного потока нейтронов, который должен был там образоваться.

Нет этого потока. Не может быть цепной реакции в любом количестве природного урана. Хоть гору его насыпь — ничего не произойдет.

Ведь из всех нейтронов, попавших в уран, большинство пропадет, не дав новых. А те из них, которые будут захвачены ураном-235, дадут немногочисленное «потомство». Ядер урана-235 так немного, что они пропадают среди колоссального количества ядер другого неделящегося изотопа — урана-238.

Кроме того, в природном уране много различных примесей, большинство которых жадно захватывает нейтроны. Некоторые из них прямо-таки пожирают эти частицы.

Ну и, наконец, множество нейтронов, рожденных в толще урана, попросту покидают его, не успев ни поделить ядра этого элемента, ни захватиться ураном-238 и примесями.

Что же нужно сделать, чтобы получить цепную реакцию? Очистить уран, отсортировать каким-нибудь образом один лишь изотоп урана или собрать достаточное количество плутония.

По мере того как это количество будет увеличиваться, все больше и больше ядер начнет делиться. А кончится это увеличение очень грустно — все взлетит на воздух. Большое количество урана-235 или плутония, в которых может возникнуть цепная реакция, это и есть атомная бомба.

Но как использовать деление урана для мирных целей, например в электростанциях?

Ответ напрашивается сам собой. Очевидно, надо каким-то образом приостановить стремительное увеличение числа делений урановых ядер, задержать цепную реакцию.

Вот если бы в установке каждую секунду делилось одно и то же число урановых ядер, тогда все было бы в порядке. Это была бы обычная энергетическая установка. В каждую секунду в ней выделяется одно и тоже количество энергии. А откуда эта энергия берется — из недр атомных ядер или появляется при сгорании обычных дров, — не все ли это равно? Для потребителя — турбины электростанции — это совсем не важно. Итак, задача состоит в том, чтобы создать установку, где происходило бы определенное, точно отмеренное, постоянное выделение ядерной энергии.

Нужна установка, где количество выделяющейся энергии можно было бы по желанию увеличивать или уменьшать.

Речь идет о создании управляемой цепной реакции.

Эта реакция должна идти в самом обыкновенном уране, только предварительно очищенном от всевозможных примесей.

И такая реакция может пойти, такая установка может быть создана!

Что же даст урану возможность спокойно «гореть» в топке ядерной установки, как и полагается порядочному топливу, выделяя спрятанную в нем энергию?

Это сделают *медленные* нейтроны.

ЧТО НАМ НУЖНО?

Почему нужны медленные нейтроны и что это такое — медленные нейтроны? Вот первый вопрос, который нам надо обсудить.

Произошла ядерная реакция деления, и появились новые нейтроны.

Вылетают они из ядра с определенной скоростью. И различают их по скорости движения. Собственно говоря, это единственное их различие. Как еще можно отличить совсем-совсем одинаковые частицы? Только по их скорости.

Нейтроны самых больших энергий называют *быстрыми*. Двигаются они с очень большими скоростями — до десятков тысяч километров в секунду. Это, конечно, сказочная скорость. С такой скоростью и земной шар можно облететь за несколько секунд.

Но не летит нейтрон по прямой линии, не улетит он далеко от Земли. Путь его в веществе связан со значительными неудобствами.

Попробуйте быстро выйти из большого зала, набитого людьми, которые все время ходят в самых разнообразных направлениях. Сделать это не так легко. Вам придется немало потрудиться, прежде чем вы выберетесь из зала. А нейтрону еще труднее.

На своем пути он все время встречается с ядрами различных элементов — ведь их мириады на самом маленьком отрезке пути нейтрона. При такой встрече вовсе не обязательно начинается ядерная реакция.

Гораздо чаще ядро и нейтрон просто сталкиваются и разлетаются в разные стороны. И, несмотря на сказочную скорость, продвигается нейтрон вперед очень незначительно.

А при каждом ударе нейтрон может отдать часть своей энергии встречному ядру: ядра двигаются в веществе гораздо медленнее, они учащают свое движение, а нейтрон замедляется.

Так постепенно скорость нейтрона будет уменьшаться.

Факт как будто печальный. Ведь деление урана-235 происходит нечасто, а уран-238 «выходит из игры». Его делят только быстрые нейтроны. Вот почему в нем невозможна цепная реакция. Нейтроны, рожденные при делении, сразу же замедляются и уже никак не могут воздействовать на уран-238.

Но здесь-то и происходит нечто для нас весьма приятное. Ядра урана-235 — немногочисленные ядра, мошки среди полчищ ядер урана-238 — по мере уменьшения скорости нейтронов становятся всё активнее. Все больше нейтронов захватывают они. И хоть их количество по-прежнему ничтожно — число делений урана все увеличивается.

Итак, вот что нам нужно! Нужно вещество, как можно лучше замедляющее нейтроны, как можно скорее приводящее их к самым маленьким скоростям.

Нужен замедлитель. В это вещество и надо поместить куски природного урана. Ведь он сам замедляет нейтроны

очень медленно, и при таком замедлении большая часть их захватится неделящимся изотопом.

Что еще требуется от замедлителя? Его работа ясна: замедлять нейтроны, уменьшать побыстрее их скорость. Но при этом замедлитель, по возможности, не должен захватывать эти драгоценные частицы.

И сам уран не должен содержать никаких примесей, захватывающих нейтроны. А большинство элементов, к сожалению, очень хорошо поглощает нейтроны — эти частицы любят все ядра, а потеря их в устройстве, где освобождается ядерная энергия, весьма ощутительна.

Каким же должен быть замедлитель?

Нам надо, чтобы замедление происходило как можно скорее и чтобы при этом не терялось ни одного нейтрона.

А замедляются нейтроны небеспредельно. Не может любая частица материи остановиться, потерять совсем свою скорость. Этого никогда не может быть. Движение присуще любой частице материи всегда и вечно.

Что же будет служить пределом для скоростей нейтронов, до какого предела они могут замедляться?

Вспомним необычное зрелище, которое предстало перед глазами ботаника Броуна, когда он заглянул однажды в микроскоп.

Увидел он, как беспорядочно мечутся частицы краски, подталкиваемые молекулами воды. Вот что будет пределом. Скорость нейтронов не может стать меньше скорости теплового движения молекул.

Все движется: и самые маленькие невидимые частицы и колоссальные небесные тела — планеты и звезды. Все они не стоят на месте ни одной секунды.

Так и молекулы среды, в которую попал нейтрон: они непрерывно хаотически движутся, ударяются друг о друга, сворачивают со своего пути, снова сталкиваются и мечутся.

Нейтрон тоже попадает в эту среду и начинает беспорядочно перемещаться с той самой скоростью, которую они в среднем имеют. Не надо думать, что у всех молекул действительно одна и та же скорость. Совсем нет. Но в среднем движутся они одинаково.

Зависит эта скорость от температуры тела. Выше температура — больше скорость молекул. Называется она тепловой.

Потому и нейтрон, замедлившийся до этих небольших скоростей, носит название *теплового нейтрона*.

Но и эта минимальная скорость при нормальных температурах не такая уж маленькая. Тепловой нейтрон проходит в секунду — ни много ни мало — почти километр!

Как же добиться того, чтобы нейтроны лучше замедлялись ядрами замедлителя?

Каким должен быть этот замедлитель?

Нужно, очевидно, подобрать такие ядра, которым нейтрон сможет отдать наибольшее количество энергии. Ясно, что большому ядру много энергии не отдашь. Отскочит от него нейтрон — ядро и не пошевелится. А вот на меньшее ядро это столкновение подействует гораздо ощутительнее — оно получит энергию, помчится быстрее.

Значит, нейтрон отдаст часть энергии, немного замедлится. Это нам и нужно.

Выходит, нужны ядра поменьше, полегче.

Но при этом не надо забывать и об опасности захвата нейтронов.

Мы уже говорили о «пристрастии» атомных ядер к этим нейтральным частицам. Последние очень легко захватываются ядрами. Ведь мощное оборонительное сооружение — заряд ядра — на нейтроны совсем не действует.

Поэтому надо тщательно исследовать эту возможность. И если вещество с легкими ядрами хорошо захватывает нейтроны, его нельзя использовать в качестве замедлителя — так дорог нам каждый нейтрон.

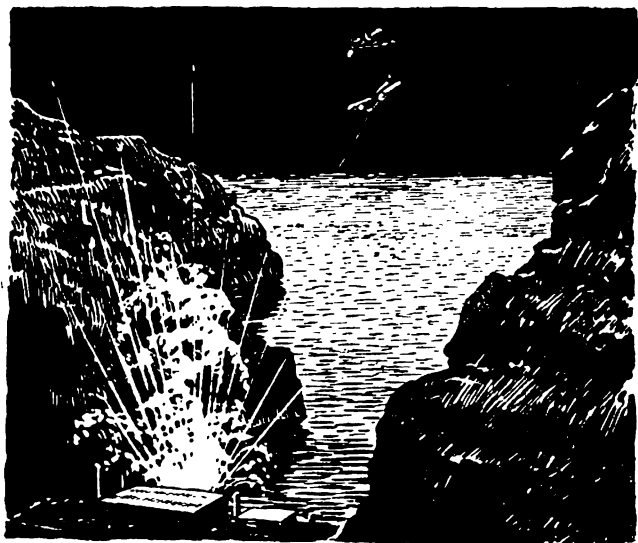
А то может оказаться, что нейтроны замедляются прекрасно, но доходят до ядер урана немногие счастливики, а основная масса захватывается замедлителем.

Самые легкие ядра — ядра водорода. Но водород как раз обладает этим неприятным качеством — захватывает нейтроны. Не очень много, но все-таки потери значительны.

А вот тяжелый изотоп водорода, дейтерий, этим недостатком не обладает. Поэтому часто используют для замедлителей тяжелую воду, в состав которой он входит.

В 1942 и 1943 годах многие читатели газет были очень удивлены сообщениями о действиях английских войск.

Воздушные палеты и высадки обрушились на пустынные берега оккупированной фашистами Норвегии. Эти места были очень далеки от мест основных боев. Что же искали там англичане?



Бомбовый удар по заводам тяжелой воды.

Тайна разъяснилась лишь после войны. Оказалось, что там были расположены заводы тяжелой воды, и англичане уничтожали сырье для возможного производства атомных бомб.

Итак, можно замедлять нейтроны тяжелой водой. Одно плохо — дорогá она, получают тяжелую воду на специальных заводах, тратят на это много денег. Кроме того, вода содержит ненужный кислород.

Пойдемте дальше вдоль периодической системы элементов. Поищем подходящие элементы.

Вот инертный газ гелий. Он был бы очень удобен для замедления. Но газ — вещество весьма разреженное, атомы газа далеко отстоят друг от друга, замедлять нейтроны они будут плохо, а сделать из гелия жидкость, конечно, можно, но придется работать при очень низких температурах. А тогда необходимо создавать особые теплоизоля-

ционные покрытия, все время охлаждать установку. Одним словом, гелий для этих целей непригоден.

Дальше идут литий, бериллий и бор. Но литий и бор как раз самые большие «любители» нейтронов. Они никак не годятся в качестве замедлителей, так как всегда стараются захватить побольше нейтронов. А в ядерных установках каждый нейтрон на самом строгом учете.

Что же касается бериллия, то он вполне подходит, но очистка его от примесей — дело очень затруднительное, дорогое.

Пришлось остановиться на элементе, занимающем шестое место в периодической системе элементов, — на углероде.

Вы все его прекрасно знаете. В чистом виде это графит ваших карандашей.

Его атомный вес 12. Значит, он в двенадцать раз хуже водорода замедляет нейтроны. Но зато в работе плотный минерал графит гораздо удобнее летучего водорода.

Вот этим элементом и воспользовались первые строители ядерных реакторов — атомных котлов. Замедлитель был найден.

НЕОБЫКНОВЕННЫЕ КОТЛЫ

Теперь мы уже можем соорудить устройство для освобождения внутриядерной энергии. Его называют *реактором* или *атомным котлом*.

Странное название — котел. Мы привыкли к тому, что котел — большего или меньшего размера сосуд, в котором под действием тепла вода превращается в пар.

Помните огромные паровые котлы? Жарко горит уголь в топке, кипит вода, перегревается пар. Потом он стремительно идет в турбину, и вот вспыхивают лампочки, ярко загорается свет в домах, по проводам летит электричество на заводы и фабрики.

Почему же сложную громоздкую установку, первое устройство, с помощью которого человек позаимствовал что-то из самой заповедной кладовой природы, назвали котлом?

Совсем не похоже на котел это мрачное здание с бетонными стенами, эти глубокие, врытые в землю чаны.

Название это родилось случайно, но к нему уже привыкли.

Правда, чаще называют котел ядерным реактором. Реактор — устройство, в котором идет реакция. А в атомном котле как раз идет реакция — цепная реакция деления ядер урана.

Теоретические подсчеты были сделаны; ученые выяснили, что в большой массе замедлителя и урана можно получить контролируемую цепную реакцию. Контролируемую — значит, реакция неопасна, можно увеличивать или уменьшать поток нейтронов, увеличивать или уменьшать тепло, которое при этом выделяется.

И вот в большом темном подвале началась сборка реактора. Один за другим клали графитовые блоки и стержни из тщательно очищенного урана.

Но откуда взять начальные нейтроны, которые должны начать реакцию, откуда их получить? Может быть, в центр котла поместить источник?

Нет, не надо этого делать. Обо всем позаботилась сама природа. Мы уже рассказывали об этом.

Из далекого мирового пространства, из неизведанных глубин Вселенной летят к нам космические лучи, частицы гигантской энергии. И они содержат нейтроны.

Но, кроме того, нейтроны рождаются и в самом уране. Как бы тщательно ни изолировать уран от поступающих нейтронов, как бы его ни укрывать, все равно то там, то здесь будут делиться ядра. Их ничто не тревожит, ничто не трогает. Но все-таки ядра распадаются.

Так происходит самопроизвольный, или спонтанный, распад ядер урана.

Это процесс очень редкий.

Но ведь лиха беда начало. Стоит только появиться одному нейтрону, как сразу же после первого деления их будет уже два или три. Эти нейтроны, в свою очередь, включатся в общую разрушительную работу, и так далее. Одним словом, той самой спичкой, которая зажжет весь этот пожар цепной реакции, может служить любой нейтрон, самопроизвольно появившийся в уране или прилетевший со стороны.

Дальше в соответствующей смеси урана и замедлителя должна начаться цепная реакция.

Как же надо было собирать атомный котел? Почему мы говорили об урановых стержнях, расположенных среди графита? Почему они так располагались?

Казалось бы, проще всего поместить кусок урана в

замедлитель и ждать, когда начнется цепная реакция. Зачем же стержни, зачем их надо располагать в замедлителе?

Ответим на все эти вопросы.

По мере уменьшения скорости нейтронов они всё лучше, всё больше захватываются делящимися ядрами урана-235. Ядра урана-238 захватывают все меньшее количество замедляющихся нейтронов. Но вот, когда скорость этих частиц уже совсем мала, вдруг ядра урана-238 словно пробуждаются от спячки. Они лихорадочно набрасываются на нейтроны и жадно поглощают их. А потом, когда к ним попадают нейтроны еще меньших скоростей, они снова ведут себя спокойно, почти не захватывая эти столь нужные в ядерном реакторе нейтральные частицы.

Такое явление называется *резонансным захватом* нейтронов. И его надо избежать. Вот почему урановые блоки располагаются на расстоянии друг от друга. Ведь, проходя замедлитель, нейтроны должны проскочить эту опасную область — область резонансного захвата их ядрами урана-238.

Значит, надо расположить уран в замедлителе через какие-то определенные интервалы, достаточные для того, чтобы нейтроны замедлялись.

Как это сделать?

Проще всего соорудить большой графитовый куб. А в него на известных подсчитанных расстояниях друг от друга поместить урановые блоки — цилиндрические стержни. Так и поступили первые инженеры — конструкторы ядерных котлов.

Имеется много других типов атомных котлов, но этот — самый простой, самый легкий в изготовлении и пока что чаще всего встречающийся.

Для того чтобы к котлу можно было подходить, чтобы задержать опасное излучение, которое из него распространяется, его окружают мощными стенками из бетона.

Эти стенки задерживают вредные излучения, которыми так и пышет котел. Но вредные-то они вредные. Однако и нейтроны также гибнут в бетонных стенках. Гибнут нейтроны! А еще недавно мы говорили, как дороги эти частицы, как мы стараемся очистить уран от примесей, чтобы ни одна драгоценная частица даром не пропала, а тут на ветер летят тысячи таких частиц.

Надо повернуть их заставить еще раз пройти через урановые блоки, использовать нейтронный псток полностью.

Вот для этого окружают котел специальным отражателем. Задача его — отражать, заворачивать назад нейтроны, которые пытаются выйти наружу, не разделив очередного ядра. Конечно, часть их все-таки ускользает, но изрядное количество беглецов задерживается отражателем и возвращается в активную зону атомного котла.

При встрече с ядрами отражателя нейтроны меняют скорость. Но часто они при этом поворачивают обратно. Это от них в данном случае и требуется.

Так просто устроен котел. Но эта простота кажущаяся. За ней кроются сотни и тысячи опытов, сложнейших расчетов и выкладок.

Вот, кстати, мы сейчас и займемся выкладками — поупражняемся немного в арифметике.

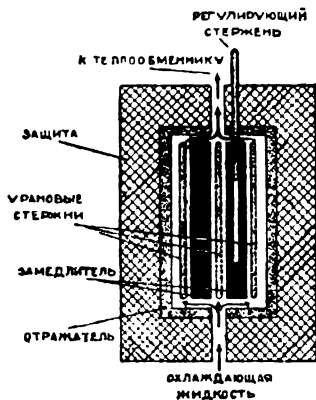
Идет в котле цепная реакция. Вместо каждого нейтрона, разделившего ядро урана, появляются новые. Часть нейтронов захватывается различными примесями и ураном-238.

Если идет цепная реакция, число нейтронов, рожденных в ней, больше, чем число потерянных.

Отношение числа нейтронов, появившихся заново, к числу нейтронов, поглощенных в котле, носит название *коэффициента размножения*.

Этот коэффициент показывает, сколько нейтронов родилось в урановом блоке на смену одному захваченному. При цепной реакции этот коэффициент должен быть больше единицы, иначе реакция заглохнет.

У нас имеется урановый котел с коэффициентом размножения немногим больше единицы. В котле появились ней-



Простейшая схема ядерного реактора.

троны. Они родились в толще самого урана или залетели откуда-то со стороны — это все равно. Нейтроны вызвали деление нескольких ядер, часть их была захвачена примесями и ураном-238. Но так как коэффициент размножения больше единицы, число нейтронов, а следовательно, и число делений будет все время увеличиваться.

Если бы наш котел был безграничен, то дело могло бы кончиться очень плохо. Температура поднималась бы до тех пор, пока реактор не расплавился, замедлитель и урановые блоки превратились бы в единую массу и цепная реакция заглохла.

Но котел имеет ограниченные размеры. И часть нейтронов будет покидать котел, уходя через его поверхность. Чем больше их появится, тем больше и уйдет наружу. Поэтому может наступить своеобразное равновесие: сколько избыточных нейтронов родится в котле, столько же их и уйдет в пространство. И хотя коэффициент размножения будет больше единицы, количество нейтронов в котле, а следовательно, и количество делений тоже будет вполне определенной величиной.

Количество нейтронов и количество освобожденной в таком котле энергии будут зависеть от коэффициента размножения и от размеров котла.

А мощность котла — количество энергии, которая выделяется в нем за секунду, — как раз и будет определяться числом делений ядер урана-235.

Реакция в таком котле называется *контролируемой*.

Мы можем сделать мощность большей или меньшей. Она зависит от числа делений, а значит, от количества урана и замедлителя. Большую роль играет и расположение этих основных частей установки.

Но все это не так просто. Не зря так тщательно работали первые конструкторы атомных котлов. Не из трусости сидели они в подвалах, окруженные приборами.

Дело заключается в том, что при увеличении объема котла происходят два явления. С одной стороны, увеличивается поверхность, значит, и число нейтронов, покидающих котел. Это плохо. Но, с другой стороны, увеличивается и число ядер урана, то есть число делений. Это хорошо. При этом мощность будет расти.

Какой же из этих процессов важнее? Ведь в результате одного число делений увеличивается, а в результате другого уменьшается.

Оказывается, рост значительно больше убыли. Важнее увеличение объема.

Поэтому для каждого котла и существует свой предельный объем. Называют его *критическим*. Переступить границу этого объема опасно — реакция станет настолько мощной, что котел выйдет из строя. А уменьшить размеры котла также нельзя — заглохнет цепная реакция.

Итак, в атомном котле с коэффициентом размножения немногим больше единицы, при соответствующем объеме происходит контролируемая цепная реакция. Она-то и нужна для того, чтобы суметь использовать внутриядерную энергию.

В котле в каждый момент времени в среднем количество делящихся ядер постоянно. Излишек нейтронов уходит через поверхность котла в пространство. Ясно, что, применяя отражатель, можно заставить часть нейтронов вернуться и тем самым поднять мощность атомного реактора.

Вот какие необыкновенные котлы сумели построить наши инженеры и ученые!

ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ

Мы узнали теперь, как надо действовать, чтобы соорудить установку по использованию внутриядерной энергии.

Рисунок на странице 65 изображает схему бронированной крепости — современного атомного котла. Этому сооружению, вероятно, позавидовали бы средневековые рыцари.

Мощные стены, какие-то отверстия, похожие на бойницы, — все это действительно напоминает крепость.

Это и есть крепость. Только за бетонными стенами сохраняется энергия, огромное количество энергии, а потока различных радиоактивных излучений хватило бы на целую армию рыцарей. Ведь излучение котла такое же мощное, как и у многих тонн радия.

И действует на человека это излучение очень сильно. Жертвы атомных взрывов Хиросимы и Нагасаки — двух японских городов, на которых «попробовали» новое оружие американские империалисты, — хорошо узнали это.

А пока что посмотрим рисунок. Это, во всяком случае, совершенно безопасно.

Вот видны какие-то стержни. Они уходят в глубь котла. Но их длина различна. Одни стержни длиннее, другие короче. А если бы вы посмотрели котел в действии, то увидели бы совсем непонятную картину: стержни иногда поднимаются из глубины котла. А иногда, наоборот, один из них немного опускается внутрь.

Эти стержни называются *регулирующими*. Они соединены с приборами, роль которых — роль часового у атомного котла.

Обычные часовые могут что-нибудь забыть, напутать, а чуткие приборы напряженно следят за всем, что делается в котле, и сжесекундно готовы вмешаться и навести порядок. Их интересует только одно — нет ли лишних нейтронов или, наоборот, не уменьшилось ли их количество.

Сами стержни умеют одно — бешено поглощать нейтроны. Они состоят из соединений двух элементов, которые больше всех других «любят» нейтроны, — кадмия или бора.

Как только соответствующий прибор подаст команду, сразу же послушный ему стержень меняет свое положение. И число нейтронов приходит в норму. Так охраняется реактор.

Если число нейтронов начнет возрастать очень резко, а это как раз и грозит взрывом, стержни, называемые *аварийными*, просто целиком падают в котел. Вот тогда столь же быстро останавливается вся реакция.

Перед сборкой атомного реактора предварительно самым тщательным образом подсчитывают его критический объем.

Это очень важно, но трудно предусмотреть все.

Как бы точны ни были расчеты, полагаться на них полностью при пуске этого сложного и дорогого сооружения, конечно, нельзя.

Тут-то и выручают ученых регулирующие стержни.

Котел начинают собирать так, чтобы его объем был немного больше критического.

«Но как это сделать? — сейчас же спросите вы. — Ведь котел может выйти из строя!»

Нет, не выйдет. И предотвратят это как раз регулирующие стержни. Они погружаются в котел на такую глубину, чтобы заведомо не дать развиваться цепной реакции.

А потом, когда котел уже собран, стержни немного поднимают.

При разных положениях стержней наступает довольно быстро то самое равновесие, о котором мы уже говорили. При каждом положении этих поглощающих материалов будет точно определенное и постоянное число нейтронов в котле и число делений ядер урана.

Поэтому так можно получить и нужный уровень реакции, или, выражаясь менее учено, нужную мощность ядерного реактора.

По мере выгорания делящегося продукта и по мере появления на его месте захватывающих нейтроны примесей реакция начинает затухать. Тут-то и помогают регулирующие стержни. Их немного поднимают — поглощение нейтронов уменьшается, и количество делений ядер урана увеличивается до нужной величины.

Вот в котле началась реакция. Он быстро нагревается. Ведь энергия все время выделяется, а расходуется только на нагревание окружающего воздуха. Поэтому атомный котел необходимо охлаждать — иначе стержни могут расплавиться, и котел прекратит свою работу.

Первые американские котлы служили только для получения плутония — сырья атомных бомб; поэтому котлы попросту охлаждали потоком жидкости или газа. Большой Хенфордский котел согревал протскавшую неподалеку речку.

Но это же тепло можно использовать по-другому.

Атомный котел — источник энергии. С ее помощью можно получить пар, который затем будет вращать турбины, создавать в генераторе электрический ток.

Ядерный реактор заменит угольную топку, заменит мощную струю водопада.

Новой составной частью электростанции будет эта своеобразная топка — атомный котел. Все остальные части останутся такими же, как и в обычных теплоэлектростанциях.

Этот способ использования внутриядерной энергии не самый лучший. Фактически мы просто заменяем угольный котел котлом атомным. Много энергии и при этом тратится впустую, уходит в воздух. Но все-таки этот первый вид электростанций на атомном горючем представляет собой огромный шаг вперед в развитии энергетики. Поэтому в ближайшие годы в нашей стране будет построено несколько крупных атомных электростанций общей мощностью 2—2,5 миллиона киловатт.

Вот мы и добрались, собственно говоря, до самой сути дела.

В атомном реакторе при делении урана выделяется энергия. Попросту котел сильно нагревается. Это тепло от него отводят, нагревают воду, получают пар и вращают этим паром самые обычные турбины. Передатчиком-переносчиком тепла от котла может служить самая обыкновенная вода.

И по проводам новой электростанции весело бежит ток, созданный трудами мельчайших частиц, дружно атакующих ядра урана.

Много трудностей стояло на пути строителей первой электростанции — ведь они первые столкнулись с совершенно новыми для техники проблемами. И наши советские инженеры с честью вышли из этого испытания. Много из того, что ими создано, вошло в «золотой фонд» всей атомной техники.

Это только просто сказать — возьмем уран, очистим, изготовим из него стержни, потом соорудим графитовый куб и поместим стержни внутрь этого куба. Закроем все это бетоном, укроем людей. И вот заработал атомный реактор.

Сказать легко. А сделать? Сделать все это было очень трудно.

Уран один из распространенных элементов. Примеси его имеются в очень многих рудах. Есть-то он есть, но в каких количествах? В самых богатых урановых рудах находятся лишь ничтожные примеси этого элемента. Прежде чем получить чистый уран, надо переработать горы руды.

Но чистый уран все еще недостаточно чист. Мы можем считать чистым этот тяжелый металл, покрытый переливающимися пятнами окислов. Но для того чтобы поместить его в реактор, обычной чистоты недостаточно — нужна особая, невероятная чистота.

Нейтроны атомного реактора находятся на самом строгом учете. Но вот в урановом блоке появились посторонние атомы. Их очень мало, они незаметны, даже самый тонкий анализ с трудом определит их наличие.

Но эти примеси «любят» нейтроны, как «любят» их почти все вещества.

И, попав в ядро примеси, нейтрон уже пропадает: он не разделил ядра урана и не создал ядра плутония. Он погиб без всякой пользы.

Но тогда каждую секунду будут таким же образом пропадать и другие нейтроны. Коэффициент размножения станет меньше, меньшей будет и энергия, выделяемая котлом. Вот что такое примеси, вот почему надо так тщательно чистить урановые блоки!

Но мало просто очистить уран. Приходится совершать еще одну операцию, которая называется *обогащением*. И она действительно соответствует своему названию.

Чем же обогащают уран?

Уран обогащают... ураном! Ведь природный элемент содержит очень мало драгоценных, делящихся атомов изотопа урана-235. Их только $\frac{1}{140}$ часть от всех атомов. А все остальное занимает изотоп уран-238. И вот в стержне, весящем несколько килограммов, только несколько десятков грамм участвует активно в процессе выделения энергии.

Кроме того, в некоторых типах котлов обыкновенный, необогащенный уран вообще не даст цепной реакции.

«Ну что же, — бодро скажете вы, — раз нужно обогатить уран, значит, надо взять обычный природный, хорошо очищенный металл и разделить изотопы, а потом взять их в той пропорции, которая нам нужна».

Именно так и делают, только не полностью разделяют изотопы, а просто увеличивают в обычном уране содержание нужного изотопа. Иное дело, когда речь идет о веществах, химически различных. Тогда пользуются тем, что они по-разному растворяются в щелочах и кислотах, по-разному реагируют с различными веществами.

Существует множество способов разделения различных веществ химическими методами, способов отделения одних элементов от других.

Но у нас дело обстоит гораздо хуже. Изотопы химически ничем друг от друга не отличаются. Правда, именно эта особенность изотопов используется в так называемом методе «меченых» атомов. Радиоактивные изотопы помогают контролировать различные процессы. Ведут они себя как самые обыкновенные атомы, но их легко обнаружить по излучению.

То, что хорошо в методе «меченых» атомов, плохо при разделении изотопов. Чтобы разделить их, надо найти реакции, где они вели бы себя различно.

Химически изотопы ничем не отличаются, но атомный вес их заведомо различен. А значит, могут быть небольшие различия и в некоторых физических свойствах: плот-

ности, теплопроводности, точках кипения, плавления и так далее.

Эта разница тем ощутительнее, чем сильнее различаются между собой атомные веса изотопов.

Так, например, тяжелый и легкий водород, отличающиеся по атомному весу вдвое, имеют весьма заметное различие в свойствах.

Но изотопы урана весят: один 235 единиц, а другой — 238. Разница невелика. Поэтому и физические константы этих двух изотопов весьма близки.

Но все-таки они неодинаковы. И разделять изотопы урана можно. Трудно, но можно.

Существует несколько методов разделения этих сходных атомов.

Первый — метод термодиффузии. Расшифруем сначала название, а то оно на вид очень ученое. Молекулы всех тел — частицы подвижные. А у газа они двигаются, так сказать, совсем «без привязи». И поэтому два различных газа тотчас же перемешаются, как только их поместят в один сосуд. Свойство молекул перемешиваться, проникать в промежутки между другими молекулами и называется *диффузией*.

А приставка «термо» означает тепло.

Смесь различных молекул газа будет однородной, то есть состав ее будет одинаков, только в том случае, когда температура смеси одинакова. При разных температурах состав этой смеси меняется.

Возьмем сосуд и охладим один конец, а другой, наоборот, нагреем. Тогда у холодного конца будут преимущественно собираться более тяжелые молекулы, а у горячего — легкие. Молекулы подогреваемого конца сосуда получают одинаковую энергию. Но те, у которых масса больше, обладают меньшими скоростями, поэтому они и соберутся у холодного конца, а легкие уйдут к горячему.

Таких термодиффузионных камер делается много. Урановый газ проходит их по очереди и постепенно обогащается разделяемым изотопом.

Аналогично происходит и газовая диффузия. Там по тем же причинам газ разделяется при прохождении пористой перегородки.

Оба эти способа широко применялись и применяются для разделения изотопов, для обогащения уранового топлива.

Но тот и другой требуют газа. Чтобы разделять изотопы такими методами, нужен газ, содержащий уран.

Такое вещество нашлось. Это шестифтористый уран — соль плавиковой кислоты, которая образована всеразьедающим фтором.

И шестифтористый уран унаследовал черты своего свирепого предка. Он требует специальных материалов — ведь обычные вещества от его присутствия крошатся, ломаются, становятся хрупкими. Поэтому все установки по разделению изотопов, в которых пользуются услугами этого буйного газа, изготавливаются особенно тщательно. Это была очень трудная и сложная задача для инженеров, поэтому так долго трудились они, создавая эти сложнейшие конструкции.

А сколько еще сложнейших технических проблем возникало в самых неожиданных местах! Сколько, например, билось с материалами, покрывающими урановые стержни!

Это тоже эпопея, стоящая отдельной книги.

Вот появились новые энергетические сооружения — ядерные реакторы. И надо было заново изучать поведение всех самых обыкновенных, самых известных материалов. Ведь в котле они попадали в невероятно сложную обстановку. Со всех сторон там бушуют излучения, со всех сторон несутся гамма-лучи, нейтроны, альфа-частицы, бета-частицы. Вся эта лавина устремляется на различные части корпуса, на соединительные трубы, и все это подвергается разрушающему воздействию излучений.

И многое оказалось неожиданным, даже странным.

Попав в реактор, вещества меняли свою структуру, становились хрупкими; происходило их химическое разложение.

Новыми были и условия работы с установками, создающими такие мощные излучения. Еще первые исследователи радиоактивности Беккерель, Кюри и другие, работая с небольшими количествами этих опасных веществ, пострадали от слишком близкого общения с ними.

Но ведь у них-то были крупницы радиоактивных элементов!

А как же теперь, когда речь идет об установках, равных по излучению десяткам тонн радия?

В ядерном реакторе постоянно ведутся различные работы: загружается топливо, вынимаются отработанные блоки, перемещаются регулирующие стержни. Все это делает-

ся на расстоянии. Ни один человек не приближается к работающему котлу, все делает автоматика. Мы еще расскажем, как, например, происходит смена горючего на нашей атомной электростанции.

Однако иногда ученым, а теперь не только ученым, но и многим производственникам, приходится иметь дело с очень сильными излучателями. В котлах готовят для нужд медицины, народного хозяйства и науки большое количество искусственных радиоактивных препаратов. Помещают в котел обычные стабильные изотопы какого-нибудь элемента, а получают после облучения нейтронами радиоактивные. Процесс очень простой. Но как дальше быть с полученным излучателем?

Как вообще поступают с такими сильными препаратами?

Ведь их надо очистить, переработать, запаковать.

И здесь снова выручает техника. Совсем новая, родившаяся вместе с новой промышленностью.

Эта техника сказочная. Во всяком случае, когда видишь эти новые устройства, на ум немедленно приходят научно-фантастические романы.

Заглянем на минуту в радиохимическую лабораторию, где производятся работы, опасные для жизни человека, где получают радиоактивные источники огромной мощности, к которым и близко нельзя подходить.

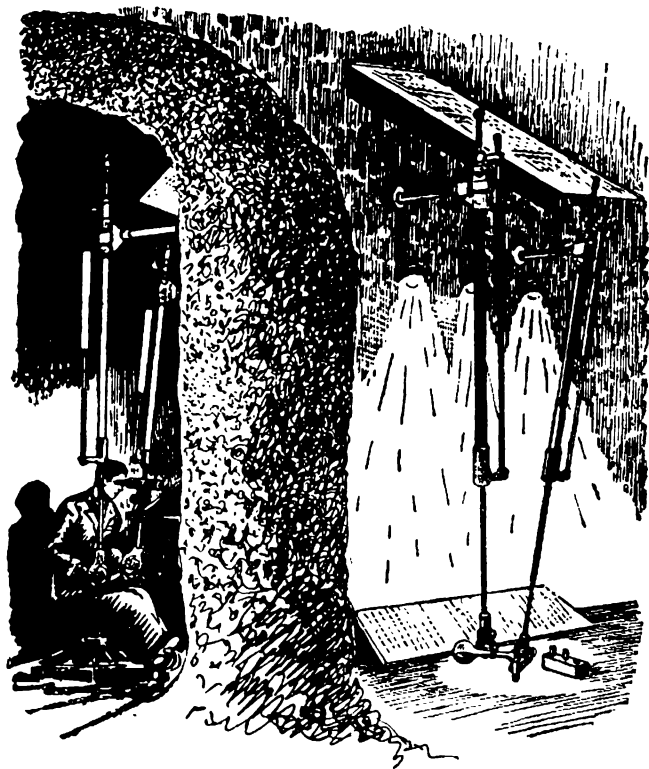
Что же мы увидим?

Из одной пробирки в другую спокойно переливает радиоактивный раствор... рука... Она наливает пробирку до верхнего края, тщательно закрывает ее притертой пробкой и ставит в специальный держатель.

Но это не обычная рука человека — она механическая. И рукой ее можно назвать только условно. Это два больших металлических хватающих стержня, соединенных шарнирами. Они работают очень четко, сосредоточенно и удивительно правильно. Работают не ошибаясь.

За толстым стеклом, надежно отделенный от излучателя биологической защитой, сидит человек. Он-то и командует механическими руками; его движения они послушно повторяют. Так работают *манипуляторы*.

Их множество самых разнообразных конструкций. Там и четырехпалые, напоминающие руки, и сложные механизмы, отличные по внешнему виду от человеческих конечностей.



Манипулятор за работой.

Но все они надежно работают, заменяя человеческие руки.

Можно еще очень много интересного рассказать о замечательной атомной технике, о сотнях хитроумнейших приборов и механизмов.

Но мы лучше посмотрим, как устроена, как работает первая в мире атомная электростанция. Там мы увидим многие из интересующих нас механизмов в действии.

ПЕРВАЯ В МИРЕ

Вот теперь мы и совершим небольшую экскурсию на нашу советскую электростанцию на ядерном горючем.

Это первая в мире станция, где «горят» ядра урана, где ядерная энергия используется на благо человечества.

Скоро в нашей стране будет много таких станций. И наша молодежь будет активным строителем этих станций.

На XX съезде нашей партии секретарь ЦК ВЛКСМ тов. А. Н. Шелепин от имени всех комсомольцев СССР взял шефство над строительством этих станций. Их будет строить наша героическая молодежь. И кто знает, может быть, ты, юный читатель, познакомишься с атомными станциями не только на бумаге, а будешь непосредственно участвовать в их строительстве.

Более двух лет работает славная станция — первенец атомной энергетики. Израсходовано за это время всего лишь несколько килограммов урана. Не было ни одной аварии — вся аппаратура, созданная советскими инженерами, оказалась надежной и полностью себя оправдала.

На опыте работы этой первой электростанции учатся наши и зарубежные инженеры и техники.

Наши специалисты охотно делятся своим опытом. Сотни работников атомной промышленности различных стран присаживают в СССР, советские ученые выезжают за границу и помогают там в конструировании и пуске ядерных реакторов.

И вот мы подъезжаем к станции, которой уготована немеркнущая слава, к первой в мире.

Одно и то же чувство возникает у всех посетителей этого небольшого здания.

Сотни людей описали свои впечатления, свой восторг и свои мысли по поводу посещения советской атомной электростанции.

И все они говорят об одном и том же — всех поразила тишина.

Гидроэлектростанции встречают приезжающих ревом воды, низвергающейся с высоких плотин.

Гудят поезда, непрерывно подвозящие уголь для теплоэлектростанций. Его грузят в автомашины, везут к топкам. Грохочут огромные барабаны — шаровые мельницы, дробящие уголь.

А здесь тихо, совсем, совсем тихо.

И воздух чистый, прозрачный — нет ни угольной пыли, ни черного дыма, которые так отравляют окрестности теплостанций.

И подъездных путей не нужно. Горючего так немного, что его можно подвести на автомашине. И делается это отнюдь не каждый день.

А внутри здания очень мало людей. Почти все здесь делается автоматически.

Для автоматических устройств придумано обидное, с точки зрения людей, название — «защита от дурака».

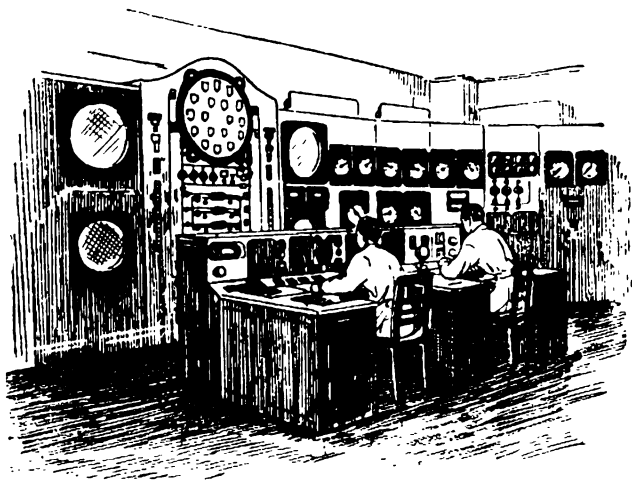
Такие автоматы ставятся в местах, где малейшая оплошность может привести к тяжелым последствиям.

Человек может зазеваться, забыть что-нибудь, не заметить, а машина свободна от этих недостатков.

Целый ряд безукоризненно работающих автоматических устройств стоит и на атомной электростанции.

Сигналы от всех приборов, которые следят за работой атомной электростанции, попадают на единый щит — центральный пульт управления.

Особая сигнализация говорит о ядерных процессах в



Центральный пульт управления.

котле. Имеется группа приборов, измеряющих давление и температуру пара.

Очень важно, чтобы вода, являющаяся теплопередатчиком, на нашей станции имела одинаковую температуру. Многочисленные приборы показывают, в каких стержнях урана температура воды выше нормальной для котла.

С помощью особой автоматической системы мощность атомного реактора поддерживается постоянной.

Красные лампочки на пульте управления говорят о значительных неполадках, в результате которых реактор вышел из строя (особые сигналы покажут и причину, которая вызвала остановку котла).

За все время работы станции красные лампочки ни разу не зажигались.

На мощном бетонном основании покоится стальной цилиндрический кожух. В нем — графит. В графите сделаны вертикальные отверстия.

Это — сердце электростанции на ядерном горючем, атомный котел.

550 килограммов урана загружено в котел. Это не обычный природный уран. Для реактора атомной станции природный уран обогатили: увеличили в нем содержание делящегося изотопа — урана-235.

5 процентов этого изотопа содержит уран атомного реактора.

В реакторе имеется сто двадцать восемь стержней длиной по 7 метров, наполненных ураном только на 170 сантиметров своей длины. Уран засыпается между двойными стенками стержней. А через внутреннее отверстие стержня сверху вниз протекает отводящая тепло вода.

Вокруг реактора имеется защитный слой воды в метр толщины и бетонная стена толщиной 3 метра.

Реактор окружен графитовым отражателем, который возвращает в котел часть уходящих из него нейтронов.

В верхней части графитовый отражатель гораздо толще — он закрыт стальной крышкой и толстой чугунной плитой.

Все это сделано для того, чтобы обезопасить персонал, работающий на станции, от вредного излучения.

А вот наши старые знакомые — регулирующие стержни.

Восемнадцать стержней — восемнадцать часовых стоят у атомного котла, регулируют его работу. Материалом для

них служат кадмий и карбид бора. Бор и кадмий — элементы, особенно жадно поглощающие нейтроны.

По мере выгорания топлива они постепенно автоматически выводятся из котла. А два стержня — аварийные. Они погружаются в котел только при угрозе аварии.

Урановые стержни надо обновлять. Ведь уран-235 понемногу «выгорает», его количество уменьшается. Поэтому каждые 2,5—3 месяца с помощью специальных подъемных кранов очередной стержень вынимается из котла, а на его место вставляется новый.

Сменные стержни находятся тут же, в зале. Они повешены у стены.

Вся эта операция производится, конечно, автоматически. Это только свежий стержень урана совершенно безопасен. Не рекомендуется, правда, его лизать — уран довольно сильный яд. А находиться рядом с ним можно сколько угодно.

Иное дело отработанный стержень: с ним уже шутки плохи — радиоактивность его очень велика.

Поэтому вынимают урановые стержни из реактора специальные подъемные краны. Делают они всё сами. Люди только следят за их работой и управляют этими кранами.

Отработанный стержень направляется в специальные лаборатории, где его очищают от образовавшегося плутония и осколков деления.

Эти вещества очень нужны нашей промышленности, научным лабораториям, сельскому хозяйству.

И вот, наконец, познакомимся с тем, как передается тепло от реактора к паровой турбине.

В паровых котлах вода, одна и та же вода, циркулирует от котла к турбине, а потом обратно в котел. По пути она превращается в пар и вращает турбину.

Эта часть остается без перемен и в атомной электростанции.

Но появляется еще одна система, еще один замкнутый путь, по которому также циркулирует вода.

В первой системе — обыкновенная вода, только очищенная от примесей. Ее можно налить в чайник и пить чай.

Путь этой воды самый обычный: она нагревается, преобразуется в пар, подогревается еще, идет в турбины и, сделав там свое дело, конденсируется и возвращается обратно в паровой котел.

Называется эта вода *водой второго контура*. Контур означает замкнутую систему. А второй он по счету. Ведь первый контур — это контур, в котором движется носитель тепла — вода, которая забирает энергию атомного реактора и передает ее паровому котлу.

Эта вода циркулирует в особых стальных трубках. Она проходит сверху вниз, омывая урановые стержни, забирает от них тепло, а затем попадает в парогенератор. Там она создает из воды второго контура пар.

Особые насосы гонят воду первого контура. Она очень вредная, не только если ее выпить. Нет! К ней даже и подходить нельзя. Она «заражена» радиоактивностью, поэтому нигде не должна соприкасаться ни с людьми, ни с водой и паром второго контура. Такой сделали ее нейтроны реактора.

Эти два контура, которые так тесно соприкасаются между собой, самым тщательным образом отделены друг от друга. Иначе нельзя: ведь второй контур обслуживают люди, вода проходит по турбинам, и угроза заражения людей и повреждения машин заставляет так тщательно обеспечивать их безопасность.

Вода первого контура должна переносить как можно больше тепла, тогда установка будет экономичнее — выгоднее. Для этого нужно, чтобы температура нагревателя была как можно выше. Но обычная вода при нормальных условиях кипит при 100 градусах. И выше этого уже не прыгнешь. Кроме того, кипящая вода в котле может вызвать массу неприятностей. А здесь нужны гораздо более высокие температуры. Как же быть?

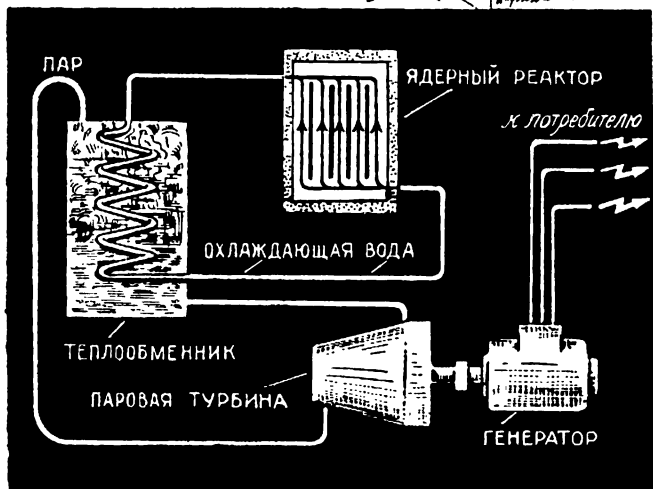
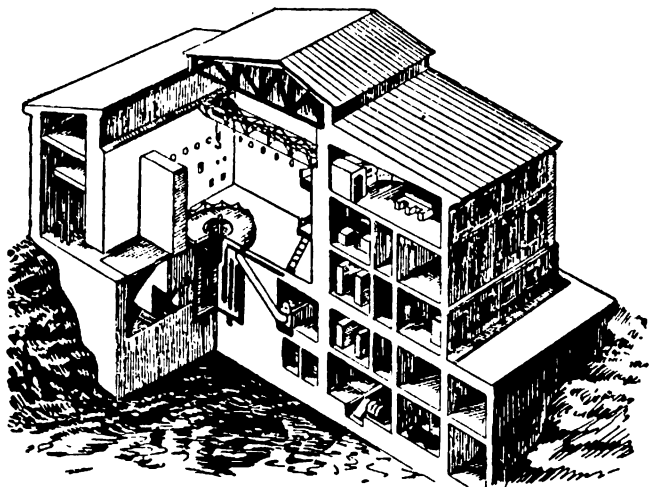
Вспомним рассказ альпиниста, который на большой высоте тщетно пытался сварить яйца «вкрутую». Ничего из этого не выходило. Дело в том, что при пониженных давлениях вода кипит при низких температурах — гораздо ниже 100 градусов.

А при повышении давления температура кипения воды повышается.

Вот почему воду первого контура сумели нагреть до 270 градусов.

Находится она под давлением 100 атмосфер. Это колоссальное давление. На каждый квадратный сантиметр нашего тела при таком давлении давило бы 100 килограммов.

Зато закипит такая вода уже только при 309 градусах.



Макет и схема атомной электростанции.

Эта-то вода попадает в четыре парогенератора. В них «приготавливается» пар, который затем поступает в турбины.

Тут уже начинается второй контур, где циркулирует вполне безвредная вода. В парогенераторе она превращается в пар. Поскольку давление там всего лишь 12,5 атмосферы, то из воды образуется пар с температурой примерно 260 градусов.

Что такое парогенератор?

Внутри широких труб, наполненных водой второго контура, по узким трубкам циркулирует вода первого контура. Там она отдает тепло, полученное из атомного реактора, воде второго контура.

Эта вода сначала нагревается, потом испаряется, и полученный пар еще подогревается.

Пар, нагретый выше температуры кипения воды — он называется *перегретым*, — идет в турбины и вращает генератор.

Мы говорили, что вода второго контура — самая обычная. Такая же и вода первого контура. Но одну операцию предварительно проделывают с той и другой, перед тем как пустить их в ход.

Воду тщательно очищают от всех примесей.

В первом контуре вода циркулирует в реакторе. Поэтому очень важно, чтобы она не содержала примесей, захватывающих нейтроны.

А вода второго контура многократно проходит в паровом котле — парогенераторе. Очень важно, чтобы стенки его не покрывались никакими веществами.

Многие из вас, наверно, читали о страшных историях, связанных со взрывами паровых котлов. Работает, работает котел и вдруг взлетает на воздух. А происходило это чаще всего из-за плохой воды. Вода содержит различные примеси — в ней растворены различные соли. Без них вода очень невкусная. Попробуйте когда-нибудь очищенную, дистиллированную воду. Ее пить противно, да и вредно.

Эти соли выделяются из воды и попадают на стенки. И стенки начинают плохо проводить тепло. Нарушается теплоотдача, происходит перегрев, и котел выходит из строя. Вот почему необходимо так тщательно очищать воду второго контура.

Радиоактивность воды первого контура постепенно растет. Ведь она каждый раз проходит через атомный ре-

актор, где подвергается воздействию нейтронов. Поэтому ее надо разбавлять новой, свежей водой.

Но слитую воду нельзя просто так вылить в помойку: это радиоактивное вещество — смертельный яд. Поэтому слитую воду самым тщательным образом изолируют, помещают в особые сосуды и хранят таким образом, чтобы она не могла нанести вред своим излучением.

Итак, радиоактивные остатки, отходы производства, нельзя просто так выбросить на улицу, на свалку.

Эти вещества собирают весьма тщательно, запаивают в специальные камеры и зарывают глубоко в землю или спускают в море.

Но очень часто радиоактивные вещества, образующиеся в котлах, являются ценнейшим продуктом для различных производств и лабораторий. В этом случае в специальной упаковке радиоактивные продукты передают для дальнейшего использования.

Но вот опасные зоны кончились. Мы приближаемся к электрической части — к генераторам электростанции.

И тут все знакомо, все понятно, все ясно. Нет ничего удивительного, нового, странного.

Мы опять попали в машинную часть знакомой нам теплоэлектростанции.

Но удивляться тому, что мы встретили здесь старых друзей, нечего. Этого и следовало ожидать. Ведь что такое атомная станция? Та же тепловая. Только котел топят не углем, не мазутом, не соломой, не торфом и не дровами, а... атомами урана.

А остальное все то же. Нет ничего таинственного, странного.

Правда, это таинственное заключено в паре, который подается в турбину. Но по виду он тоже ничем не отличается от своих братьев на теплоэлектростанциях. Ведь и весь путь воды второго контура самый обыкновенный, мы его уже описывали. Вот котел, в который поступает вода, предварительно подогретая в водоподогревателе. Создаваемый там пар идет в турбину. Вот он ворвался в турбину — вал начал вращаться, передавая движение генератору. А потом пар конденсируется и опять попадает на старое место, с которого он начал свое странствие.

А на место воды, которая частично испаряется, поступает новая, ее под большим давлением поставляет в котел специальный подпиточный насос.

Обычно экскурсиям, которые так часто посещают атомную станцию, не показывают подробно ее тепловую и электрическую части — это не очень интересно. Но зато много говорят о всевозможных приборах контроля.

«Что это за контроль? — спросите вы. — Что там такое еще контролируют?»

Об аппаратах, которые следят непосредственно за работой самого атомного реактора, мы уже рассказали. Сказали о том, что за всем следят бдительные приборы, что они сигнализируют на пульт управления о самой малейшей заминке, неправильности в работе всей этой сложной системы, что немедленно следует команда об исправлении этих неполадок, причем все это делают сложнейшие, умнейшие приборы.

Какой же еще контроль?

В нашей стране, как нигде, особое внимание обращено на охрану здоровья человека. Вот что надо контролировать. Излучения очень коварны. Их не видно, не слышно, органы обоняния также бессильны — они не могут предупредить человека о замаскированной опасности, о падении невидимого врага.

Самый строгий контроль установлен за всеми помещениями, где бывают люди, и за самими людьми.

Урановые стержни, вода, циркулирующая внутри котла, трубы, подвергающиеся ежесекундному обстрелу нейтронами, — все это радиоактивно, все это излучает, все это может стать опасным. При делении урана выделяются радиоактивные осколки; они очень сильные излучатели. И среди них есть газы. Они могут попасть в воздух, разнестись по всем рабочим помещениям.

Все это надо иметь в виду, за всем этим надо пристально следить.

Вот маленькая комната с большим, широким окном. В комнате все так мирно, спокойно, ничто не напоминает о таинственных излучателях, о коварных нейтронах, которые подстерегают людей там, внизу. Но обо всем этом здесь известно.

В комнате на больших щитах находятся приборы. Они то и дают знать обо всем, что происходит внизу, у реактора, во всех рабочих помещениях. Там расположены бдительные приборы, а сюда приходят сигналы от всех этих безмолвных аккуратных защитников здоровья людей. В случае, когда радиоактивность какого-нибудь участка

становится большей, чем это дозволено врачами, сразу же загорается красная лампочка. Она загорается на месте происшествия, предупреждая всех находящихся там работников, что надо быстро уходить, что промедление опасно. А одновременно следует сигнал и на центральный пост охраны здоровья, называемый *дозиметрическим*.

И по этому сигналу сразу же принимаются самые срочные меры.

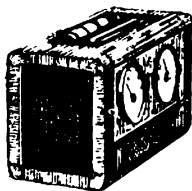
Воздух, в который случайно попали какие-то мельчайшие примеси радиоактивных веществ, моментально обновляется, его эвакуируют, смешивают с самым обычным, уличным воздухом, чтобы он стал вполне безопасным. Это делается моментально. Включаются мощные вентиляторы — и вот уже вредные частицы попали в поток воздуха, закружились, помчались наружу и разошлись высоко-высоко в небе.

Бдительно следят автоматы за воздухом, за всеми рабочими помещениями. Везде стоят приборы, измеряющие уровень радиоактивности.

Если этот уровень станет выше нормы, тотчас же соответствующий сигнал с дозиметрического щита сообщает, что не все в порядке, заставит исправить положение.

Под контролем находится и каждый человек, каждый, кто хоть на секунду подходит к реактору, кто работает с излучателями.

Каждый работник снабжен маленькой коробочкой, в которой скрыта фотопленка. А мы помним, что эта пленка обладает интересной особенностью. Под действием излучения она изменяется. Но это изменение можно заметить только в том случае, если пленку проявить. Вот тогда все тайное станет явным. Сразу же, по тому, как она почернеет, выяснится, какую



Аппараты службы здоровья.

дозу облучения получил работник. Раз в четыре дня пленку меняют.

Таким образом, контроль за здоровьем работников электростанции весьма солидный.

Кроме того, все работники снабжены маленькими портативными приборами. Эти приборы заменяют человеку органы чувств, которые не умеют следить за излучениями. А прибор сразу же показывает, какое излучение в данную минуту поражает человека, не опасное ли оно.

Но и пленки очень нужны. Важно знать не только дозу облучения в данный момент времени. Все эти излучения в организме человека суммируются, накапливаются. Поэтому очень важно посмотреть, сколько же их скопилось за все время работы.

Это самое опасное свойство радиоактивных веществ — коварно подкрадываются они к человеку, жалят его исподтишка, отравляют час за часом. Поэтому нужен самый бдительный контроль за всем этим — контроль ежесекундный и контроль длительный.

Но вместе с тем надо сказать, что ничего страшного в радиоактивных веществах нет. Надо относиться к ним с осторожностью, только и всего.

Атомная энергия настолько могучее оружие, что все эти предосторожности с лихвой окупаются.

Кроме того, и не так страшен черт, как его мажут.

На нашей электростанции за два года ее работы не было ни одного случая, чтобы работник получил сколько-нибудь опасную дозу облучения.

Так заботится служба здоровья о каждом сотруднике, о каждом работнике электростанции.

Из узких коридоров станции, расположенных зигзагами, чтобы прямое излучение не могло попасть в человека, чтобы как можно больше стен было на пути вредных лучей, снова выходишь на улицу и опять удивляешься тишине и покою.

Все продумано до мелочей, все происходит спокойно, без малейшего шума.

Атомная энергия, преобразованная в электрический ток, освещает окрестные села.

А скоро такие же электростанции дадут мощный ток, который пойдет на заводы и фабрики. Это будет совсем скоро.

В НЕДАЛЕКОМ БУДУЩЕМ

Трудно в наше время строить предположения, трудно быть техническим пророком. Нельзя предугадать, как будет развиваться техника даже в самом недалеком будущем. Наш век — время свершений самых безудержных мечтаний, самых дерзких проектов.

Но ясно одно: атомная энергия — энергия будущего.

В атомных котлах может быть использован уран и торий. И сейчас их запасы почти в пятьдесят раз превосходят по количеству содержащейся в них энергии запасы каменного угля и нефти — основных видов топлива.

И не только в этом дело. Давайте сравним количество разных видов топлива, которое надо было бы сжечь за день нашему маленькому первенцу — первой электростанции на атомном горючем мощностью всего лишь 5000 киловатт, если бы ее перевести на другое горючее.

Угля она сожжет 100 тонн. Нефти немного меньше — 60 тонн. 60 тонн драгоценнейшего продукта, сырья химической промышленности.

А урана потребуется всего лишь 30 граммов. Вдумайтесь в эти слова: не тонн, а граммов!

Вот чем выгодны атомные электростанции. Им не нужно все время подвозить топливо. Ядерное горючее очень компактно — его можно завезти сразу на длительное время. Больше того, можно соорудить такой котел, в котором горючее само восстанавливается. Там на смену выгоревшим ядрам появляются новые, способные к делению.

Такие котлы называют воспроизводящими. Это очень интересно. В котле не только происходит убыль делящихся ядер, но на смену им появляются новые, также способные к делению.

Атомные электростанции можно строить в самых отдаленных местностях нашей страны — в местах, где нет ни рек, ни залежей горючих веществ, ни железных дорог.

И недаром на XX съезде КПСС делегат Узбекистана тов. Мухитдинов просил построить атомную станцию именно в этой отдаленной республике, где так мало природных запасов топлива, так мало дорог и так нужна электроэнергия.

Атомные электростанции стали повседневной реальностью. Мы читаем в наших планах разделы, посвященные развитию этих станций и их совершенствованию.

Задача ученых теперь состоит в том, чтобы научиться лучше использовать атомную энергию, найти новые реакции, в которых эта энергия освобождается, овладеть ими.

Что можно сделать, например, для усовершенствования атомных электростанций, работающих на уране, таких, как наша первая станция?

Очень неудобно работать с носителем тепла, находящимся под большим давлением. Надо применять специальные материалы и принимать множество мер предосторожности. Надо искать жидкости, кипящие при более высоких температурах.

Можно использовать для этой цели жидкие металлы.

Ведь при высоких температурах многие металлы и смеси металлов — жидкости. Вот, например, бериллий. Кстати, очень удобно использовать именно бериллий. Этот металл почти не захватывает нейтроны и, кроме того, является легким элементом, легче графита.

Значит, можно использовать его сразу в двух ролях: он будет и тепло переносить, и замедлять нейтроны.

С этой же целью часто применяется и смесь двух металлов: калия и натрия.

Переносить тепло могут и газы. Так, например, поступили английские конструкторы и инженеры, соорудившие свою электростанцию на ядерном горючем. Там тепло переносится углекислым газом. А в качестве ядерного горючего используется самый обыкновенный природный уран.

Итак, теплоносителем может быть и газ, и жидкий металл, и обыкновенная вода, и тяжелая вода.

И сами реакторы могут быть самых различных типов.

Мы когда-то вместе с вами конструировали атомные котлы. Рассуждали мы тогда примерно так. Возьмем урановые стержни и поместим их в графитовый куб. Нейтроны деления, вылетев из ядра урана, должны пройти путь в графите. Мы можем выбрать такую толщину этого замедлителя, что нейтроны проскочат опасную зону захвата ураном-238 и обязательно попадут в следующий урановый блок с меньшей энергией. Ну, а там они волей-неволей попадут в ядро урана-235 и так далее.

Таковы были наши рассуждения. Так рассуждали и первые конструкторы ядерных реакторов.

А вот немцы в войну лихорадочно искали новое оружие и собирались строить урановые котлы на тяжелой воде. Мы об этом говорили. Не удалась фашистам эта затея!

Но сейчас есть несколько типов ядерных реакторов, в которых как раз используется тяжелая вода.

В некоторых из них она используется так же, как и графитовый куб в первых реакторах. Там урановые блоки находились в графите, а здесь они находятся в тяжелой воде.

Можно поступить и по-иному. Возьмем какую-нибудь урановую соль и перемешаем ее с тяжелой водой. Частицы соли будут расположены на одинаковых расстояниях друг от друга. Но тогда при большом количестве такого раствора в нем может начаться цепная реакция. Получится этакий кипящий урановый «суп».

Кстати говоря, можно использовать и самую обычную, хорошо очищенную воду, а не только тяжелую.

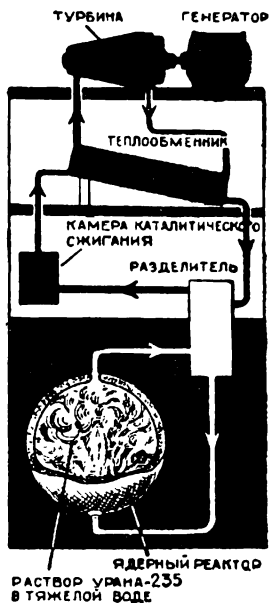
Правда, обычная вода захватывает нейтроны. Но зато она является хорошим замедлителем.

Один из самых ранних котлов, работавший на обычной воде, действительно носил название «СУПО». Иначе он назывался «водяной кипятильник».

Это был горячий «суп» из раствора урановой соли азотной кислоты в воде. Не очень аппетитный суп. Неприятностей с ним было много. Все продукты деления попадали прямо в тот же «суп», качество его менялось, менялась вся работа реактора. Примеси — осколки деления — начинали захватывать нейтроны, соль разлагалась и образовывалась азотная кислота.

На необогащенном уране эта система работать не будет. Сколько бы мы ни растворяли в обычной воде урановой соли, цепная реакция в этом растворе так и не начнется. Уран надо сильно обогащать.

Но зато у такого однородно-



РАСТВОР УРАНА-235
В ТЯЖЕЛОЙ ВОДЕ

Схема установки с реактором «кипящий котел».

го реактора есть одно замечательное свойство — он сам себя регулирует.

Как только температура возрастает вследствие того, что началась более интенсивная реакция, сразу же наступает и тепловое расширение раствора. Но тогда концентрация топлива — урановой соли — станет меньше и уровень реакции понизится. Какая удобная автоматика!

И такой реактор может быть прекрасно использован для атомных электростанций. Видный советский ученый, академик Алиханов предложил проект создания подобного котла. Он носит название «реактор с кипящей водой». Этот проект родился не случайно. Однородную смесь урановой соли в жидком замедлителе очень хорошо можно использовать в качестве теплоносителя. В самом деле, смесь нагревается, отдает свое тепло какой-нибудь другой жидкости и возвращается обратно. Очень удобно!

Но смесь горючего и замедлителя — неприятное соседство для воды второго контура. Ведь пока она циркулирует, в ней продолжает идти реакция, выделяются нейтроны. А они набрасываются через трубы на молекулы воды, делают воду радиоактивной. Конструкция академика Алиханова не страдает таким недостатком.

Сам реактор — большой шарообразный сосуд. В нем и кипит урановый «суп», причем в этом случае он действительно кипит.

«Суп» состоит из смеси урановой соли и воды, простой или тяжелой. Эта смесь радиоактивна, выделяет нейтроны. Но выделяющийся из нее пар никаких неприятных черт не имеет. Он освобождается при кипении от примесей и, так сказать, в чистом виде несетя вверх. А там очистительная система, в которой он отдает свое тепло новой воде, кипятит ее, а сам, благополучно сконденсировавшись, попадает обратно.

Мы уже упоминали вскользь об одном замечательном типе реактора — о реакторе-размножителе. О нем стоит сказать гораздо больше.

В обычных атомных котлах происходит два процесса. Уран-235 понемногу выгорает, делится, выделяет энергию. Но одновременно часть нейтронов захватывается и ураном-238. Значит, в котле образуется плутоний. Новый элемент — прекрасное ядерное топливо. Но компенсировать убыль основного топлива — урана-235 — это мизерное количество плутония, конечно, не может.

Удивляться тут нечему. Мы ведь так и конструировали реактор, чтобы использовать максимальное количество нейтронов для деления урана-235.

А с другой стороны, как удобно было бы переводить ненужный, неделившийся уран-238 в ценнейший плутоний!

И вот оказалось возможным создать систему, в которой количество образовавшегося плутония даже превосходит количество затраченного топлива: урана-235 или того же плутония. Основное горючее нужно, чтобы запустить цепную реакцию. В этих котлах горючее располагается в одной части реактора — там образуются нейтроны; а обстреливают они ядра урана-238, находящиеся в другом месте — скажем, снаружи всего устройства.

Замечательное свойство реактора-воспроизводителя сказалось и в том, что с его помощью можно использовать в качестве ядерного горючего еще один тяжелый элемент — торий. По своим свойствам он сильно напоминает уран. Но его запасы в три раза превосходят запасы урана. Поэтому естественно, что такой возможностью нельзя было пренебречь.

Под действием нейтронов из тория образуется новый изотоп урана — уран-233. Он прекрасно делится нейтронами различных энергий и может служить превосходным ядерным горючим.

Вот это новое горючее и получают в котлах-воспроизводителях.

Какие же новые атомные установки получит наша страна в шестой пятилетке? Какие типы реакторов будут там использованы?

Первая станция на атомном горючем маломощная — всего лишь 5000 киловатт вырабатывает она. Но зато за пять лет шестой пятилетки мы построим пять крупнейших ядерных электростанций. Целых пять, и каких! В среднем мощность каждой из них составит 500 тысяч киловатт.

А по знаменитому плану ГОЭЛРО — первому плану электрификации СССР, разработанному при участии и под руководством нашего великого вождя Владимира Ильича Ленина, — в течение 10—15 лет собирались построить множество электростанций общей мощностью 1300 тысяч киловатт. Мощность всех запроектированных гидроэлектростанций составляла всего лишь около 500 тысяч киловатт.

Это мощность всего только одной электростанции на ядерном горючем из пяти, строящихся в нашей стране.

Таковы темпы развития социалистического государства!

Как же это будут электростанции? Выгодно ли их строить? Что показала эксплуатация первой станции? Каковы выгоды и каковы недостатки этих новых станций, вырабатывающих электрическую энергию с помощью ядерного горючего?

Вот на сколько вопросов нам предстоит ответить!

Ответим прежде всего на основной: выгодно ли строить атомные электростанции?

Ответ на этот вопрос будет таким: чем больше станция, тем выгоднее ее строить, тем дешевле будет электричество.

Пока что стоимость киловатт-часа электроэнергии, выработанной на атомной станции, значительно выше, чем на обычной теплоэлектростанции. При увеличении мощности электростанции эта разница будет уменьшаться.

Но зато сколько преимуществ у атомной станции! Она гораздо компактней, занимает меньше места, ее можно строить вдали от месторождений угля и других горючих, вдали от рек и железных дорог — на пустом месте.

Как могла бы расцвести пустыня, если бы в ней появилась атомная электростанция, не требующая подвоза топлива, электростанция, которая преобразила бы пустыню, превратила бы ее в чудесный край.

В нашей стране мечтать — значит предсказывать. То, о чем мы сегодня мечтаем, завтра становится прекрасной действительностью.

Но сейчас поговорим о том конкретном, что намечает наш план. А это также грандиозно, поистине сказочно. Ведь эти пять электростанций должны дать почти в два раза больше электроэнергии, чем все станции первых лет советской власти, вместе взятые. Одна из новых станций в общем повторяет первую в мире. Делящимся веществом будет обогащенный уран, а замедлителем — графит.

Обязанности переносчика тепла по-прежнему возлагаются на воду. Но эта вода предварительно превращается в пар, а потом уже отдает свое тепло в парогенераторе.

Две другие электростанции будут использовать воду в качестве и теплоносителя и замедлителя. Но это не будут однородные котлы. Топливом в них по-прежнему будут урановые блоки, закрытые непроницаемой циркониевой оболочкой.

Цирконий — очень дорогой металл. Но он совсем не окисляется и почти не захватывает нейтроны.

Кроме того, цирконий равнодушно относится к ударам нейтронов и почти не создает гамма-лучей. Поэтому защиту такого реактора не надо делать очень мощной. Третье преимущество у циркония состоит в том, что он нерастворим в самой горячей воде. Словом, прекрасный, хотя и дорогой материал.

Предусмотрен и реактор с газовым теплоотводом. Там, опять-таки в баке с тяжелой водой, располагаются урановые стержни, но отводит тепло углекислый газ. Он отдает свое тепло воде вторичного контура; та нагревается, испаряется, идет в парогенератор и вращает турбину. Наверно, вам эта фраза надоела не меньше, чем мне. Но что поделаешь — пока что на большинстве атомных электростанций так шаблонно и так нерационально передается тепло, отдаваемое ураном.

Вот три основных типа реакторов, которые будут использованы при строительстве атомных электростанций в шестой пятилетке.

Наши ученые и инженеры ищут новые пути, стараются использовать все возможное, чтобы снабдить города и села, фабрики и заводы, трамваи и троллейбусы, поезда и самолеты дешевой и удобной энергией.

И, разумеется, колоссальную роль в жизни будущего сыграет атомная энергия, которая так долго была консервирована, спрятана в самых глубоких кладовых природы. Но человек раскопал эти кладовые, начал освобождение чудесной атомной энергии.

Семимильными шагами идет наша страна вперед, к победе коммунизма. Развиваются наука и техника, обогащая народное хозяйство все новыми и новыми открытиями, новыми и новыми изобретениями.

И нет сомнения, что на этом славном пути, который начался 27 июня 1954 года, в день пуска первой в мире электростанции на атомном топливе, нас ждут новые победы, новые грандиозные успехи.

Порукой тому — вдохновенный труд замечательных людей нашей великой страны, первой указавшей человечеству путь к счастливой жизни, путь к коммунизму!



О Г Л А В Л Е Н И Е

Вокруг света	3
Связь, которую искали	10
Замечательный опыт	13
Как заставить ротор вращаться	17
Поиски	25
Молекулы и атомы	28
Внутри атома	29
Таинственные лучи	36
Вечное тепло	42
Ядра реагируют с частицами	44
Уран делится нейтронами	50
Что нам нужно?	57
Необыкновенные котлы	62
Источник энергии	67
Первая в мире	76
В недалеком будущем	87

К читателям

Издательство просит отзывы об этой книге присылать по адресу: Москва, Д-47, ул. Горького, 43. Дом детской книги.

Для средней школы

Смагин Борис Иванович

АТОМ РАБОТАЕТ

Ответственный редактор Г. В. Левенштейн.

Художественный редактор М. Д. Сухоцева.

Технический редактор Р. М. Кравцова.

Корректоры

В. Л. Давилова и Т. П. Лейзерович.

Сдано в набор 6/VIII 1957 г. Подписано к

печати 25/XI 1957 г. Формат 84 X 108¹/₃₂ —

6 печ. л. — 4,93 усл. п. л. (5,03 уч.-изд. л.).

Тираж 100 000 экз. А07893.

Цена 2 р. 50 к

Детгиз. Москва, М. Черкасский пер., 1.

Фабрика детской книги Детгиза. Москва,

Сущевский вал, 49.

Заказ № 2771.

Цена 2 р. 50 к.

Детизн 1957