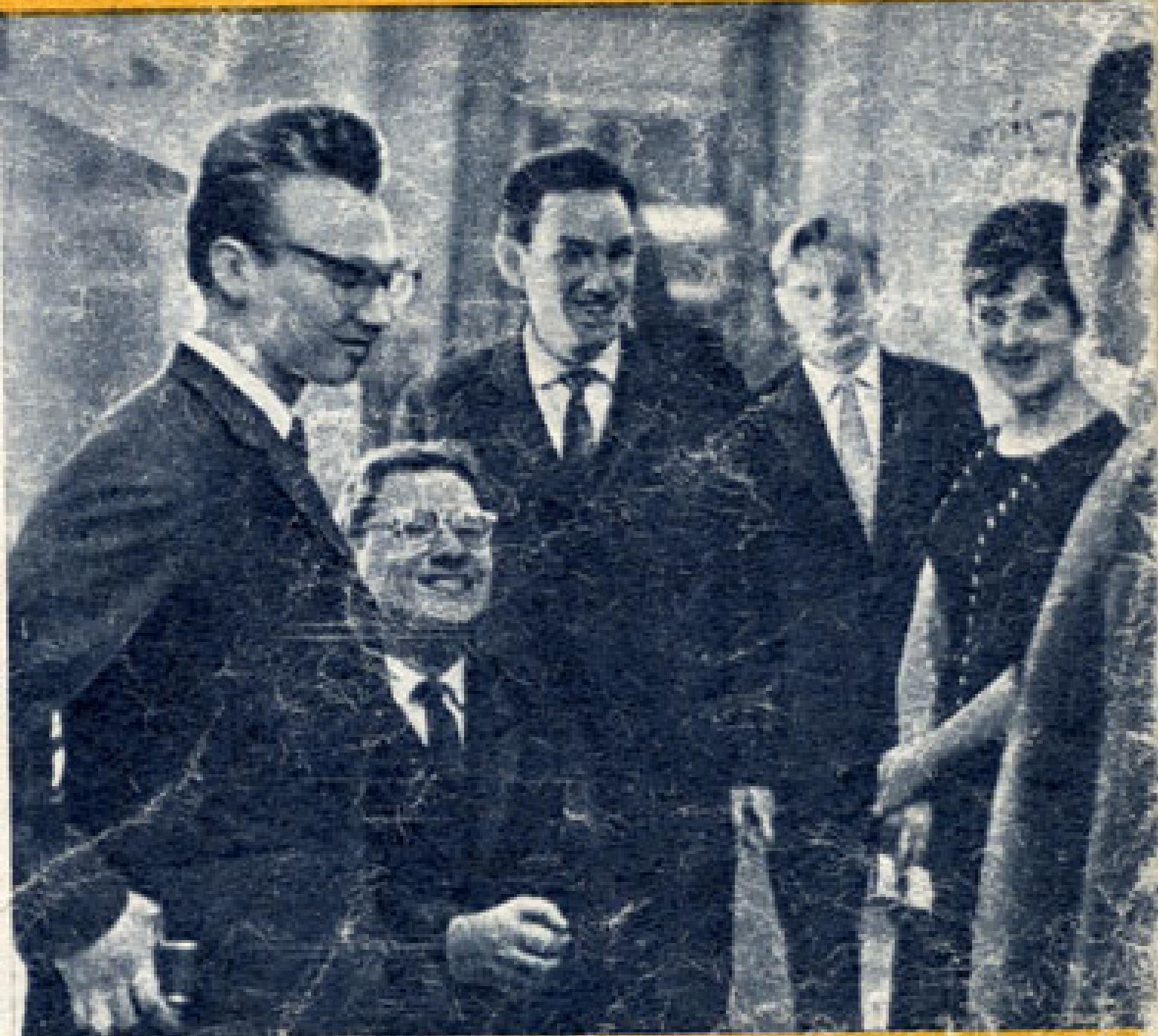


ОБНИНСК СМЕЕТСЯ



СОДЕРЖАНИЕ

ОБНИНСК РАБОТАЕТ, ОБНИНСК СМЕЕТСЯ

Знакомьтесь — Обнинск	1
А. АБРАМОВ — Наш адрес: Обнинск, ФЭИ	2
В. ТУРЧИН — Атомы в нейтронном свете . .	4
Л. УСАЧЕВ — Реактор сжигает скалы	9
Т. МАМЕДОВ — Потерян ли квант?	14
К. СКЛОВСКИЙ — Расщепленный цвет	16
И. ЛИТВИНОВ — Дождь переносится на завтра	20
Работать как Эйнштейн	3
Объявления из стенгазет 2064 года	5, 12, 15
Путешествие в ультрафиолетовую область	7
О возможности создания электростанций на угле	11
Атом, который построил Бор	12
Согнувшись у печки	13
Когда интегралы расходятся	19
* * *	
Химия ищет, химия трудится	25
Ф. КРИВИН — Живая химия	26

М. АРЛАЗОРОВ — Марки, открытки, коллекционеры	1
В. ПРИТУЛА — Марки, которые я собираю во всем мире	35, 40
А. КОНДРАТОВ — Тайны известные и неизвестные	1
М. ИСКРИН — Мир наощупь	1
Е. МИЛЮТИНА — Победители карманного молний	1
Ф. ВЕЛЕЛЮБСКИЙ — Судовой журнал дре неегипетского корабля	1
Ю. АВЕРБАХ — Литературно-шахматный зыск	1
Вышли из печати	1

ФАНТАСТИКА

Г. АНФИЛОВ —

Оформление и рисунки об (1 стр. — к статье «Дождь падается на завтра», 4 стр. — к статье «Марки, открытки, коллекционеры» Б. Алимова и А. Добрицына.

Главный редактор В. А. МЕЗЕНЦЕВ.

Редколлегия: Г. Б. АНФИЛОВ (отв. секретарь), В. Г. БОГОРОВ, Ю. Г. ВЕБЕР, Ю. А. ДШИН, Л. В. ЖИГАРЕВ (зам. главного редактора), В. А. ИЛЬИН, С. К. КАРЦЕВ, И. Л. КНУДСЕН, А. П. КУРАНТОВ, А. Н. СТУДИТСКИЙ, К. В. ЧМУТОВ, А. И. ШЕВЧЕНКО.

Художественный редактор А. М. Эстрин

Издательство «Высшая школа».

Рукописи не возвращаются.

Т-07531. Подписано к печати 19/V-64 г. Объем 7 печ. л. Бумага 70×108^{1/2}. Тираж 200 000 экз. Зак. № 411. Адрес редакции: Москва, И-301, Калибровская ул., 2. Тел. И 7-18-90.

Журнал отпечатан в типографии им. К. Пожелы, г. Каунас, ул. Пушкина, 11.

ЗНАКОМЬТЕСЬ — ОБНИНЦЫ!

Обнинск — необычный город. Из одного его конца в другой идешь через лес. По пути можешь собрать лукошко грибов. Это летом. Зимой другое удовольствие — лыжи. Утром улицы имеют такой вид, будто проводятся лыжные соревнования. Это направляются на работу сотрудники научных институтов. Их обгоняют пустые автобусы. Кому охота трястись на сидении, если вокруг чистый лесной воздух. И, добавим, абсолютно безвредный, хотя в Обнинске реакторов, наверное, больше, чем в других городах фабричных труб.

Говорят, Обнинск занимает второе место в стране по рождаемости. Действительно, детей здесь множество. Ничего удивительного, ведь Обнинск — город молодежи и, конечно, молодоженов. Но главное — это город ученых. Здесь живут и работают физики, энергетики, строители, химики, медики, метеорологи.

Мы обратились к обнинцам с просьбой рассказать о своей работе. Оказалось, они умеют не только здорово трудиться, но и заразительно веселиться. Итак, над чем работают ученые Обнинска, над чем они шутят?

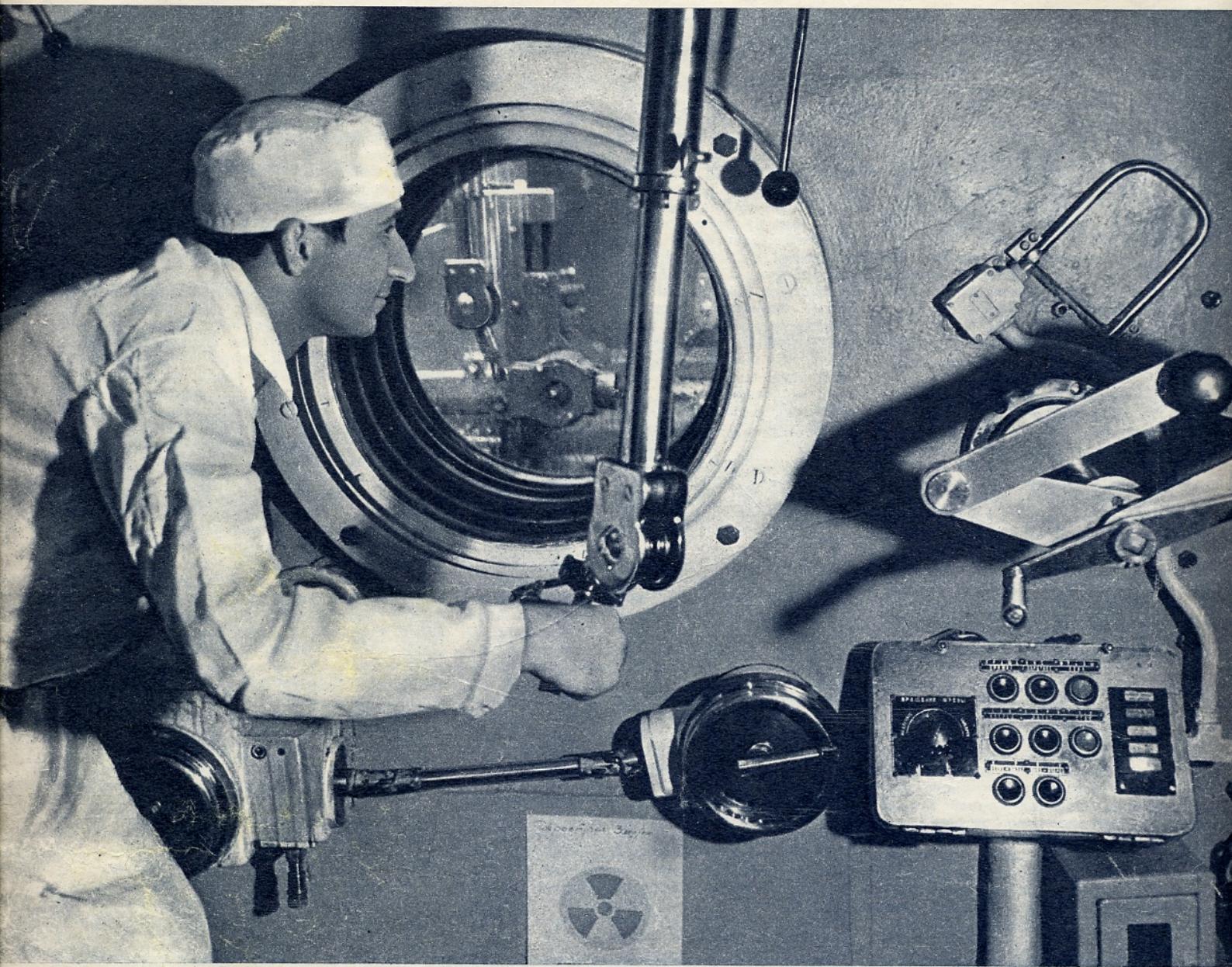


ОБНИНСК
РАБОТАЕТ



ОБНИНСК
СМЕЕТСЯ





В. ТУРЧИН,
кандидат физико-математических наук

Еще одно излучение

Открытие нового излучения — праздник для физиков.

Большинство сведений о внешнем мире мы получаем благодаря световому излучению. Рассеиваясь на окружающих предметах (отражаясь от них) и попадая в глаз, свет приносит с собой информацию о форме, положении и некоторых свойствах этих предметов. Другие излучения ведут себя не так, как свет. Они могут рассеиваться там, где свет не рассеивается, и проходить там, где свет не проходит. Поэтому они в буквальном смысле слова позволяют увидеть мир в новом свете.

Рентгеновские лучи дали возможность «увидеть» кристаллическую структуру вещества, альфа-лучи позволили Резерфорду в атоме «увидеть» маленькое плотное ядро. И как

только были открыты нейтроны, физики задали себе вопрос: «А что можно увидеть с помощью нейtronов?»

Если сейчас задать этот вопрос выпускнику средней школы или просто человеку, чуть-чуть разбирающемуся в современной физике, то он, вероятно, ответит примерно следующее. Нейтроны, скажет он, с одной стороны, сильно взаимодействуют с ядром, а с другой стороны, в отличие от альфа-частиц и протонов лишены электрического заряда. Поэтому они могут близко подойти к ядру и даже проникнуть внутрь его. Благодаря этим особенностям нейтроны стали незаменимым средством исследования атомного ядра. Было обнаружено также, что некоторые тяжелые ядра могут под действием нейтронов расщепляться, причем выделяется несколько новых нейтронов. Это дало возможность осуществить цепную ядерную реакцию.

АТОМ
НЕЙТРОННОЙ
СВЕТ

ОБНИНСК РАБОТАЕТ

Все это верно и широко известно. Гораздо менее известно, что с развитием экспериментальной техники нейтроны все больше и больше используются как мощное средство исследования строения вещества в сравнительно более крупном масштабе — не на ядерном, а на атомном уровне. В последние десять лет эти исследования проводятся особенно интенсивно. Нейтроны стали опасным конкурентом рентгеновских лучей, которым раньше принадлежала монополия в этой области, причем они оказались способными поставлять такую информацию, которая и не снилась их пожилому (и, конечно, весьма заслуженному) со-пернику.

Немного о пожилом сопернике, но главным образом о нейтронах

Почему рентгеновские лучи позволяют «видеть» кристаллическую структуру вещества? Потому что их рассеяние сильно зависит от того, в каком порядке расположены рассеивающие атомы. Рентгеновские лучи — это, как вы, наверное, знаете, электромагнитные колебания (с длиной волны порядка 10^{-8} сантиметра). Они рассеиваются во все стороны каждым атомом вещества. Рассеянные волны складываются, а так как фаза каждой волны зависит от положения рассеявшего ее атома, то отраженные рентгеновские лучи несут информацию о расположении атомов вещества. На экране они дают дифракционный узор. Изучая дифракцию рентгеновских лучей, можно представить картину расположения рассеивающих атомов. Так как в кристалле атомы расположены в определенном порядке, рассеяние происходит только на четко определенные углы. По этим углам определяют структуру кристалла.

Нейтроны же — это частицы. Они имеют массу покоя, и если их нельзя пощупать, то их можно (по крайней мере, в принципе) остановить. До появления квантовой механики никому и в голову не пришло бы, что между потоком материальных частиц и волновым колебательным процессом может быть что-то общее. Однако теперь мы знаем, что самые что ни на есть «материальные» частицы распространяются в пространстве по закону, который описывается волновым уравнением (закону Шредингера). В частности, параллельный пучок частиц определенной скорости будет распространяться как плоская волна, распространяющаяся в том же направлении. Длина волны будет иметь величину, равную постоянной Планка*, деленной на импульс частицы.

Дифракция электронов на кристаллических веществах, аналогичная дифракции рентгеновских лучей, наблюдалась экспериментально американцами Дависсоном и Джермером. Нельзя ли наблюдать дифракцию нейтронов, если направить их на кристалл?

Впервые нейтроны были обнаружены при бомбардировке ядер бериллия альфа-частицами. Скорость нейтрона, испускаемого ядром бериллия, равна примерно 10 миллионам метров в секунду. Если подсчитать длину волны, которую будет иметь пучок таких нейтронов, то она окажется равной примерно 10^{-12} сантиметра, то есть в тысячу раз меньше межатомных расстояний. Значит, на пути луча от одного атома до другого — соседнего — уложится тысяча волн. Поэтому достаточно атому сместиться из своего нормального положения всего на одну тысячную межатомного расстояния (а действительные смещения атома, вызванные тепловым движением, гораздо больше), как разность фаз изменится и дифракционная картина размажется: вместо резких максимумов, которые мы наблюдали у рентгеновских лучей, мы получим плавное распределение, которое никак не зависит от расположения атомов. Для таких коротких волн кристаллическая атомная решетка слиш-

ком груба; наблюдать с ее помощью дифракцию быстрых нейтронов почти так же безнадежно, как наблюдать дифракцию света на пожарной лестнице.

Может быть, другие ядерные реакции дают более медленные нейтроны? Оказывается, нет. Скорости нейтронов, испускаемых при всех ядерных реакциях, и в частности при реакции деления, имеют один и тот же порядок величины. Они слишком велики, и соответствующие длины волн слишком малы. Чтобы наблюдать дифракцию, нейтроны надо замедлить.

Замедлить — это не ускорить

Это совсем не трудно. Если направить пучок быстрых нейтронов на блок вещества, которое поглощает их не слишком сильно, то они замедляются сами по себе, сталкиваясь с атомами вещества и передавая им часть своей энергии. Если бы атомы были неподвижны, то нейтроны «тормозили» бы их до тех пор, пока не отдали бы им всю свою энергию и пока бы не остановились. Однако атомы не неподвижны. Они совершают тепловые движения. Когда энергия нейтрона уменьшится до величины, близкой к энергии теплового движения атома, нейtron при соударении с атомом будет то терять энергию, то приобретать ее. В конце концов установится равновесие, и энергия нейтрона будет колебаться около некоторой средней величины. Если замедлитель имеет комнатную температуру, то наиболее вероятная скорость нейтрона будет 2200 метров в секунду.

При этой скорости длина волны нейтрона равна $2 \cdot 10^{-8}$ сантиметра, то есть как раз столько, сколько нужно для дифракционных опытов в кристаллах.

Итак, медленные нейтроны будут дифрагировать на кристаллах. Но для того, чтобы получить дифракционную картину, надо иметь параллельный пучок нейтронов определенной скорости, а не тот хаотический поток нейтронов различных скоростей, который получается в блоке замедлителя. Следовательно, нужно, во-первых, сформировать параллельный пучок, и, во-вторых, его, как говорят, монохроматизировать, то есть оставить в нем лишь нейтроны какой-то определенной длины волны, а значит и определенной скорости.

Пучок нейтронов формируют так. Сначала, конечно, надо получить быстрые нейтроны. В качестве источника нейтронов первоначально служила смесь какой-нибудь соли радия с бериллием. Альфа-частицы, испускаемые ядрами радия, вышибают нейтроны из ядер бериллия — об этой реакции мы уже говорили. Сейчас самыми мощными источниками нейтронов являются ядерные реакторы, причем если реактор работает на тепловых нейтронах, то отпадает необходимость замедлять их.

Цвета нейтронной радуги

Нейтроны одной длины волны (иначе говоря, одного «чистого цвета» радуги) выделяют двумя способами. Первый способ основан на дифракции нейтронов. При дифракции волн на кристалле рассеяние происходит только в том случае, если угол рассеяния и длина волны связаны определенным соотношением. Если бросить пучок тепловых нейтронов на плоскую поверхность кристалла, то найдется такая длина волны, которая будет удовлетворять этому соотношению, и нейтроны с этой и только с этой, длиной волны отразятся от поверхности. Отраженный пучок будет монохроматическим.

Второй способ носит название селекции (то есть отбора) по времени пролета. Представьте себе цилиндр из непрозрачного для нейтронов материала, в котором по диаметру сделана узкая прорезь. Цилиндр устанавливается на пути нейтронного пучка и приводится во вращение. Когда направление щелей цилиндра

ОБЪЯВЛЕНИЯ

В среду состоится очередное заседание литературного кружка. Будут обсуждаться произведения начинающих авторов:

1) И. И. Иванов «Первая любовь и вторая производная» (Лирическая поэма)

2) С. С. Сидоров «Жил нейtron рассеянный в реакторе басейновом...» (Сборник научно-популярных стихов для детей дошкольного возраста).

ИЗ ОБНИНСКИХ СТЕНДАРТ 2064 ГОДА

ОБНИНСК СМЕЕГИСА

Гр-н Кибернетиков Иван Петрович, проживающий в г. Обнинске, ул. Ракетная, д. В, кв. 127, возбуждает дело о расторжении брака с гр-кой Ивановой Камерой Неоновной, проживающей там же.

Дело будет рассматриваться электронно-счетной машиной «Фемида-2».

ДОБРО ПОЖАЛОВАТЬ ГОВОРИТ МОСКВА

С открытием Малоярославецкого радиуса Московского метрополитена общая длина подземных магистралей достигла 900 километров.

Жители Обнинска горячо благодарят метростроевцев за этот удобный вид транспорта. Но скорость подземных поездов не может удовлетворить требования нашего времени. Действительно, на поездку в Москву требуется затратить целых 11 минут, в то время как поездка от Обнинска до Новосибирска рейсовым орбитальным стратопланом занимает всего 2 минуты.

ра (он называется ротором) совпадает с направлением пучка, нейтроны проходят через ротор; в остальное время пучок перекрыт.

Проследим за нейтронами, прошедшими через щели ротора. Они имеют различные скорости, поэтому при своем движении они растягиваются в цепочку, которую возглавляют самые быстрые нейтроны, а замыкают самые медленные. На своем пути они встречают второй ротор, который вращается синхронно с первым ротором, с некоторым отставанием по фазе. Это значит, что он пропускает нейтроны через определенное время после того, как «открылся» первый ротор. Те нейтроны, которые в этот момент подошли ко второму ротору, будут пропущены; те, что подошли раньше или еще находятся в пути, — нет. Пучок нейтронов, прошедших через оба ротора, будет монохроматическим. Правда, он будет не непрерывным, а состоящим из следующих друг за другом вспышек (импульсов). Но в некотором отношении это даже хорошо, так как позволяет легко измерять скорость нейтронов, рассеянных исследуемым образом (зачем нужно измерять, будет видно из следующего раздела). Для этого достаточно изме-

* Одна из универсальных величин современной физики.

ПУТЕШЕСТВИЕ

Итак, нас направили в солнечный луч, в ультрафиолетовую область. Первое, что мы сделали, конечно, это пошли к начальнику выписывать командировки.

— В Солнечный луч? — спросил начальник. — Это в подшефный колхоз, что ли?

— Нет, — сказали мы, — не в колхоз... Это — в ультрафиолетовой области.

— Нет такой области, — твердо сказал начальник.



— Есть! — возразили мы. — Но только она лежит за границей видимого спектра.

— Ах, за границы-то!.. — И он послал нас к другому начальнику.

Скоро сказка сказывается, да не скоро дело делается... Но так или иначе, а командировки нам выписали.

Нам начальник дал машину, Дал бензину, Дал резину!

Трижды нас поцеловал, И отправил в темный свет — В дальний ультрафиолет.

Долго мешкать не годится — Мы пересекли границу.

В темноте осознаем: Ультрафиолет кругом! Чтобы видеть в новом свете,

ИЗ ВЫСТАУПЛЕНИЯ ОБНИНЩЕВ НА ВСТРЕЧЕ ТЕЛЕВИЗИОННОГО «КЛУБА ВЕСЕЛЫХ И НАХОДЧИВЫХ»

Зачем это нужно?

Если говорить о тех, кто проектирует и строит ядерные реакторы, то им надо знать особенности химической связи и движения атомов в замедлителях для того, чтобы правильно рассчитывать потоки медленных нейтронов в реакторах.

Так что физики-реакторщики, изучающие (теоретически и экспериментально) рассеяние медленных нейтронов, работают в первую очередь на себя. Но, конечно, результаты этих исследований интересуют не только их. Законы взаимодействия и движения атомов в твердых телах и жидкостях необходимо знать, чтобы понимать их механические, тепловые, электрические, оптические свойства, чтобы предсказывать их поведение в необычных условиях, например при сверхвысоких давлениях или в сильных потоках ядерных излучений, чтобы находить сплавы, обладающие нужными качествами, и для многих других целей. Вероятно, со временем, по мере усовершенствования экспериментальной техники, медленные нейтроны будут становиться все более ценным инструментом в руках биологов, так как с их помощью можно исследовать динамику атомов живой клетки в самый разгар протекающих в ней сложных биохимических процессов.



В ультра, то есть, фиолете, Мы особые очки
Тотчас вставали в зрачки.
Принцип тех очков скрепят
(Это в скобках мы заметим),
Будет время — сообщим,
А покуда — помолчим.

Бросив быстрый взгляд по сторонам, мы увидели, что ультрафиолетовая область мало чем отличается от нашей родной Каляжской области: шоссе, дома, милиционер на перекрестке... Это нас не удивило: ведь граница между различными областями спектра носит не пространственно-импульсный, а энергетически-временный характер, то есть про-

рить время, прошедшее между попаданием нейтрона на образец и его регистрацией в детекторе (счетчике нейтронов). Делается это с помощью радиотехнических устройств — так называемых временных анализаторов импульсов. Деля расстояние от образца до детектора на время пролета, получим скорость нейтрона.

ЧТО МЫ ОТ НИХ ОЖИДАЕМ?

Итак, мы закончили все приготовления к опытам по дифракции нейтронов. Здесь уместно задать вопрос: а зачем, собственно говоря, они нужны? Если дифракция нейтронов происходит по тем же волновым законам, что и дифракция рентгеновских лучей, то мы увидим уже знакомую картину дифракции, ничего нового не узнаем.

Не беспокойтесь, узнаем.

Во-первых, нейтроны отличаются от рентгеновских квантов тем, что обладают магнитным моментом, то есть в магнитном поле ведут себя как маленькие магнитики. Поэтому они чувствительны к намагниченности вещества. Если атом обладает магнитным моментом, то к взаимодействию нейтрона с атомным ядром добавляется взаимодействие нейтрона с магнитным полем электронной оболочки атома. Это последнее взаимодействие зависит, конечно, от направления магнитного момента атома. Значит, если нейтроны рассеиваются на совокупности магнитных атомов, то результат интерференции нейтронных волн будет зависеть от направления магнитных моментов соседних (точнее говоря, близко расположенных) атомов.

Магнитные моменты атомов могут быть совсем не связаны друг с другом, то есть направлены как попало, по закону случая. Такие вещества называются парамагнитными. Ферромагнитные вещества (ферромагнетики) состоят из очень больших по сравнению с межатомным расстоянием участков (доменов), в которых все атомы намагниченны в одном и том же направлении. Есть еще так называемые антиферромагнетики, у которых направления магнитных моментов правильно чередуются от атома к атому. Все эти особенности магнитной структуры вещества непосредственно отражаются на рассеянии медленных нейтронов, подобно тому, как отражается на их рассеянии и его атомная структура. Расшифровывая данные по магнитному рассеянию нейтронов, можно восстановить полную картину распределения магнитного момента по элементарной ячейке исследуемого вещества.

Второе отличие нейтронов от рентгеновских квантов состоит в том, что при одной и той же длине волны энергия и скорость нейтрона гораздо меньше, чем энергия и скорость гамма-кванта.

К чему это приводит?

Атомы в движении

Представьте себе такую картину. В Большом театре дают оперу. Пусть это будет «Евгений Онегин». В тот момент, когда Ленский поет свою знаменитую арию «Паду-у-у ли я...», вы выбегаете из-за кулис, стремглав проноситесь по сцене и снова скрываетесь за кулисами.

Если теперь вас попросят рассказать об опере «Евгений Онегин», то вы скажете, вероятно, примерно следующее. Посреди сцены стоит человек. Его губы сложены в трубонку, и он тянет звук «у-у-у». Дирижер стоит с поднятыми руками. Скрипачи положили смычки на струны. Это и есть опера.

Что можно увидеть, пробежав по сцене за несколько секунд?

Рентгеновский квант находится именно в таком положении, когда он пересекает сцену, где действующими лицами являются атомы, а дирижером — законы их движения и взаимодействия. Период колебания электромагнитного поля для рентгеновских лучей состав-

ляет приблизительно 10^{-18} секунды, такого же порядка и время, в течение которого рентгеновский квант перелетает от одного атома к другому. Между тем, характерное время движения атомов (время, которое затрачивает артист на один шаг — если продолжить нашу аналогию) — это 10^{-13} — 10^{-15} секунды, то есть в тысячи раз больше. Когда мы изучаем строение вещества с помощью рентгеновских лучей, мы видим атомы застывшими на своих местах, мы как бы снимаем мгновенную фотографию атомного мира.

Что же касается медленных нейтронов, то их характерное время движения по порядку величины таково же, как и у атомов. Нейtron пересекает атомную сцену не спеша, спокойно оглядываясь по сторонам, и замечает не только, где находятся действующие лица, но также, как и куда они движутся. Поэтому, попав в рассеивающее вещество и попав в руки физиков, он приносит сведения не только о расположении, но также и о поведении атомов.

Правда, чтобы нейtron рассказал о том, что он видел, надо уметь его расспрашивать и понимать его язык. В нашем случае языком нейтрона оказывается его спектр — распределение нейтронов, рассеянных исследуемым образом, по энергии. Если это распределение не измеряется, то мы получим мало нового по сравнению с данными рентгеноструктурного анализа, но если его измерять (причем желательно под разными углами и при разных энергиях падающих нейтронов), то после соответствующей обработки можно получить много новых сведений.

Например, при изучении кристаллических веществ с помощью медленных нейтронов получают так называемые дисперсионные кривые, то есть зависимость частоты упругих колебаний кристалла от направления распространения и длины волны колебания. Изучая рассеяние нейтронов жидкостями, можно подойти к другой интересной проблеме: каков характер диффузонного движения атомов? Как передвигается атом в толпе себе подобных? Растигивает ли их локти и протискивается сквозь толпу маленькими шажками («модель непрерывной диффузии») или, потопавшись на месте и потеряв терпение, перепрыгивает через голову соседа («модель скачкообразной диффузии»)? Пока этот вопрос до конца не ясен. Для того чтобы решить его, надо улучшать технику спектрометрии нейтронов, улучшать точность, с которой измеряется спектр нейтронов. Если спектры измеряются слишком грубо, то голоса нейтронов неразборчивы и переводчикам не всегда удается уловить мысль.

Зачем это нужно?

Если говорить о тех, кто проектирует и строит ядерные реакторы, то им надо знать особенности химической связи и движения атомов в замедлителях для того, чтобы правильно рассчитывать потоки медленных нейтронов в реакторах.

Так что физики-реакторщики, изучающие (теоретически и экспериментально) рассеяние медленных нейтронов, работают в первую очередь на себя. Но, конечно, результаты этих исследований интересуют не только их. Законы взаимодействия и движения атомов в твердых телах и жидкостях необходимо знать, чтобы понимать их механические, тепловые, электрические, оптические свойства, чтобы предсказывать их поведение в необычных условиях, например при сверхвысоких давлениях или в сильных потоках ядерных излучений, чтобы находить сплавы, обладающие нужными качествами, и для многих других целей. Вероятно, со временем, по мере усовершенствования экспериментальной техники, медленные нейтроны будут становиться все более ценным инструментом в руках биологов, так как с их помощью можно исследовать динамику атомов живой клетки в самый разгар протекающих в ней сложных биохимических процессов.

В УЛЬТРАФИОЛЕТОВУЮ ОБЛАСТЬ

Вы прочитали статью о том, как много можно увидеть в нейтронном «свете». А теперь предлагаем вам описание путешествия в другую часть спектра — ультрафиолетовую область. Автор тот же самый — В. Турчин, кандидат физико-математических наук. Кстати, он был капитаном команды обнинцев во время их турнира с физиками Дубны на встрече телевизионного «Клуба веселых и находчивых».

ходит в четвертом измерении пространства Минковского. Вследствие отражения четырехмерных векторов от этой границы возникают минимумы изображения, которые, будучи помножены на корень из минус единицы (для физиков это вещь привычная), становятся вполне действительными предметами, животными, людьми... Больше всего нас интересовали, конечно, люди.

Мы сперва без шалопайства Изучили их хозяйство, Но, конечно, и их быт Тоже не был позабыт. Нас любопытство подгоняло, Чудес мы видели — не счесть. Но времени поскольку мало, Доклад наш ультракраткий есть Набор Отдельных впечатлений От рейда в ультрафиолет, Ума холодных наблюдений И сердца горестных замет. Нам сперва представить надо Утвержденный план доклада.

УТВЕРЖДАЮ ФОРМА № 137



Транспорт

Там плакаты на дорогах:
«Жми педаль!», «Гони!», «Давай!»
«Превышай, водитель, скорость!»
«Не уверен — обгоняй!»
И других плакатов много
Видели мы на дорогах.

Плакаты: «ЧАСТОТА — ЗАЛОГ ЗДОРОВЬЯ!»
«УЛИТКУ и ЧЕРЕПАХУ — НА ПЛАХУ!»
«ЛОВИ ДАЖЕ В НОЧИ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫЕ ЛУЧИ!»



Промышленность

Вот работает завод.
Отпуска — три раза в год.
Но зато в конце квартала
Не один, а три аврала.



Сельское хозяйство

Там земля рождает богато,
Но не в частоте секрет:
Удобрек суперфосфатом
Этот ультрафиолет.
(Наш художник перепутал,
Ну да что с него возьмешь?
Где тут гипер,
Где тут супер,
Разве в спешке разберешь?)



Наука

Там Обнинск целый десяток выстроен,
И ни одной, представьте, Дубны:
Ведь там частицы такие быстрые
Что ускорители — не нужны!

Искусство

Ходили в театр. В театре этом
Перенесли жестокие муки:
Ария Ультравиолетты
была исполнена в ультразвуке.



Происшествия

Вдруг пополз зловещий слух,
Будоража всех вокруг:
«Частоты, мол, стало мало!
Частота, мол, вдруг пропала!»
Как пропала, почему,
Непонятно никому.
— Но позвольте, братцы, вроде
По самой своей природе
Частота пропасть не может!..
— Это верно... Ну, а все же —
Раз пропала частота,
То, наверно, неспроста!

Мы уже собирались возвращаться в видимую область, как вдруг... Какая неожиданная встреча!



Спорт

Мы пошли футбол смотреть.
Вот где можно поболеть:
Ведь у них в конце игры
Счет был двести : двести три!



Быт

В прихожих у всех стандартный плакат:
«Если ты недолго, то я тебе рад!»
И каждый вешает над кроватью свою Плакат: «Спи скорее! Еще скорее!!»

А курят они за сигаретой сигарету,
Поэтому сигарет в продаже нету!

Ультрамодны их прически,
Ультраткани очень носки,
Но красавиц в ультраткани Мы показывать не станем:
Непрозрачны ткани эти
Только в ультрафиолете.

Теркин в ультрафиолетовом свете!

Сорока с немногим лет,
В самой доброй силе,
Прямо в ультрафиолет
Прибыл наш Василий.
Прибыл как и для чего,
Наша ли забота?
Раз направили его,
Значит — для чего-то.
Просим мы его, конечно,
Рассказать о жизни здешней.
Ну, садитесь, потолкуем,—
Теркин молвит нам в ответ.—
В общем вроде сабантуй
Этот ультрафиолет.
Ничего нельзя здесь вволю:
Ни помыться, ни поспать,
Покурить нельзя спокойно,
Толком щей не похлебать.
Всюду эта маята
Под названием «частота».

— А народ здесь как?

— Неважный:
Спешит смататься каждый.
Много нам вещей он разных
Рассказал про странный свет,
Рассказал про буржуазный
Тоже ультрафиолет...
А минуты мчатся, мчатся,
Вот и время расставаться.
Теркин руки нам пожал,
На прощание сказал:
— Это, братцы, прибаутки.
Я их тыщу как-нибудь
Расскажу. Они — для шутки.
Для словца.

Но вот в чем суть:
Свет — солдату очень нужен.
Он нужнее иногда,
Чем тепло землянки — в стужу,
Чем в палиящий зной — вода.
Чем в окопе — миска супу.
Лишь бы свет был точно — свет,
Хоть он гипер,
Хоть он супер,
Хоть он ультрафиолет!

РЕАКТОР СЖИГАЕТ СКАЛЫ

Л. УСАЧЕВ
лауреат Ленинской премии,
доктор физико-математических наук.

Рис. Ник. ПОПОВА

Речь пойдет о новом направлении в энергетике. Но сначала напомним о старых заботах.

Энергетический голод угрожает человечеству! Это тревожное предупреждение впервые прозвучало в 20-х годах нашего столетия. Потом были открыты новые огромные месторождения угля и нефти. На сколько их хватит?

Давайте оценим мировые потребности в энергии. В 1980 году в соответствии с Программой КПСС в нашей стране будет произведено 3000 миллиардов киловатт-часов энергии. Будем считать количество энергии на каждого гражданина СССР за норму. На земном шаре будет жить, вероятно, раз в 15—20 больше людей, чем в СССР. Значит для всего человечества потребуется примерно в 20 раз больше энергии, то есть 60 000 миллиардов киловатт-часов. Для получения такого количества энергии требуется сжигать 24 миллиарда тонн угля в год. А разведанные запасы угля и нефти оцениваются в настоящее время в 4000 миллиардов тонн условного топлива. Таким образом, их не хватит и на двести лет.

Если же принять во внимание, что потребности в энергии будут в дальнейшем расти, то топливо может кончиться еще раньше. (Надо отметить, что Советский Союз находится в наиболее благоприятном положении, так как на его территории, в Сибири, находится более половины мировых запасов угля).

Где же человечеству брать энергию?

Гидроэнергия при максимальном использовании всех рек на земном шаре может дать лишь около 3000 миллиардов киловатт-часов в год, то есть около 5 процентов потребности.

Количество солнечной энергии, падающей на поверхность Земли, примерно в миллион раз больше ресурсов гидроэнергии. К сожалению, получать в больших количествах энергию за счет солнечных лучей — нелегкое дело. Тут нужны огромные капиталовложения.

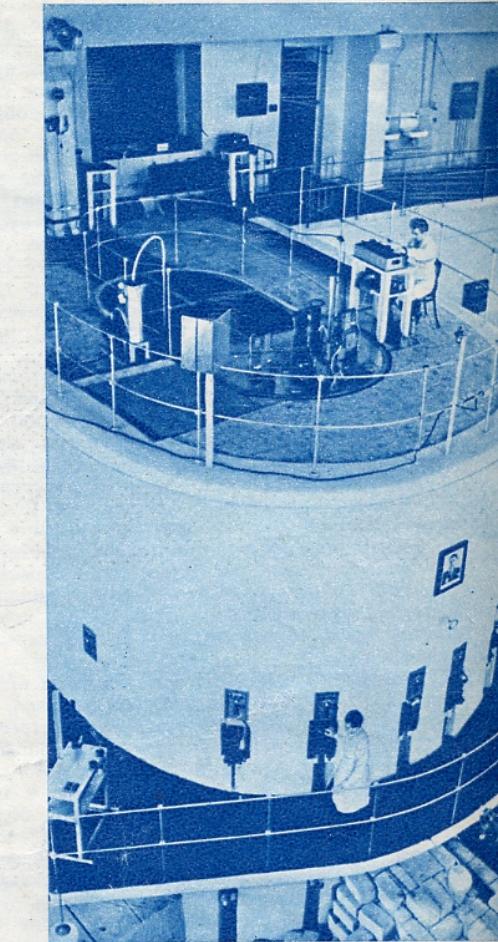
Наиболее перспективный выход — атомная энергия. При делении одной тонны урана вы-

деляется столько же энергии, как при сжигании 3 миллионов тонн угля. Но когда заходит речь о запасах атомного горючего, то оценки обычно малоутешительны. Сейчас считается целесообразным разрабатывать лишь руды с содержанием более 1 килограмма урана на тонну руды и обсуждается возможность разработок во вторую очередь руд с содержанием более 0,1 килограмма урана на тонну руды. Запасы таких руд оцениваются соответственно в 2 миллиона тонн и в 20 миллионов тонн. Но если иметь в виду использование построенных и строящихся в настоящее время реакторов на тепловых нейтронах, в которых используется лишь редкий изотоп урана U^{235} , то указанные ресурсы урана надо уменьшить еще примерно в 200 раз. Таким образом, ресурсы атомного горючего равны всего 100 тысячам тонн. Это эквивалентно 300 миллиардам тонн угля — примерно в 12—15 раз меньше, чем природочные запасы угля и нефти. Поэтому единственный путь обеспечить изобилие энергии — это, казалось бы, разработка управляемых термоядерных реакторов.

Действительно, если бы удалось осуществить термоядерную реакцию $d-d$ (дейтерий — дейтерий), то сырьевые запасы определялись бы количеством тяжелой воды в мировом океане. Их, как показывает простой расчет, хватило бы на 30 миллиардов лет.

Итак, будущее энергетики — это термоядерные реакторы? Нет, не спешите с выводом. Столь же необъятными запасами топлива располагают ядерные реакторы. Только не любые, а реакторы на быстрых нейтронах.

В Обнинске, в Физико-энергетическом институте Государственного комитета по использованию атомной энергии СССР под руководством академика УССР А. И. Лейпунского с 1949 года проводятся работы по реакторам на быстрых нейтронах. Эти реакторы способны



к расширенному воспроизводству ядерного горючего, а в результате могут сжигать не только уран 235, но и уран 238, а также торий 232.

Чтобы понять особенности реакторов на быстрых нейтронах, вспомним, как происходит цепная реакция деления в ядерном реакторе. При делении ядра урана 235 на два осколка, разлетающихся с огромными скоростями, с них, возбужденных и перегруженных нейтронами, испускается два-три нейтрона.

Энергия осколков превращается в тепло, а нейтроны либо захватываются ядрами атомов веществ, составляющих реактор, либо уходят из реактора. Для работы реактора нужно, чтобы в нем возникла самоподдерживающаяся цепная реакция. В этом случае один из испущенных нейтронов захватится в уране 235 и вызовет его деление, при котором опять выделяется энергия и два-три нейтрона, один из которых вновь вызовет деление, и так далее.

Судьба остальных нейтронов, не вызывающих деление, нам тоже не безразлична. Дело в том, что если эти нейтроны захватываются в уране 238 или тории 232, то в конечном результате образуются плутоний 239 или уран 233 — ядерные топлива, даже превосходящие по качеству уран 235. Однако нейтроны могут захватываться и в конструктивных материалах реактора (железо, алюминий и тому подобное), в теплоносителе (вода, жидкие металлы), в замедлителе (вода, бериллий, графит) и, наконец, в самом уране 235 с последующим испусканием гамма-кванта и образованием урана 236.

Последний процесс весьма неприятен. Ведь теряется не только нейtron, но и ядро урана 235. Кроме того, нейтроны могут уходить из реактора наружу и теряться.

Число образующихся атомов плутония 239 или урана 233 на каждое исчезнувшее ядро

урана 235 называется коэффициентом воспроизведения. Если он значительно меньше единицы, то в реакторах сжигается в основном лишь уран 235. Если же коэффициент воспроизводства больше единицы, то на каждое сгоревшее ядро горючего (U^{235} , Pu^{239} , U^{233}) образуется из U^{238} или Tl^{232} больше, чем одно ядро горючего. При этом чем больше энергии будет сниматься с реактора, тем больше будет производиться добавочного горючего из U^{235} и Tl^{232} . Это выглядит так, как будто топят печку углем, а в поддувало вместе с золой вываливается больше угля, чем его сгорает. Таким образом, со временем весь U^{238} и Tl^{232} могут быть в конечном счете сожжены (будучи предварительно превращенными в Pu^{239} и U^{233}).

В обычных тепловых реакторах нейтроны, сталкиваясь с ядрами замедлителя (водорода, бериллия, углерода) теряют свою энергию до тех пор, пока она почти сравняется с энергией теплового движения атомов замедлителя. Лишь после этого основная часть нейронов захватывается различными элементами и вызывает деление. Таким образом, в этом случае цепная реакция идет на тепловых нейтронах. Но в тепловых реакторах (типа Нововоронежской и Белоярской станций) слишком велики паразитные потери нейронов и коэффициент воспроизводства значительно меньше единицы.

Особенность же реакторов на быстрых нейтронах состоит в отсутствии замедлителя, в результате чего нейтроны остаются быстрыми (то есть цепная реакция происходит на быстрых нейтронах). При этом паразитные потери нейронов сравнительно невелики и коэффициент воспроизводства значительно больше единицы.

У нас в СССР на это свойство быстрых реакторов было указано А. И. Лейпунским в 1949 году. Вскоре после этого начались широкие исследования по физике реакторов на быстрых нейтронах. Эти работы установили, в частности, высокое значение коэффициента воспроизводства*.

Результатом было создание в 1959 году реактора на быстрых нейтронах БР-5 мощностью 5 тысяч киловатт с загрузкой 50 килограммов окиси плутония, охлаждаемого жидким натрием. По выходной температуре натрия (500°C) и большой объемной теплоизменности, по конструкции тепловыделяющих элементов реактор БР-5 близок к будущим большим энергетическим реакторам на быстрых нейтронах. Успешная пятилетняя эксплуатация его дала большой ценный опыт и уверенность в возможности создать большие промышленные реакторы на быстрых нейтронах с натриевым охлаждением. Воспроизведенные реакторы на быстрых нейтронах успешно разрабатываются также в США, Англии, Франции и других странах.

Применение в атомной энергетике воспроизводящихся реакторов на быстрых нейтронах неизмеримо расширяет ее сырьевую базу. Ведь с учетом урана 238 мировые запасы ядерного горючего (с содержанием 0,1 килограмма на тонну и более) примерно в двадцать раз превышают известные в настоящее время запасы ископаемого химического топлива. Но это еще не все.

Использование не только U^{235} , но и U^{238} и тория делает энергетически возможным добывать уран и торий из гранита, составляющего кору Земли. На это обстоятельство впервые указал четко профессор А. Вейнберг (США) в 1959 году. Он основывался на экспериментах Брауна и Сильвера, о которых было сообщено еще в 1955 году на 1-й международной конференции по мирному использованию атомной энергии в Женеве.

Браун и Сильвер размельчали гранит, затем обрабатывали его разбавленной соляной кислотой. Около 20 процентов от содержащегося в граните урана и тория при этом растворя-

лось в кислоте. Это та часть урана и тория, которая находится в полевом шпате. Уран и торий, находящиеся в кварце и других составляющих гранита, для своего выделения требуют иных методов.

Затем ученые подсчитали затраты (энергетические) на переработку одной тонны гранита. Получилось, что для этого нужно от 19 до 37 киловатт-часов энергии, что соответствует 11–22 килограммам угля.

В тонне гранита содержится 4 грамма урана и 12 граммов тория; по энергии это эквивалентно 50 тоннам угля. Даже с учетом того, что извлекается лишь пятая часть урана и тория, мы получим в результате столько же энергии, сколько дают 10 тонн угля.

Таким образом, перерабатывая тонну гранита, мы затрачиваем 20 килограммов угля, а получаем 10 тонн.

Ясно, что реактор с расширенным воспроизводством на быстрых нейтронах даст возможность буквально сжигать скалы.

Каковы же запасы урана и тория в гранитах?

Гранит — основной материал земной коры. Простой расчет, учитывающий плотность гранита (3 тонны на кубический метр), объем земной коры (10^{10} кубических метров) и концентрацию в граните урана (4 грамма на тонну) и тория (12 граммов на тонну), показывает, что запасы урана равны примерно $1.2 \cdot 10^8$ миллионов тонн, а тория — $3.6 \cdot 10^8$ миллионов тонн.

Можно оценить запасы урана и тория на Земле и с другой точки зрения.

Из недр Земли через ее поверхность идет поток тепла. Это тепло выделяется при радиоактивном распаде. В граните около 40 процентов тепла дает распад урана, около 45 процентов — распад тория и около 15 процентов — распад калия 40. Будем считать, что это соотношение справедливо для всей Земли в целом. Полный поток тепла из недр Земли за год равен 2.4×10^{20} калорий. Если принять во внимание, что каждый грамм урана выделяет в год 0,73 калории, каждый грамм тория 0,2 калории, то общее содержание урана в Земле должно быть равным $1.3 \cdot 10^8$ миллионов тонн, а тория — $3.4 \cdot 10^8$ миллионов тонн. Обратите внимание: мы получили примерно те же цифры запасов урана и тория, что и при первом подсчете*. При годовой выработке электроэнергии в количестве 60 000 миллиардов киловатт-часов их хватило бы на 70 миллиардов лет. Даже если иметь в виду лишь более доступные границы, слагающие сушу, лежащие до глубин 5 километров, и возможность без чрезмерных затрат выделить из них лишь 1/5 часть урана и тория, то и этого хватит примерно на миллиард лет — срок вполне приличный.

Использование наиболее распространенных веществ — воды мирового океана и гранитов земной коры или, говоря образно, сжигание моря и сжигание скал — обещает практически неисчерпаемые источники энергии. При этом процесс сжигания скал в ядерных реакторах в настоящее время исследован и опробован настолько, что есть полная уверенность в его осуществимости.

Надо подчеркнуть, что реакторы на быстрых нейтронах разрабатываются не только ради того времени, когда исчерпаются запасы химического топлива. Уже те большие энергетические реакторы, которые могут быть построены в ближайшее время на основе опыта эксплуатации реактора БР-5, способны давать энергию по цене, сравнимой с ценой энергии на угольных электростанциях. Но это означает, что уже в ближайшее время такие реакторы решат энергетические проблемы районов, удаленных от залежей топлива. Транспортировка угля или проведение линий электропередач туда несомненно будут менее выгодными, чем постройка реакторов на быстрых нейтронах.

Правда, сейчас, когда еще имеются богатые

залежи урана, с быстрыми реакторами конкурируют реакторы на тепловых нейтронах (например, типа Воронежской и Белоярской атомных электростанций). Однако при использовании обогащенных руд урана реакторы на быстрых нейтронах окажутся несомненно более выгодными, чем тепловые реакторы. Даже при добыче урана и тория из гранитов стоимость киловатт-часа энергии будет примерно сравнима с современной стоимостью киловатт-часа электроэнергии на угольных станциях.

Перспективы ядерной энергетики заставляют задуматься об эффективных методах обращения с радиоактивными продуктами деления. Их окажется столь много, что появится проблема — что с ними делать?

Академик П. Л. Капица в одном из своих выступлений предлагал радиоактивные продукты будущей атомной энергетики выбрасывать с помощью ракет в космос. Даже для доставки тонны осколков на Солнце требуется меньше двух десятитысячных долей энергии, которая получается при сжигании 1 тонны урана*. Конечно, выбрасывание всех осколков на Солнце вряд ли будет необходимо. Ведь и на Земле несомненно можно найти подходящие места для надежного (и значительно более дешевого) захоронения осколков. А кроме того, наверняка большая часть осколков найдет полезное применение в народном хозяйстве. Можно вспомнить, например, технический с периодом полураспада около миллиона лет, ничтожная примесь которого предохраняет железо от ржавления. Ядерные излучения осколков можно широко использовать в радиационной химии. По-видимому, им найдут и другие применения.

Ясно, что реакторы на быстрых нейтронах с расширенным воспроизводством способны полностью решить энергетическую проблему, стоящую перед человечеством. Во всяком случае сегодня это кажется более перспективным, чем термоядерные реакторы. О них всерьез можно будет говорить лишь после осуществления управляемой термоядерной реакции, хотя бы в лабораторном масштабе.

Не надо забывать, что, кроме обычно обсуждаемых принципиальных проблем устойчивости плазмы и осуществимости термоядерной реакции, должны рассматриваться и другие проблемы. Так, например, на II Женевской конференции советскими и американскими учеными было показано, что термоядерная реакция $d-d$ (слияние двух ядер дейтерия) может оказаться неосуществимой вследствие больших потерь на излучение при температуре, необходимых для реакции. Эти принципиальные трудности не относятся к реакции тритий—дейтерий. Если будет осуществлена лишь реакция тритий—дейтерий, то возникнут проблемы получения трития. Как известно, тритий — изотоп водорода с атомным весом 3 имеет период полураспада 12,5 года. Он может быть получен при захвате нейтрона легким изотопом лития Li^6 . В этом случае, кроме сжигания моря (дейтерий), термоядерщики тоже будут вынуждены сжигать скалы (литий!). К счастью, запасы Li^6 в земной коре по энергетическому эквиваленту примерно равны запасам как урана и тория в земной коре, так и запасам дейтерия в мировом океане.

Если сравнивать термоядерные и ядерные реакторы по затратам на обеспечение безопасности, то неясно, что требует больших забот: удержание осколков деления или же трития, который, даже в очень малых концентрациях, весьма ядовит.

В соревновании между нейтронными и термоядерными реакторами (за право обеспечить человечеству в будущем изобилие энергии) сейчас впереди идут реакторы на быстрых нейтронах с расширенным воспроизводством. Конечно, нельзя утверждать, что положение не изменится после того, как и термоядерная реакция будет осуществлена. Основным судьей в этом вопросе будет, конечно, экономика.

* Из этого следует поразительный вывод о том, что подавляющая часть радиоактивных веществ находится в слое толщиной около 20 километров, то есть почти на поверхности Земли: ведь ее радиус 6370 километров!

* Полные затраты на запуск ракеты составят при этом около 4 процентов стоимости полученной энергии, если для стоимости ракеты принять американские оценки на ближайшие 10 лет.

ОБНИНСК СМЕЕТСЯ

В 1955 году физики всего мира отмечали 70-летие Нильса Бора. В честь этого события был выпущен «на общественных началах» сборник шуток. Тираж сборника мизерно мал, но один экземпляр обнинцам все же удалось достать. Заметка, которую вы прочтете, взята оттуда.

ПРИВОДИМАЯ НИЖЕ СТАТЬЯ ПЕРЕПЕЧАТАНА ИЗ „ЕНДИНА КОРОЛЕВСКОГО ИНСТИТУТА“ ЗА ММММСМ ГОД (стр. 1001).

В СВЯЗИ С УГРОЗОЙ ИСТОЩЕНИЯ УРАНОВЫХ И ТОРИЕВЫХ ЗАЛЕЖЕЙ НА ЗЕМЛЕ И ЛУНЕ РЕДАКЦИЯ ПРИЗЫВАЕТ К САМОМУ ШИРОКОМУ РАСПРОСТРАНЕНИЮ ИНФОРМАЦИИ, СОДЕРЖАЩЕЙСЯ В ЭТОЙ СТАТЬЕ.

О ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА УГЛЕ

О. Р. ФРИШ

В ВЕДЕНИЕ. Недавно открытый сразу в нескольких местах УГОЛЬ (черные, окаменевшие остатки древних растений) обещает интересные возможности в области неядерной энергетики. Некоторые месторождения несут следы эксплуатации их доисторическими людьми, которые, по-видимому, употребляли уголь для изготовления ювелирных изделий и чернили им лица во время погребальных церемоний.

Возможность его использования в энергетике связана с тем фактом, что уголь легко окисляется, создавая при этом высокую температуру с выделением удельной энергии около 0,0000001 мегаватта на грамм в сутки. Главное его преимущество — очень маленькая по сравнению с делящимися материалами критическая масса. Атомные электростанции становятся, как известно, незакономичными при мощности меньше 50 мегаватт. Поэтому угольные электростанции могут, вероятно, конкурировать с ними в маленьких поселках, где энергетические потребности ограничены.

РАСЧЕТ УГОЛЬНЫХ РЕАКТОРОВ. Главная трудность заключается в создании самоподдерживающейся и контролируемой реакции окисления топливных элементов. Кинетика этой реакции значительно сложнее, чем у ядерного деления и изучена еще слабо. Правда, дифференциальное уравнение, приближенно описывающее этот процесс, уже получено, но решение его возможно лишь в простейших частных случаях.

ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ. Изготовление их, по-видимому, обойдется дешевле, чем в случае ядерных реакторов, так как нет необходимости заключать горючее в оболочку, которая является даже нежелательной, поскольку затрудняет доступ кислорода. Были рассчитаны различные типы решеток. Простейшая из всех — плотно упакованные сферы — кажется вполне удовлетворительной. Уголь легко обрабатывается на станках, и изготовление таких сфер не представляет трудностей.

ОКИСЛИТЕЛЬ. Чистый кислород идеально подходит для этой цели, но он дорог, а самый дешевый заменитель — воздух, в котором, однако, содержится 78 процентов азота. Если даже часть азота прореагирует с углеродом, образуя ядовитый газ циан, то это будет источником серьезной опасности.

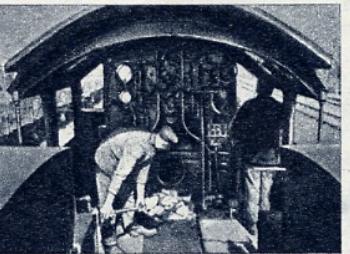
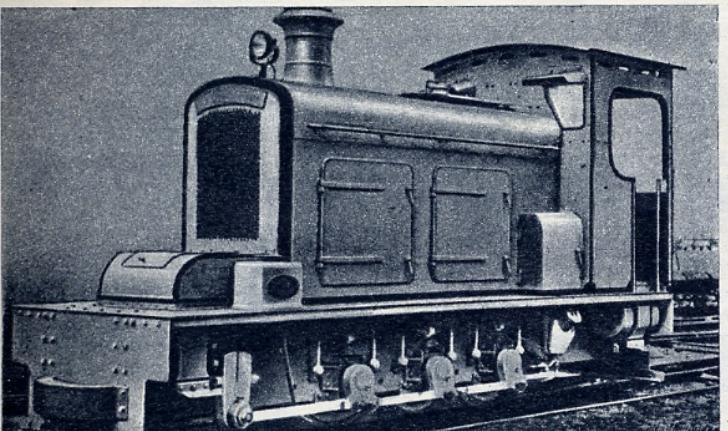
УПРАВЛЕНИЕ И КОНТРОЛЬ. Реакция начинается при температуре 988°, которую легче всего получить, пропуская через реактор ток в несколько тысяч ампер. Течение реакции можно контролировать, регулируя подачу кислорода. Это не сложнее, чем управление обычным ядерным реактором с помощью регулирующих стержней.

КОРРОЗИЯ. Стенки реактора должны выдерживать температуру выше 1000° в атмосфере, содержащей кислород, азот, окись и двуокись углерода с примесями двуокиси серы. Лишь немногие металлы и специальная керамика могут выдержать такие условия. Привлекательной возможностью является никелированный ниобий, но, возможно, придется использовать и чистый никель.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ. Выделение ядовитых газов создает серьезную угрозу здоровью обслуживающего персонала. Выбросывание их непосредственно в атмосферу недопустимо. При обращении как с газообразными, так и с твердыми продуктами реакции необходимо использовать стандартные методы дистанционного управления. После химического обеззараживания эти продукты лучше всего топить в море.

Существует возможность — хоть и весьма маловероятно, — что подача окислителя выйдет из-под контроля. Это приведет к расплавлению всего реактора и выделению огромного количества ядовитых газов. Таков главный аргумент против угля и в пользу ядерных реакторов, которые за последние несколько тысяч лет доказали свою полную безопасность. Пройдут, возможно, десятилетия, прежде чем будут разработаны достаточно надежные методы управления угольными реакторами.





Коломенский паровозостроительный завод приступил к серийному выпуску атомных паровозов. На фото показан паровоз этой серии (ХЕС-3). Остальная часть паровоза находится под землей. На фото справа показан момент загрузки ядерного горючего (из стенгазеты 2064 года).

Э

ТОМ, КОТОРЫЙ ПОСТРОИЛ БОР*

Джеку — с извинениями

Вот атом, который построил Бор.
А вот протон,
Который в центре помещен
Атома,
Который построил Бор.

А вот электрон,
Который стремглав облетает
протон,
Который в центре помещен
Атома,
Который построил Бор.

А вот мю-мезон,
Который распался на тот
электрон,
Который стремглав облетает
протон,
Который в центре помещен
Атома,
Который построил Бор.

А вот пи-мезон,
Который распался на тот
мю-мезон,
Который распался на электрон,
Который стремглав облетает
протон,
Который в центре помещен
Атома,
Который построил Бор.

А вот гиперон,
Который распался на пи-мезон,
Который распался на мю-мезон,
Который распался на электрон,
Который стремглав облегает
протон,
Который в центре помещен
Атома,
Который построил Бор.

Вот быстрый протон,
Который родил тот гиперон,
Который распался на пи-мезон,
Который распался на мю-мезон,
Который распался на электрон,
Который стремглав облетает
протон,

Который в центре помещен
Атома,
Который построил Бор.
А вот бэватрон,
В котором ускорился тот протон,
Который родил тот гиперон,
Который распался на пи-мезон,
Который распался на мю-мезон,
Который распался на электрон,
Который стремглав облетает
протон,

Который в центре помещен
Атома,
Который построил Бор.
А вот ДОПОЛНИТЕЛЬНОСТЬ.
Это закон,
Который Бором провозглашен,
Закон всех народов, закон всех
времен,
Успешно описывающий с двух
сторон

Не только протон
И электрон,
Но также фотон,
Нейтрон, позитрон,
Фонон, экситон, полярон, фокусон,
Бетатрон, синхротрон, фазотрон,
циклотрон,

Циклон,
Цейлон,
Нейлон,
Перлон,
Одеколон,
Декамерон,
И, несомненно, каждый нейрон
Мозга, которым изобретен
Тот замечательный бэватрон,

В котором ускорился тот протон,
Который родил тот гиперон,
Который распался на пи-мезон,
Который распался на мю-мезон,
Который распался на электрон,
Который стремглав облегает
протон,

Который в центре помещен
Атома,
Который построил Нильс Бор.

Весьма вольный перевод с
английского

В. ТУРЧИНА

СОГН

(Трое физиков на одного лирика)

«Вы, батенька, свой талант за-
рываете. Мости мостами, а ваш
талант — физика. Забыли статью
свою об атомной структуре эле-
ментов? Бросайте мости, идите на
кафедру физики...»

Федор Архипович бросил мо-
сты... Денег на опыты не хватало.
Приходилось добавлять свои...»

Не зря добавлял свои деньги
Федор Архипович. Он с сотруд-
никами открыл нейtron, протон и
еще некую туманную «элементар-
ную частицу, входящую в состав
ядра». Еще он обнаружил сущес-
твование изотопов у урана, воз-
можность деления ядра, цепную
реакцию, предложил детальную
схему реактора и даже сам
придумал для него название «ко-
тель». Причем, несмотря на вклад
личных средств, все эти открытия
были сделаны почти что голыми
руками. Всего-то у него и было:
«старенькая камера Вильсона» и
«старенький масс-спектрометр».
Кстати, почти все у Федора Ар-
хиповича было «старенькое»: ез-
дил он на «старенькой эмке»,
плавал на «стареньком парохо-
де» и даже портмоне у него «ста-
ренькое». Но, правда, у него был
«новенький счетчик Гейгера»...

Главный герой романа Наташа
Рыбака «Пора надежд и сверше-
ний» — простой советский акаде-
мик. С кратким перечнем его
«свершений» вы уже познакоми-
лись вначале этой рецензии. Здо-
рово, а?

Непонятно только, зачем среди
персонажей книги — Ферми, Лей-
пунский, Иваненко, Оппенгеймер
и другие крупные физики. Стоит
ли в них упоминать, если Федор
Архипович открыл «задолго до»
и «на три года раньше, чем» почти
все, что им присваивается?

А вот еще цитаты.
«Нагнувшись над тетрадью, он
надел очки, и, наудачу открыв ее,
прочитал на пожелтевшей
странице давнюю заметку: «Энер-
гия сама по себе не уничтожает-
ся и не возникает из ничего, —
в этом смысле закона сохранения
и превращения энергии». Он оста-
новился на этом, взглянул на
портрет Менделеева, потом, быст-
ро наклонившись, начал писать:
«Поэтому работа, затраченная на
выделение частицы, будет возна-
граждена энергией, которая вы-
деляется тогда, когда эта или
другая частица снова присоеди-
нится к ядру».

Автору невдомек, что оригинальность сей мысли подстать
разве школьнику-шестикласснику. На этом же уровне и величие
замыслов героя романа.

«В ту ночь, далеко заглянув в
грядущее, Федор Архипович
Шульга и увидел свой путь к ре-
шению задачи высвобождения и
использования энергии атомного
ядра. Самый этот «Атом» — с
большой буквы — был для него
живым, мудрым и сложным су-
ществом. Хотя множество учес-
тных и прикрыло его плащом та-

* Стихотворение взято из юби-
лейного сборника, посвященного
Бору.



УВШИСЬ У ПЕЧКИ

иностранности, неоспоримо было то, что источником энергии самого солнца является ядерная реакция, во время которой высвобождается эта таинственная атомная, или ядерная, энергия.

Одно из колец цепи этой реакции Федор Архипович, согнувшись у печки, крепко держал в своих руках.

А через несколько глав: «...он вспомнил, как ему посчастливилось тогда «обуздить» протон. Путем ионизации атома водорода, выключив из него единственный электрон и достигнув того, что осталось одно только ядро, которое он тогда удачно назвал «голым» ядром и которое в действительности и было протоном».

Максим Нерчин — любимый ученик академика.

«А знаешь, — объявил Шульга за ужином жене, — из этого Нерчина, пожалуй, выйдет tolk.

Надежда Яковлевна должна была догадаться, кто же такой Нерчин. До этого вечера она ничего о нем не слыхала. Но так уж повелось в доме у Шульги — друг друга здесь понимали с полуслова... Как всегда коротко, он порадовал Надежду Яковлевну: — Кажется, я все-таки выколочу нейтрон.

Что такое нейтрон, Надежда Яковлевна уже знала.

Да и как не знать, если Шульга «нездолго до войны» уже создал удивительное устройство — ускоритель движения нейтронов» (как известно, ускорять нейтроны можно с таким же успехом, как доить козла).

Нерчин — вполне под стать Шульге. Это физик до мозга kostей. Вот он воспринимает природу:

«На старой ветле трудился дятел. Его непрерывное деловитое постукивание напомнило Максиму

счетчик Гейгера в физической лаборатории».

Вот он объясняется в любви: «Понимаешь, Катя, — начал Максим не очень смело, — я, может быть, берусь за то, на что мне не дано права. Но я выступаю в неведомый мне путь с ясной целью — изучить поведение составных частиц ядра. И я буду рад, если в этом походе мы будем с тобой рядом, плечом к плечу».

Работа у Нерчина нелегкая. «Частицы стали его мукой. Но... это была сладкая мука. В ней не было страданий. Повитая мечтами, она не давала ему успокаиваться и все время толкала его взволнованную мысль... Массспектограф делал свое дело».

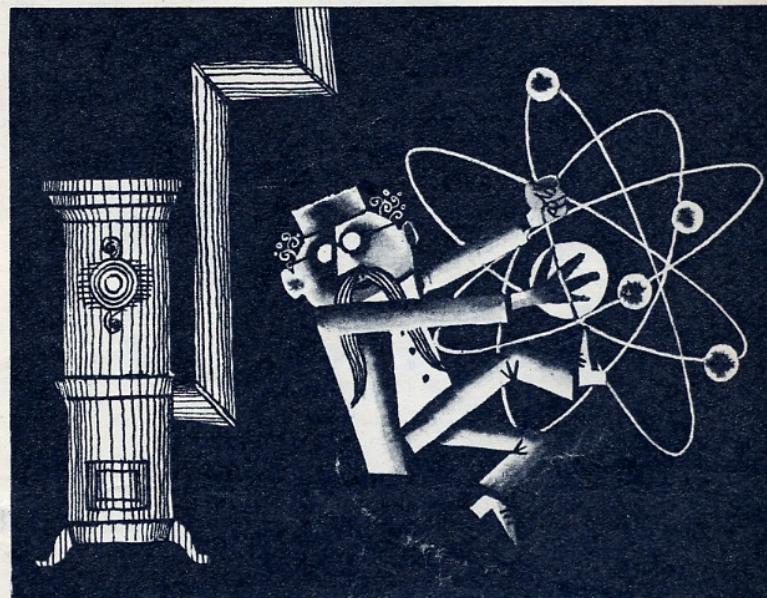
Разумеется, Нерчин — это учений-гражданин. Вот его мысленный монолог по поводу использования атомной энергии в военных целях:

«Неужели для этого Менделеев указал в своей таблице место урану? Неужели для этого не спали ночами супруги Юри, не доедали, страдали и мучились Нильс Бор, Резерфорд и Эйттен?».

Почему не спали ночами супруги Юри — это можно понять. Но вот зачем понадобилось недодать лорду Резерфорду?

Автор книги не указывает жанра своего произведения. Но мы догадались сразу — пародия. (В самом деле, не фантастика же: слишком много исторических персонажей. Есть даже рассказ о том, как Максим Нерчин чихнул в присутствии Сталина и тем самым «нарушил воинский устав»).

Правда, в заблуждение читателя вводит объем книги — 750 страниц. Многовато для пародии, как-то непривычно. Из-за этого



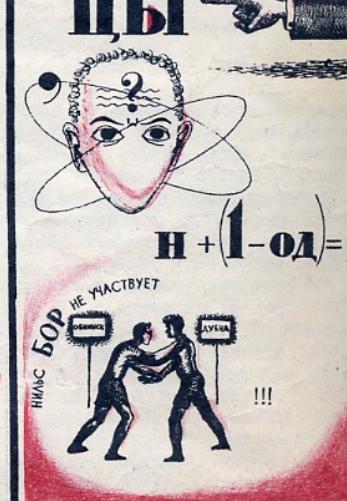
кое-кто, пожалуй, примет роман всерьез. И напрасно. Мы вполне согласны со словами писателя А. Первентцева, который в рецензии на эту книгу писал, что нужно обладать большой смелостью,

чтобы взяться за роман на такую тему. Впрочем, только ли смелость?

В. НОЗИК, В. ТУРЧИН,
В. ПАВЛИНЧУК,
физики-теоретики



А этот ребус, придуманный нашим художником Б. Лавровым, редакция дарит обнинцам. Отгадать его, на наш взгляд, очень трудно. Попробуйте!



|| отерян ли квант?

Т. МАМЕДОВ,
старший научный сотрудник.
Институт медицинской радиологии.



Рис. М. ЖЕРЕБЧЕВСКОГО



Около 10 лет назад итальянские исследователи Л. Коли и У. Фацциани обнаружили, что клетки корней конских бобов обладают способностью испускать слабый свет. Первоначально это сообщение мало привлекло внимание ученых. Но за последние годы в лаборатории, руководимой профессором Б. Тарусовым, установили, что клетки высших животных также светятся. Правда, свечение это слабо, обнаружить его удалось лишь с помощью фотозелектронной установки, преобразующей сверхслабые световые потоки в электрический ток.

Ученые расширили исследования. И тогда выяснилось, что сверхслабое свечение присуще почти всем клеткам высших и низших организмов. Относится оно ко всей видимой области электромагнитного спектра.

Существует ли что-то общее между сверхслабым свечением клеток и хорошо известной биолюминесценцией некоторых организмов? Зачем понадобилось клеткам выбрасывать кванты света? Можно ли использовать сверхслабое свечение в качестве информации о физико-химических реакциях внутри клетки?

Среди многочисленных видов микроорганизмов, растений и животных, населяющих земной шар, встречаются такие, которые испускают свет в темноте. Это — как вы знаете — биолюминесценции. Число биолюминесцирующих организмов незначительно, наиболее часто они встречаются среди морских жителей. В сущности, они относятся к 40 различным семействам, не составляющим определенную систематическую группировку.

Механизм биолюминесценции уже достаточно подробно выяснен: «живой свет» — результат взаимодействия вещества люциферины с

ферментом люциферазой. Люциферин и люцифераза встречаются только в клетках биолюминесцирующих организмов.

Для появления света требуется еще участие назначительного количества магния, выступающего в качестве катализатора, аденинтрифосфорной кислоты и молекулярного кислорода, которые всегда имеются в любых клетках. Мы видим, что биолюминесценция — результат специфической реакции, в которой участвует много компонентов.

Несмотря на сложность этой реакции, ее легко можно воспроизвести в пробирке, предварительно смешав все необходимые вещества.

У крупных люминесцирующих организмов свечение обычно служит для привлечения жертвы или вводят в заблуждение врага, а то и просто ослепляет его. Поэтому биолюминесценция безусловно имеет некоторое значение для выживания видов. Однако у большинства животных, особенно у микроорганизмов, не установлено какого-либо биологического значения люминесценции. Это явление можно рассматривать как исключительное, стоящее в живой природе особняком.

В отличие от биолюминесценции, сверхслабое свечение сопровождается нормальной жизнедеятельностью клеток. Наиболее интенсивно оно в тех органах, где обменные процессы значительно повышены. Это печень, мозг, корни растений и другие. Реакции тут идут без помощи ферментов. У них другая особенность — они обязательно сопровождаются выделением тепла.

На первый взгляд это кажется парадоксальным: зачем клетка выбрасывает часть энергии, не используя ее полностью, тем более если учсть, что для образования од-

ного кванта света в среднем требуется гораздо больше энергии, чем для любой биохимической реакции.

Ответ на этот вопрос кроется в механизме образования сверхслабого свечения.

Реакции в живой клетке идут в несколько стадий или процессов, в ходе которых образуются осколки молекул — свободные радикалы. Свободные радикалы обладают высокой химической активностью.

Благодаря строгой направленности реакций в живой клетке энергия свободных радикалов полностью используется для завершения начальной реакции. Однако существует много непредвиденных обстоятельств, сопутствующих жизнедеятельности клетки, которые могут препятствовать или усиливать различные стадии обменных реакций. В этих случаях свободные радикалы возникают больше, чем требуется. Гогда лишние свободные радикалы могут вызывать различные неблагоприятные для клетки реакции, которые могут привести ее к катастрофе.

Но клеткой предусмотрен способ избавления от неожиданных и ненужных активных осколков. Если бы использовался химический путь, то он привел бы к ненужной растрате вещества и накоплению бесполезного продукта.

Природа выбрала наиболее простой и легкий способ. Он заключается в выбрасывании ненужной энергии свободных радикалов в виде безопасного светового кванта. Это делается с помощью специальных веществ, выработанных клетками. Взаимодействуя со свободными радикалами, они переходят в окисленное состояние, а избыток энергии преобразуется в свет. В восстановленной форме эти вещества могут быть использованы повторно.

В нормально функционирующих клетках существует равновесие между свободнорадикальными реакциями и антиокислительной системой. Сдвиг в ту или иную сторону вызывает заметное изменение интенсивности сверхслабого свечения.

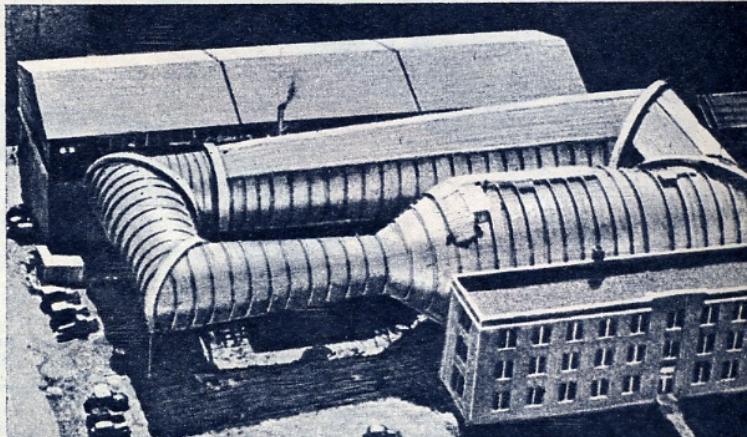
Опыты, проведенные в нашей лаборатории, показывают, что при различных патологических состояниях и при химическом и физическом повреждении клеток, характер и интенсивность сверхслабого свечения резко изменяется. Так, видимо, лучевое поражение клеток и связано с одновременным повреждением антиокислительной системы и усилением свободнорадикальных реакций, которые в этих случаях развиваются ненормально. Поэтому профилактика и лечение клеток от этих заболеваний также должны быть направлены к усилию одних и подавлению других реакций клеточного обмена. Предварительные исследования подтверждают правильность такого предположения.

Исследование сверхслабого свечения живых клеток только начинается, но несомненно, что найденный новый методический подход к изучению физико-химических реакций в живых клетках окажется плодотворным.



**ОБНИНСК СМЕЕТСЯ
ИЗ ОБНИНСКИХ СТЕНГАЗЕТ**

В Дубне пущен новый синхрофазotron на 23.7. Бэв. Его оригинальную конструкцию вы видите на этом рисунке.



От редакции «Знание—Сила»: читателям предлагается узнать, почему это смешно.

ОБЪЯВЛЯЕТСЯ НАБОР

на курсы счетоводов-бухгалтеров. Принимаются электронно-счетные устройства выпуска 2061—2062 годов, размером не более 1 кубического метра. Срок обучения — 3 месяца.

Камера хранения не предоставляется.

Для поступления необходимо иметь следующие документы:

1. Заявление.
 2. Технический паспорт.
 3. Автобиографию.
 4. Описание и схемы.
 5. Характеристику с последнего места работы.
 6. Справку об исправности.
 7. Справку о прописке по месту хранения.
 8. Свидетельство об отсутствии брака.
 9. 4 фото размером 24×36.
- С предложениями обращаться в ОРС.



1 апреля 2064 года демонстрируется новый широкоэкранный стереофонический осзательно - обонятельно-вкусовой фильм «ВЕЛИКОЛЕПНАЯ ДВАДЦАТКА»



ОБЪЯВЛЕНИЕ НА ДВЕРИ В СТУДЕНЧЕСКОМ ОБЩЕЖИТИИ ОБНИНСКОГО ФИЛИАЛА МОСКОВСКОГО ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА.

КОМНАТА № 6

Фихтенгольца у нас нет!
Утюга нет!
Стаканов не имеется!
Ландау и сковородки нет!
Электробритву отдали давно!
Линейку логарифмическую не держим!
Магнитофон сломан!
Денег взаймы нет!
Сигарет и спичек нет!
Штаны не даем, нужны самим.

Люди! Пожалуйста, не стучите и не входите в эту дверь! Мы ЗАНИМАЕМСЯ!!!
Просим не мешать, и, вообще, нас нет дома!
Вася! Если это ты и принес будильник, то постучи, как условились.

Расщепленный цвет



Слово «хроматография» буквально означает «цветопись». Этот остроумный метод химического анализа заключается в том, что вещества заставляют предъявить химику своего рода визитную карточку — характерный цветной узор.

К. СКЛОБОВСКИЙ
инженер-химик

Рис. Б. ЛАВРОВА

Вы можете сказать, чем пахнет роза? Розой... Это не ответ. Особеню, если надо воссоздать искусственным путем запах цветка. Сейчас известны сотни химических соединений, обладающих приятным запахом, — спирты, эфиры, альдегиды, углеводороды. Парфюмер смешивает их в различных сочетаниях и нюхает, нюхает. После многочисленных проб (каплей цитронелла больше, каплей гераниола меньше) он «ньюхивает» основное направление, которое и разрабатывается дальше. Понятно, что метод проб и ошибок хо-

рош только тогда, когда нет объективной оценки состава эфирных масел. Что может заменить обостренный нос парфюмера?

В лабораторию на экспертизу прислали бутылку коньяка. Сколько к нему подмешено сухого вина? Ответить на этот вопрос нелегко. От заключения эксперта порой зависят судьбы людей, он должен быть предельно объективен. Чем он располагает, кроме тонкого вкуса?

Италия возмущена! Еще бы — торговцы смешивают сливочное масло с нефтяными жирами. Косвенные данные должны быть подтверждены точным анализом. Просто ли это? В конце прошлого века за такой анализ не взялись бы...

На первый взгляд в этих примерах нет ничего общего. Но это не так. И дегустаторы, и парфюмеры, и пищевики, и многие другие специалисты пользуются сейчас одним и тем же методом — хроматографией.

ОБНИНСК РАБОТАЕТ



КОГДА ИСЧЕРПАНО НАСЛЕДСТВО АЛХИМИИ

Химическая наука переняла у алхимии два основных метода разделения веществ — кристаллизацию и перегонку. Эти методы стали классическими. Нет химика, да, пожалуй, и не будет, который бы не перекристаллизовал и не перегонял.

Какое-то время этих методов хватало. Но в последние десятилетия перед наукой и производством встали задачи, решение которых классическими методами было очень затруднено, а то и совсем невозможно.

Иногда такие задачи ставились и раньше: только необыкновенное упорство и настойчивость экспериментаторов, проделавших в конце прошлого века более 300 фракционных кристаллизаций, позволило разделить соединения лантаноидов, которые по химическим свойствам очень похожи — они занимают одну и ту же клетку менделеевской системы. Необыкновенно сложна была оценка состава нефти (да, оценка, а не точное определение состава). Группе исследователей приходилось круглосуточно работать в течение 3—4 месяцев на перегонных аппаратах — ректификационных колоннах, для установки которых пробурались перекрытия двух этажей — колонны достигали 15 метров в высоту.

Зарождающаяся нефтехимия требовала от аналитиков точного состава исходного сырья: ждать результатов анализа по три месяца промышленность не могла. Нужны были новые методы разделения.

В таком же положении были и биологи: почему белки организмов леопарда и улитки, кита и мышонка содержат одни и те же химические элементы почти в одинаковых количествах, а размеры животных, их облик и характер жизнедеятельности столь различны? Биология очень долго топталаась на месте потому, что химия не могла дать метода тонкого разделения очень сложных смесей.

ЦВЕТОПИСЬ

И такой метод был найден. В самом начале века русский ботаник Цвет занялся разделением смеси красителей, выделенных из цветков.

Бензиновый экстракт, в котором содержались красители, Цвет вылил в тонкую стеклянную колонку, наполненную порошком углекислого кальция. По колонке сочился экстракт. Что интересно — темно-бурый раствор сначала обесцвелся — вся окраска осталась в самом верху колонки. Далее, при пропускании через колонку чистого бензина, от темной зо-

ны оторвалась небольшая розовая зона и двинулась вниз, за ней с небольшим промежутком красная — сначала одна, потом другая. В концах колонки возникло пять зон, окрашенных в разные цвета. Ботаник понял важность сделанного открытия и начал экспериментировать. Он менял набивку колонки — сорбент, менял растворители. Иногда разделение шло плохо, часто зоны располагались по-разному, но почти всегда разделение было! Цвет пропустил через свои колонки десятки разных цветочных экстрактов и там, где ранее находили один или два красителя, обнаруживал 6—10 разных красящих веществ. Свой способ разделения красителей Цвет назвал «хроматографией» — цветописью. Так он называется и сейчас.

Открытие хроматографии не вызвало сенсаций, о нем газеты не писали на первых полосах, более того — первое время и химики не придали ей большого значения. И только когда наука и промышленность уже не могли обходиться старыми методами разделения, о хроматографии снова вспомнили.

РАЗДЕЛИТЬ — ЭТО НЕ ПРОСТО!

Разберемся в основах — как разделить два вещества.

Возьмем равные количества двух солей — например, хлористого натрия и хлористого аммония — и перемешаем их. Затем растворим всю смесь в небольшом количестве горячей воды и начнем медленно охлаждать раствор. Сначала выпадает в осадок та соль, растворимость которой меньше, — в нашем случае хлористый натрий. Такой способ разделения называется кристаллизацией.

Низкокипящие жидкости легко разделить перегонкой. Смешаем две жидкости, два родственные соединения — бензол и толуол. Первый кипит при 80, второй при 111 градусах. Нагреем смесь до 82 градусов. При этой температуре бензол будет интенсивно кипеть, тогда как паров толуола будет немного. Сконденсировав пары в холодильнике, мы получим дистиллат, обогащенный бензолом, а большая часть толуола останется в перегонной колбе.

Но не все просто: оба метода имеют принципиальные недостатки. Для хорошего разделения нужно, чтобы разделяемые вещества сильно отличались по температуре кипения или по растворимости. Хорошо делить «далеких» по структуре вещества. С «недалекими» дело обстоит значительно хуже. Если температуры кипения отличаются на несколько градусов, а то и на доли градуса, — что делать?

Кроме того, очень многие вещества невозможно ни закристаллизовать, ни перегнать — вещества не выдерживают высокой температуры и разлагаются даже в высоком вакууме. Существуют смеси жидкостей, которые кипят без разделения, например смеси из 96 процентов спирта и 4 процентов воды, 39 процентов метилового спирта и 61 процента бензола.

В категорию веществ, которые невозможно закристаллизовать, попадают почти все углеводороды нефти, не перегоняются и крайне трудно кристаллизуются такие важнейшие биологические вещества, как большинство белков, ДНК и их низкомолекулярные предшественники — аминокислоты и нуклеотиды.

ПЕШКОМ ПО КРИСТАЛЛУ

Хроматографическое разделение основано на других явлениях: адсорбции и распределении.

Твердое тело состоит из молекул, атомов или ионов, расположенных в определенном порядке — кристаллической решетке. Симметричное построение распространяется либо по всему телу, тогда мы говорим о монокристалле, либо на небольшие области, тогда речь идет о смеси микрокристаллов. В зависимости от химического состава кристаллическая решетка может иметь различное строение, но она всегда симметрична: узел решетки может быть окружен 4, 6, 8 (и так далее) другими узлами. Поэтому в толще кристалла узел окружен соседями. На поверхности дело обстоит по-другому: по крайней мере, в одном направлении соседа нет; у атома в узле есть возможность взаимодействовать с другими атомами. А если узел решетки лежит не на плоскости, а на вершине микроскопического «пика», то он может взаимодействовать и с некоторыми «посторонними» атомами.

Благодаря этому кристалл имеет возможность удерживать на своей поверхности — «адсорбировать» — какое-то количество постороннего вещества. Поэтому кристаллы никогда не имеют чистых поверхностей, они всегда покрыты пленкой посторонних молекул.

Адсорбция — выгодный с энергетической точки зрения процесс: при насыщении поверхности энергия выделяется наружу. Причем при попадании молекулы сорбируемого вещества на «пик» поверхности выделяется значительно больше энергии, чем при прилипании к плоскости. Поэтому лучшими адсорбантами являются не монокристаллы с геометрически правильной поверхностью, а пористые вещества. Поверхность пористых веществ очень велика — она достигает сотен квадратных метров на один грамм вещества.

ПТИЦЫ И МОЛЕКУЛЫ

Представьте себе большую стаю галок или воробьев, которую ветер несет над небольшим сараев. Часть птиц садится отдохнуть на крышу. Пока птиц в воздухе немного, число сидящих пропорционально числу летящих. Когда же над сараев пролетает середина стаи, крыша может быть занята целиком. Дальнейшего увеличения числа сидящих не произойдет; некоторые птицы будут взлетать, но на их место сядут другие. Предположим, что стая состоит из птиц разных пород: ленивых, проводящих на крыше много времени, и более подвижных. Тогда, после посадки на целый ряд сараев, в голове стаи будут непоседы, в хвосте лентяи. Более того, стая может разделиться на две. Замените в этом примере птиц разных пород молекулами разных веществ, крышу — поглощающим веществом — адсорбентом, ветер, несущий стаю, — током чистого растворителя, характер птиц — различной энергией адсорбции. (Это очень наглядное объяснение кинетики разделения выдумал не я — его приводил на своих лекциях советский физико-химик Я. К. Сыркин).

При более подробных исследованиях выяснилось, что «крышей» может быть не только твердое вещество, а «ветром» не только ток жидкости. В принципе, можно использовать распределение между любой парой фаз — газом и жидкостью, газом и твердым телом, жидкостью и твердым телом и, наконец, между двумя несмешивающимися жидкостями.

ЦВЕТОПИСЬ БЕСЦВЕТНОГО

Хроматография в том виде, в котором ее разработал Цвет, сейчас называется адсорбционной. Разделение ведут в колонках, которые чаще всего наполняют окисью алюминия или силикагелем. Процесс ведут так, чтобы исследуемое вещество выходило из колонки в раствор, который собирают небольшими порциями специальные приборы — автоматические коллекторы фракций.

Цвет работал с красителями, он видел окрашенные зоны. А как быть при хроматографии бесцветных веществ? Оказывается, давящее большинство соединений можно окрасить с помощью тех или других реактивов. Но часто и этого не требуется — невидимое при обычном свете вещество великолепно различается при освещении ультрафиолетом.

Разделить этим методом смесь удается, лишь когда компонентов смеси немного и они не очень близки по структуре. Такая ситуация чаще встречается при синтезе: приходится иметь дело со смесью исходного, конечного и одного-двух побочных продуктов. Самое главное, кроме информации о количестве и характере компонентов, химик-синтетик получает и сами вещества в достаточно чистом виде. При разделении многокомпонентных смесей адсорбционную хроматографию применяют для предварительного разделения, а полученные фракции разделяют на индивидуальные вещества другими методами.

ВИЗИТНЫЕ КАРТОЧКИ ВЕЩЕСТВ

Если сначала пропустить через колонку жидкость, которая покроет поверхность сорбента тонким прочным слоем, а далее ввести пробу и пропускать растворитель, то характер хроматографии изменится. Вещество будет распределяться не между твердой и жидкой фазами, а между неподвижной и подвижной жидкостями, пропиткой и растворителем. Этот вид хроматографии называется распределительной.

Именно так удается разделить очень близкие по своей структуре соединения. Распределительная хроматография более трудоемка, чем адсорбционная, так как требует очень тщательного подбора подвижной и неподвижной фаз.

Очень интересным вариантом этого метода служит хроматография на бумаге. На специальную хроматографическую бумагу наносят несколько миллионных частей грамма вещества. Лист бумаги погружают одним концом в органический растворитель. Распределение идет между неподвижной фазой — водой, толстая «шуба» которой окружает целлюлозные волокна, и движущимся растворителем.

Пробу наносят в виде крохотного пятнышка, которое двигается по листу, распадаясь на пятна отдельных веществ. Анализ делают, измеряя количество вещества по площади пятна. На бумаге легко делятся хорошо растворимые в воде вещества — «гидрофильные». Их молекулы имеют электрически заряженные группировки.

Возможно «обратить» фазы при бумажной хроматографии: пропитать бумагу керосином или раствором натурального чайника, а проявлять водными растворами. В таком случае на бумаге будут делиться слабозаряженные «гидрофобные» вещества.

Бумажная хроматография стала незаменимой для микротехники — ведь для проведения процесса нужно всего несколько капель очень разбавленного раствора вещества.

Скорость движения пятна вещества по бумаге в определенной системе растворителей

оказалась очень удобным критерием индивидуальности веществ. Все чаще и чаще в статьях, описывающих новые вещества, наряду с температурами кипения и плавления, удельным весом и спектральными данными сообщается значение хроматографической константы для разных систем растворителей.

Бумажная хроматография произвела переворот в биологии. Оказалось, что такие сложнейшие смеси веществ, как гидролизаты белков, состоящие из 20—30 компонентов, могут быть точно разделены, а количество каждой аминокислоты измерено с точностью до нескольких процентов. Биологи получили в руки надежный метод количественного изучения белков, ДНК, гормонов.

ХРОМАТОГРАФИЯ НУЖНА НЕ ТОЛЬКО ХИМИКАМ

Настало время ответить на вопросы, поставленные в начале статьи: как применяется хроматография в далеких от химии областях — парфюмерии, виноделии, ботанике... словом, кажется, проще перечислить отрасли науки и практики, где хроматография еще не применяется.

Неповторимость запаха, присущая казанлыкской розе, те едва заметные оттенки запаха, которые отличают ее от розы геленческой или болгарское розовое масло от крымского, вызваны присутствием исчезающе-малых количеств специфических веществ, характерных именно для данного вида роз. Этих веществ очень мало, они неопределены классическим анализом. Но хроматография определяет их. Парфюмер может разделить эфирные масла на индивидуальные компоненты, проанализировать их, и, располагая душистыми веществами, выделенными из других доступных источников или полученными синтетически, составить такую композицию, которая будет абсолютно точно соответствовать естественному эфирному маслу.

Изысканный вкус дегустатора вина может быть заменен хроматограммой экстрактивных веществ вина. Каждый сорт вина даст свой неповторимый узор пятен на бумажной хроматографии, причем изменения состава вина, вызванные различными условиями созревания винограда или приготовления вина, будут видны очень наглядно. Криминалисты, расследуя случаи фальсификации вина, пользуются теми же бумажными хроматограммами — среди узора, характерного для коньяка, появляются пятна соединений, присущие лишь сухому вину.

От зоркого глаза хроматографии не уйдет и попытка подмешать в сливочное масло не только сливочные масла, но даже и родственные соединения маргарина: изменится состав жирных кислот продукта — изменится соотношение пиков на ленте газового хроматографа.

Какова судьба инсектицида, которым опрыскивают яблони в середине лета, — не попадет ли он на плоды? Гигиенист смыывает тончайший восковой слой с кожуры нескольких яблок и методами хроматографии с высокой точностью быстро определяет количество ДДТ и гексахлорана.

Есть ли какое-нибудь различие в белках нормальной ткани и зловещей раковой опухоли? Онкологи ищут сейчас ответ, просматривая тысячи хроматограмм полностью и частично гидролизованных белков.

* * *

Конечно, не следует думать, что хроматография — универсальный способ анализа. Каждый из методов хроматографии имеет свои достоинства, свои ограничения и недостатки. И все-таки, грамотно выбрав метод и технику хроматографического разделения, химики и биологи глубже и глубже проникают в тайны живых организмов, протекания химических реакций и так далее.

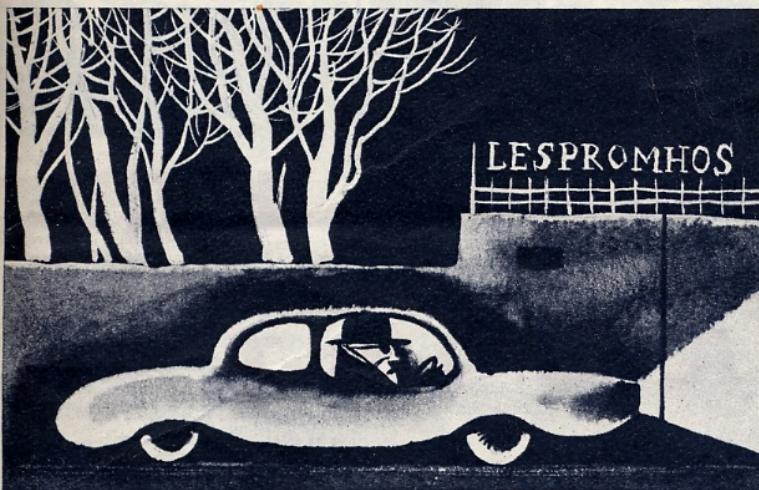
О хроматографии написаны десятки монографий; число журнальных статей так велико, что в 1958 году был основан специальный журнал хроматографии; почти в каждой химической и биохимической лаборатории проводятся хроматографические измерения.

Мне хотелось бы закончить свой рассказ о хроматографии словами великого естествоиспытателя И. П. Павлова: «Наука движется толчками, в зависимости от успехов, достигнутых методикой. С каждым шагом методики вперед мы как бы поднимаемся ступенью выше, с которой открывается нам более широкий горизонт, с невидимыми ранее предметами».

КОГДА ИНТЕГРАЛЫ РАСХОДЯТСЯ

Н. РАБОТНОВ

(СЦЕНАРИЙ НАУЧНО-ПРИКЛЮЧЕНЧЕСКОГО ФИЛЬМА)



Ворота в бесконечной бетонной стене, опутанной колючей проволокой. Над ними вывеска «Леспромхоз» на иностранном языке. К воротам бесшумно подъезжает длинный черный лимузин. Из него выходит человек в черном пальто и шляпе. Сразу бросается в глаза его ничем не примечательная, обычная и незаметная наружность. Он проходит в ворота и направляется к приземистому двадцатиэтажному зданию.

ДИКТОР: В этот день матерый разведчик Билли Дидал по кличке Семенов был неожиданно вызван своим шефом...

(Просторный кабинет. За столом сидит человек. Он в штатском, но привычка ковырять в зубах выдает в нем старого служаку. Из незаметной двери в стене появляется Дидал и становится навытяжку перед начальником).

ШЕФ: Что вы знаете об Обнинске, Билли? Ничего? Я так и думал. Вам придется узнать все, а то у нас некоторые до сих пор думают, что он стоит на Оби. А что вы знаете о работах обнинского ученого Теорентьева, Билли? Ничего? Я так и думал. Вам придется узнать все, а то у нас некоторые до сих пор думают, что он изобретает атомную спноповязалку.

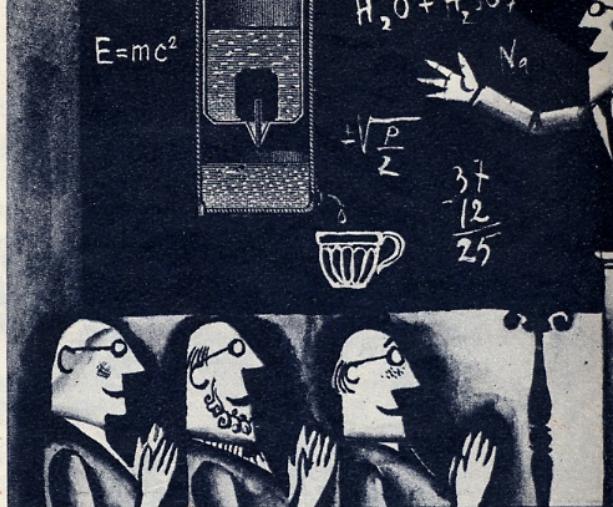
ДИДЛ: О-кей, сэр.

ШЕФ: С нужным человеком вы встречаетесь в следующий понедельник в ГУМе, в центре второй линии у фонтана. Вы его ни с кем не спутаете. Под мышкой он будет держать мотороллер «Тула».

ДИДЛ: Ол райт, босс.

ШЕФ: Пароль «Чахохбили», отзыв «Цинандали». Вот вам советские деньги. (Подвигает ему через стол тюк размером 0,5×0,5×0,5 м). Отправляйтесь.

ДИДЛ: Гуд бай, шеф.



ДИКТОР: А в это время в Обнинске младший научный сотрудник Теорентьев докладывал о своем изобретении...

(На экране Теорентьев у доски, где изображен пиво-водяной реактор в разрезе и формула $E=mc^2$).

ТЕОРЕНТЬЕВ: ...итак, мы показали, что использование в качестве теплоносителя двукратно дистиллированного жигулевского пива приводит к существенному выигрышу в реактивности.

(Бурные аплодисменты, все встают).



ДИКТОР: В это время в кабинете полковника Неусыпных происходило одно из тех рабочих совещаний...

(Докладывает пожилой человек с погонами майора. Все присутствующие с уважением разглядывают еле заметный шрам на щеке майора, полученный им еще в раннем детстве).

МАЙОР: По сообщению наших друзей, «Лесничий» опять поднял голову. Он опять вызвал к себе Дидала. Ведь не на чашку же чая он его вызвал!

(Все смеются остроумной шутке. Но вот поднимается сам полковник. Лицо его серьезно. Трудно поверить, что всего минуту назад он хохотал над шуткой майора).

ПОЛКОВНИК: Товарищи, враг ошился, думая застать нас врасплох. Меры будут приняты!

ДИКТОР: (бодро): И меры были приняты! Явившись в понедельник к зданию ГУМа, Дидал нашел на дверях надпись «Закрыто на учет». Он понял все и заметался по Москве в поисках явки.

(Продолжения не следует)





И. ЛИТВИНОВ,
кандидат физико-математических наук
(Институт прикладной геофизики)

Рис. Л. КУЛАГИНА

К СОЖАЛЕНИЮ,
ЧУДА НЕ БУДЕТ

Наша жизнь теснейшим образом связана с погодой и даже до некоторой степени подчинена ей. Только долголетняя, с младенческих лет привычка приспосабливаться к погоде делает это подчинение незаметным. Точнее, мы делаем вид, что не замечаем этого ила.

Раньше, ничего не зная о законах природы, мы могли еще верить в чудо или надеяться, что боги ниспошлют нам хорошую, нужную погоду. Теперь же, вооружившись знаниями, накопив громадный опыт, мы смирились с неизбежным, переносим любые капризы погоды.

А как хочется избавиться от этой зависимости, ощутить себя полновластным хозяином планеты, не только знающим ее, но и управляющим ее климатом, погодой.

Возможно ли это?

С ПОЗИЦИИ
„ГРУБОЙ СИЛЫ“

Мечтая о преобразовании климата и управлении погодой, человек все же кое-чему научился. На маленьких территориях мы можем делать ту «пого-

ДОЖДЬ ПЕРЕНОСИТСЯ НА ЗАВТРА

ду», какая нам желательна. В домах, цехах, конторах, лабораториях довольно просто поддерживается нужная температура и влажность воздуха. Можно пустить дождик-душ или включить вентилятор. Даже летом можно заморозить «реку» и создать ледяной каток.

Можно установить печки, холодильники и мощные вентиляторы, чтобы нагревать или охлаждать воздух над каким-нибудь городом, изменять направление и скорость ветра.

Такое управление погодой — грубой силой — в принципе возможно на малых территориях. Во время второй мировой войны, например, англичане рассеивали туман над аэродромами, подогревая воздух вдоль взлетно-посадочных полос с помощью нефтяных горелок.

Однако изменять погоду такими методами — наперекор естественным процессам — на территориях площадью, хотя бы несколько десятков квадратных километров, в настоящее время несущественно.

Создавая искусственный климат в комнате, мы тратим относительно немного энергии. Во всяком случае такой энергией мы располагаем. Энергия же движущихся воздушных масс, которые и определяют погоду, энергия, идущая на образование облаков или осадков, во много раз превышает мощность всех подвластных человеку энергетических установок. Только для образования гряды маленьких кучевых облаков требуется столько энергии, сколько дают самые крупные ГЭС в

течение нескольких часов. А чтобы участок площадью 10×10 квадратных километров полить водой слоем в один миллиметр (это соответствует очень слабому дождю), необходимо 100 000 тонн воды, то есть 2000 пятидесятитонных цистерн! А ведь дожди значительно большей интенсивности идут на площадях в десятки и сотни тысяч квадратных километров!

С колоссальными величинами мы встречаемся и при подсчете затрат, необходимых для изменения температуры или влажности воздуха на значительных территориях.

Таким образом, попытки воздействовать на погоду наперекор естественным атмосферным процессам в настоящее время обречены на провал. Необходимы слишком большие затраты энергии, которыми человечество еще не располагает.

УМНЫЙ
В ГОРУ НЕ ПОЙДЕТ,
УМНЫЙ
ГОРУ ОБОЙДЕТ

При изучении естественных процессов формирования осадков, в цепи последовательных переходов атмосферной влаги из одного состояния в другое, было обнаружено «слабое звено». Затрачивая небольшую энергию и нарушая процессы в этом слабом звене, удалось значительно изменить весь последующий механизм осадкообразования.

— Обработка кубического километра облака несколькими килограммами твердой углекислоты или несколькими граммами паров йодистого серебра при благоприятных условиях вызывает осаждение нескольких сотонн воды.

— Площадь дорог, улиц и площадей Москвы, с которых приходится убирать снег, около 40 квадратных километров! При снегопаде толщиной в 10 сантиметров необходимо переместить 400000 тонн снега!

— Через искусственно раскрытое в облачности окно размером 100 на 100 километров (работа трех самолетов в течение двух часов) может уйти в атмосферу 10^{16} калорий тепла.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ТАБЛИЦА ЭНЕРГИЙ

- 10^{17} — Энергия (в калориях), необходимая для изменения траектории воздушной массы протяжением около 1000 километров.
- $10^{15} - 10^{16}$ — Энергия ветра (скорость 20 метров в секунду) на фронте 200 километров.
- 10^{14} — Энергия, идущая на образование нескольких конвективных облаков.
- 10^{13} — Энергия, вырабатываемая в течение часа Волжской ГЭС им. Ленина.
- 10^{12} — Энергия, выделяемая при полном распаде 200 граммов Урана.
- $10^9 - 10^{10}$ — Энергия, выделяемая при сжигании одной тонны нефти.

Как известно, количество находящегося в воздухе водяного пара при некоторой температуре не может быть больше определенной величины. Например, при температуре минус 20 градусов в кубическом метре воздуха может находиться не более 1,08 грамма водяного пара, при нуле — 4,96, при плюс 20—17,32, а при плюс 40 градусах — 51,1 грамма.

Если воздух, содержащий максимальное для данной температуры количество водяного пара, охладить, то излишняя влага перейдет в жидкое состояние, сконденсируется на всегда находящихся в воздухе маленьких частицах (так называемых ядрах конденсации).

В природе охлаждение воздуха происходит при его подъеме. Через каждые 100 метров его температура падает примерно на половину градуса. При подъеме воздуха (за счет слабых восходящих потоков) все большее и большее количество парообразной воды переходит в жидкое состояние — в капельки воды. Наступает, наконец, момент, когда температура воздуха становится отрицательной. Однако поднимающиеся вместе с воздухом водя-

ные капельки (диаметром до нескольких тысячных долей миллиметра) сразу не замерзнут. Опыты показали, что даже при температуре минус 40 градусов в воздухе может находиться очень много воды (до тысяч капель в одном кубическом сантиметре) в так называемом переохлажденном состоянии. Следует отметить, что капли таких размеров имеют очень небольшую скорость падения (1—2 сантиметра в секунду) и поэтому поддерживаются в воздухе слабыми восходящими потоками.

Находящиеся в воздухе переохлажденные капельки и есть «слабое звено». Если заморозить часть из них, то оставшиеся жидкими капли начнут быстро испаряться, а замерзшие ледяные кристаллы растут за их счет. Выросшие снежинки слипаются друг с другом, образуя крупные комки.

Такие частицы снега уже могут преодолеть слабые восходящие потоки воздуха (скорость падения 1—10 сантиметров в секунду) и быстро выпасть в виде снега или дождя, если при падении снежинки попадут в слои воздуха с положительной температурой и расстают. Облако, лишенное капелек, перестанет существовать, рассеется.

ГЛАДНО БЫЛО
НА БУМАГЕ,
ДА ЗАБЫЛИ
ПРО ОВРАГИ...

Полученные в лабораториях экспериментальные результаты немедленно привлекли внимание широкой общественности. Газеты и журналы зарубежных стран запестрели заголовками «искусственный дождь», «человек делает погоду» и т. п. В Америке появились десятки фирм «делателей дождя». Заключались контракты на дождь и... возникали скандальные судебные процессы. Например, власти района Гетсхил пытались привлечь к ответственности Нью-Йоркский муниципалитет за «похищение облаков» и искусственного их осаждения в засушливый 1950 год. Особо рьяные реакционеры выступали с пламенными речами, требуя не пускать дожди в страны социализма! Но широко поставленный бум, на котором многие нагрели руки, постепенно заглох. «Делатели дождя» обрабатывали облака над одним полем: дожди шли, но на соседних полях они шли тоже. А когда дождя нигде не было, то сколько чего не сыпали, ни одной капли не выпадало. Одурченные клиенты стали прислушиваться к голосам ученых, которые до того заглушал рекламный вой. Выяснилось, что прежде чем ожидать сногшибательных результатов, надо тщательно изучить механизм образования осадков в естественных облаках, понять все особенности и тонкости процесса, а эффект будет только тогда, когда в нужное время и в определенном месте облака будет заморожено столько-то капель.

Иными словами, прежде чем управлять погодой, надо как следует изучить естественный природный процесс, изучить, как и чем воздействовать на облака, то есть поставить опыты в естественных природных условиях.

У САМОИ МАЛЕНЬКОЙ
ЛАБОРАТОРИИ
ПЛОЩАДЬ — 2 500 000 000
КВАДРАТНЫХ МЕТРОВ,
ВЫСОТА ПОТОЛКА —
10 000 МЕТРОВ

Опыты... Еще со школьной скамьи мы привыкли к тому, что опыты — это приборы или пробирки на столе, про-

вода и трубы, различные механические конструкции. В институтах опыт ассоциируется с лабораторией, установленной столами с хитроумными приборами, или даже с отдельными зданиями, где расположен комплекс установок. В условиях физического эксперимента можно неоднократно повторять опыт, менять те или иные условия его проведения. Можно, наконец, прервать опыт, подумать, посчитать, изменить схему.

Ученые, занятые вопросами воздействия на погоду и преобразования климата, имеют дело в худшем случае с атмосферой половины земного шара, а в лучшем — при изучении отдельных облачных систем или облаков — с территорией, простирающейся на десятки и сотни километров, и с объемами в десятки и сотни тысяч кубических километров.

Кроме того, погода в одном и том же пункте земного шара год от года изменяется. То лето жаркое, то холодное, то много выпало осадков, то мало. И хотя средние многолетние данные дают возможность характеризовать погоду вообще (допустим, май в Москве), реальная погода может значительно отличаться от средней.

Поэтому при экспериментах с погодой надо проводить очень много опытов при различных условиях, сортировать их, выискивать данные с похожими условиями, искать в хаосе случайных изменений общие закономерности. Все это усложняется еще и тем, что погода непрерывно меняется. Подождать и подумать — времени нет.

Итак, лаборатории ученых, занимающихся воздействием на погоду, превращаются в полигоны площадью в несколько тысяч квадратных километров, на которых размещены приборы, фиксирующие состояние погоды. А так как погода может быть разная на участках, расположенных на расстоянии в несколько километров, то необходимы сотни приборов, установленных в нескольких километрах друг от друга.

Для того чтобы знать, из каких частиц состоит облако, какая его толщина, как высоко расположена верхняя граница облака, есть ли в облаке прослойки, наконец, сколько их, нужно еще поднять в воздух несколько специально оборудованных самолетов.

ИТАК, ПОСТАВИМ МАЛЕНЬКИЙ ОПЫТ, ВОЗЬМЕМ...

ров один от другого (желательно в шахматном порядке);

2) аэродром, оборудованный приборами для взлета и посадки самолетов в любую погоду;

3) несколько самолетов, оборудованных приборами для измерения температуры и влажности воздуха, размеров и количества облачных капель и кристаллов, скорости восходящих потоков воздуха;

4) радиоцентр и радиолокационный пост для управления полетами и связи между самолетами и наземными пунктами;

5) установки для заброса с земли в облако различных веществ или оборудуем еще несколько самолетов для выброса реагента в нужную часть облака;

6) десяток-другой метеорологических станций для непрерывных наблюдений за погодой;

7) несколько радиолокационных станций для того, чтобы следить за осадками на выбранной нами территории.

После этого нам останется только добиться, чтобы все это оборудование четко и синхронно работало, причем в любое время суток в самую плохую с общепринятой точки зрения погоду.

Теперь все готово для проведения опыта...

Впрочем, еще не совсем. Ведь приборы, расположенные на полигоне, необходимо проверять и обслуживать, записывать их информацию и передавать для обработки и анализа. Но населенные пункты встречаются не так часто и многие приборы приходится ставить в «чистом поле», далеко от жилья.

Следует заметить, что оставленные на произвол судьбы автоматические приборы часто вызывают законный интерес у местного населения. Американские ученые, например, жаловались, что часто приборы для регистрации выпадающих осадков-пловиографы — оказывались продырявленными пулями проходящих мимо охотников или просто похищенными. У нас были случаи другого характера. Колхозники приносили приборы на базу, иногда за десятки километров, считая, что делают доброе дело и что приборы случайно оказались в поле. Но самым большим бичом приборов в безлесных районах являются... коровы. Двухметровый стол с прибором наверху оказался очень удобным приспособлением для того, чтобы чесаться об него.

Летчикам, летающим на самолетах, приходилось переучиваться. Вместо привычных правил, требующих избегать встречи с облаками, быстро пересекать облачность, где наблюдалась обледенение, стремиться летать в условиях визуального полета, они должны были часами находиться в облаках, изучая их физические свойства или сбрасывая в облака различные реагенты.

**К КАЖДОМУ ОБЛАКУ —
ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ПОДХОД:
ПОСТАВИТЬ ДИАГНОЗ,
ВЫПИСАТЬ ЛЕКАРСТВО**

В настоящее время в руках человека только один метод, которым он может влиять на облако — метод частичного замораживания переохлажденных облачных капелек.

Но замораживать можно различными путями: выбрасывая с самолета, лежащего в облаке, дробленые частицы твердой углекислоты, забрасывая частицы углекислоты в низкие облака с земли при помощи мощных вентиляторов, а в высокие — при помощи ракет или артиллерийских снарядов.

Кристаллизацию капелек можно вызывать и другим путем. Дымы некоторых химических веществ, например йодистых серебра и свинца и некоторых других, при попадании в облако также вызывают замерзание переохлажденных капелек. Дымы можно вводить в облако при помощи наземных или самолетных установок или при помощи ракет и снарядов. Вся трудность заключается в выборе времени, места и средства введения реагента.

Для наблюдателя, находящегося на земле, при сплошном облачном покрове видно только нижнюю границу облачности. Серая пелена покрывает небо, из нее идет или не идет снег. В зависимости от задачи и строения облачности в нее нужно вводить различное количество реагента.

В настоящее время отработаны методы воздействия на сравнительно небольшой тип облачности. Хорошо рассеивается однослоистая и многослойная облачность небольшой толщины (до одного километра). Количество осадков, выпадающее из этих облаков, невелико и составляет доли миллиметра.

Облака толщиной свыше километра, как правило, рассеять полностью не удается. Хотя можно вызывать из них дополнительные осадки, которые дают слой воды до нескольких миллиметров толщины.

Воздействовать на облака большой толщины и протяженности — фронтальные облака, — дающие наибольшее количество осадков, мы пока еще не можем. Проблема только изучается. Со скоростью 50—70 километров в час проносятся они над землей, неся с собой миллионы тонн воды. Жалким выглядит самолет, попавший в эти грозные тучи: его швыряет и бросает, как щепку. Крылья самолета покрываются плотным налетом льда, машина тяжелеет, и моторы уже не в состоянии поддерживать ее на заданной высоте или — еще хуже — мощные вихри разламывают самолет.

1) Территорию небольшой площади, скажем 100 на 100 километров, и разместим на ней приборы для регистрации осадков — осадкомеры (пловиографы) на расстоянии 5—10 километров.

**ЛУЧШЕ ПОЛУЧИТЬ
1000 УДАРОВ СОЛОМИНКОЙ,
ЧЕМ ОДИН ПАЛКОЙ**

Если зашел разговор об опытах по воздействию на облака, следует остановиться еще на одном типе облаков. Они возникают в жаркий летний день. Их высота до 10 километров. Площадь основания — несколько десятков квадратных километров. Однако эти облака опасны тем, что вместо дождя из них идет град. В некоторых районах он просто бедствие. До 10—20 процентов урожая уничтожается градом. И хотя площадь его выпадения в общем небольшая, ущерб от него очень большой.

Самолеты не только не могут залетать в градовое облако, им опасно даже приближаться к нему. Но, к счастью, в градовых облаках существует то же самое «слабое звено», и сейчас найдены методы борьбы с этим грозным явлением. И уже не самолеты, а специальные ракеты несут в центр градового облака различные вещества, вызывающие образование большого числа мелких, совершенно безопасных, ледяных частиц (вместо небольшого количества крупных градин), которые при падении успевают растаять и превратиться в безобидные капли дождя.

**МЫ ВСЕ ДОБУДЕМ,
ПОЙМЕМ И ОТРОЕМ**

В настоящее время воздействие на облака уже находится на пути от «лабораторных» исследований к внедрению в практику народного хозяйства. То там, то здесь слышим мы о практических успехах работ по рассеиванию облаков, вызыванию дождя и изменению погоды.

Уже не один раз пассажиры многих аэропортов неожиданно вызывались на посадку, когда в десяти метрах ничего не было видно, а затем самолет взлетал, пробежав по взлетной полосе где светило солнце...

Многие, наверное, читали о затмении в Крыму в январе 1961 года. Астрономы Советского Союза и ряда зарубежных стран съехались в Крым, чтобы изучить это редкое явление. Во время затмения можно получить много новых сведений о жизнедеятельности солнца, которое, кстати сказать, является основным и единственным источником энергии атмосферных процессов нашей планеты. Годами готовились астрономы к наблюдениям. За несколько месяцев началась подготовка и в Крыму на астрономической площадке. Но в день затмения, утром, весь Крым



Фотографии показывают, как ведет себя сплошная облачность (верхний снимок) под воздействием химических веществ. На нижнем снимке — результат «обработки» облачного покрова.

