

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

ОЧЕРЕДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ.

Э. В. Шпольский.

1.

Стремительное развитие, которое испытала физика за последние пятьдесят лет, поставило эту науку в совершенно исключительное положение.

Современная физика опирается в своём развитии на необычайно мощную экспериментальную базу. Физические исследования нередко ставятся в большом техническом масштабе и требуют для своего выполнения уже не лабораторных приборов, а больших машин и целых сооружений, весящих десятки, сотни и даже тысячи тонн.

Вещество подвергается давлению порядка $100\,000\text{ кг/см}^2$ или охлаждается до температуры, близкой к абсолютному нулю, или помещается в электрические и магнитные поля сверхвысоких напряжений. Измеряются ничтожно малые интенсивности света, соответствующие нескольким десяткам фотонов на см^2 в сек., или электрические токи, при которых через поперечное сечение проводника проходит один-два десятка электронов в секунду, и т. д.

Широко используются автоматическая регистрация и запись, обеспечивающие полную объективность и ускоряющие темп работы в такой степени, что уже благодаря этому создаются качественно новые возможности. Работы в области космических лучей производятся многочисленными экспедициями, снабжёнными множеством тонких приборов и установок, которые, однако, бесперебойно работают в необычных и трудных экспедиционных условиях.

Замечательна также интенсивность внедрения новых физических методов и теоретических построений в смежные с физикой науки. Химия, а в последнее время также и биология, могут служить примерами. Но особенно замечательна быстрота, с которой завоевания физики используются на практике и дают начало целым новым отраслям техники. Если раньше между физическим открытием и его использованием в технике проходило чуть ли не столетия, то теперь на

глазах одного поколения из лабораторного эксперимента вырастает большая техника с многомиллионными капиталовложениями и с десятками тысяч занятых людей. Вместе с тем развитие техники поднимает на высшую ступень и физический эксперимент, создавая для него новые возможности. Лучшим примером может служить развитие радиотехники, вышедшей из физических исследований и, в свою очередь, предоставившей в распоряжение физиков совершенно новые экспериментальные средства, революционизировавшие всю технику физического эксперимента.

Конечно, нет возможности в небольшой статье, написанной одним автором, сколько-нибудь полно очертить проблемы, стоящие перед физикой. Можно лишь попытаться наметить некоторые из направлений, в которых должно пойти развитие в ближайшие годы.

II.

Исследование атомного ядра является центральной проблемой современной физики. Выдающиеся успехи, достигнутые в этой области за последнее время, общеизвестны. Однако, несмотря на эти успехи, изучение ядерных явлений не только далеко от завершения, но, в сущности, находится ещё в самом начале своего развития. Природа ядерных сил до сих пор является нерешённой задачей. Нет надобности много говорить о том, что использование ядерной энергии — эта грандиозная задача техники будущего — делает ещё только первые шаги. Есть основания думать, что ближайшие годы принесут ряд новых крупных открытий. В самом деле, за последнее время привлекает к себе внимание интенсивная разработка новых типов ускорителей и усовершенствование старых. Речь идёт о переходе от частиц с энергиями в миллионы (или десятки миллионов) электрон-вольт к энергиям в сотни миллионов электрон-вольт. Вероятно, в ближайшее время будут получены частицы с энергией в полмиллиарда электрон-вольт. Когда эта новая «атомная артиллерия» будет пущена в ход, несомненно откроется множество новых фактов, которые, в частности, облегчат и дальнейшее продвижение теории. В этом отношении текущий момент в развитии ядерной физики напоминает время между первыми работами Резерфорда по трансмутации элементов (1919 и последующие годы) и началом бурного развития осуществления и исследования ядерных реакций; это был также период искания новых экспериментальных средств, закончившийся открытием циклотрона и его последующими плодотворными применениями.

Большие успехи, достигнутые в разделении стабильных изотопов, кладут начало новой химии и физике чистых изотопов.

В химии уже осуществлён синтез ряда органических соединений с заменой обычных атомов на их более редкие изотопы (N^{15} вместо N^{14} , дейтерий вместо водорода). В физике можно указать, как на любопытный пример, на получение чистого изотопа ртути Hg^{198} (пу-

тём ядерной реакции нейтронов с золотом Au^{197} и последующего превращения получаемого при этом изотопа Au^{198} в Hg^{198}) в количестве, достаточном для заполнения разрядной трубки до давления порядка 10^{-3} мм Hg. Получаемый при прохождении тока в этой трубке спектр чистого изотопа Hg^{198} даёт стандарт длины по своим качествам, значительно превосходящий (вследствие полного отсутствия сверхтонкой структуры и очень малого — ввиду значительной массы носителя — доплеровского расширения) обычный стандарт — красную кадмиевую линию.

Возможность получения радиоактивных изотопов, иногда в заметных количествах (C^{14} , Na^{24}), открывает разнообразнейшие пути для развития прикладной ядерной физики. В химии метод радиоактивных индикаторов даёт возможность исследовать механизм обменных реакций, определять упругость пара или растворимость веществ, трудно доступных изучению другим путём. «Синтез» новых элементов 43, 85, 93, 94, 95, 96, заполняющих пустые места в периодической системе или расширяющих её, и исследование химических свойств этих новых элементов, которое, в частности, привело к уточнению структуры самой периодической системы, являются важнейшим вкладом ядерной физики в развитие химии. В металлургии применение тех же радиоактивных индикаторов для изучения процессов диффузии в металлах открывает огромное количество новых возможностей.

Широкую известность приобрели биологические исследования обмена веществ у растений и животных с радиоактивными индикаторами и со стабильными изотопами в качестве «меченых» атомов. Наконец, новые средства и методы ядерной физики находят себе применение в медицине. Вся эта новая область широчайших применений ядерной физики должна получить в ближайшие годы интенсивное развитие.

С изучением атомного ядра тесно связана проблема космических лучей — этого замечательного явления, где наблюдаются процессы, пока еще неосуществлённые в лаборатории. В космических лучах наблюдаются частицы с энергиями до 10^{10} электрон-вольт; скорость электронов, обладающих такой энергией, составляет уже 0,99999999870 скорости света. Несомненно, что исследование космических лучей, помимо чрезвычайной привлекательности самой этой проблемы, уже сыграло и будет играть в дальнейшем большую роль в развитии наших представлений в области атомного ядра. Достаточно вспомнить, что две элементарные частицы — позитроны и мезоны — были открыты в космических лучах и вспомнить о той роли, которую играют мезоны в современных теориях ядерных сил.

III.

Изучение природы и свойств твёрдых тел является проблемой, значение которой для познания окружающего нас мира и для развития техники трудно оценить. Со времени открытия рентгеноструктурного

анализа, который дал в руки исследователя мощный метод изучения внутреннего строения твёрдых тел — особенно кристаллических твёрдых тел, эта область испытала быстрое движение вперёд.

Достигнуты существенные успехи в понимании таких важных для техники процессов как, например, пластическая деформация или фазовые превращения в металлах. Тем не менее количество проблем, подлежащих разрешению, и здесь ещё очень велико.

В области изучения механических свойств металлов выдвигается, например, дальнейшее изучение пластичности и прочности, в частности изучение природы пластической деформации и разрушения материалов, исследование свойств несовершенной упругости металлов (упругое последействие и гистерезис), до сих пор ещё изученных очень мало, и др.

Среди проблем физики твёрдых тел особый интерес приобрели за последнее время проблемы аморфных тел — простых и высокомолекулярных. Аморфные тела — это пластмассы и эластичные материалы, стекла, эмали, смолы и т. п. материалы, получившие за последнее время исключительно широкое применение в технике. Исследование физических свойств этих чрезвычайно интересных и с научной точки зрения своеобразных видов вещества, с успехом развивавшееся в СССР в предыдущие годы, будет продолжено и в ближайшем пятилетии. Перед исследователями стоит увлекательная задача разработки теоретических основ получения материалов с заданными свойствами.

Квантовая теория дала общую картину механизма прохождения электричества в проводниках, полупроводниках и диэлектриках. Особенно большое внимание привлекали за последние годы полупроводники. В теоретическом отношении исследование свойств полупроводников, занимающих промежуточное положение между металлами и диэлектриками, чрезвычайно интересно, так как это исследование одновременно освещает природу металлов и диэлектриков. Практическая важность исследования полупроводников связана прежде всего с тем, что к этому классу принадлежит большинство тел природы: полупроводниками являются очень большое количество соединений металлов с металлоидами и, что особенно интересно, также и некоторые сплавы металлов. Далее, как известно, полупроводники используются в современных выпрямителях, фотоэлементах с запирающим слоем и термоэлементах. Замечательные свойства полупроводниковых фотоэлементов, обладающих огромной чувствительностью, которая у различных фотоэлементов охватывает область от среднего ультрафиолета (300 мμ) до инфракрасной части, представляют интерес не только с точки зрения техники измерений, но и дают надежду на возможность их использования для непосредственного превращения световой энергии в электрическую. В настоящее время к. п. д. этого превращения ещё очень мал. Именно поэтому дальнейшая работа над улучшением свойств полупроводниковых фотоэлементов и, в частности, — над повышением их к. п. д. — является очень существенной. Приближи-

тельно то же можно сказать и о полупроводниковых термоэлементах, позволяющих непосредственно превращать тепловую энергию в электрическую: их к. п. д. также ещё мал, и работа над его повышением является очередной задачей.

Развитие техники высоких напряжений, как для целей передачи энергии на большие расстояния, так и для современных высоковольтных научных установок, требует работы над изучением свойств диэлектриков. В современной высоковольтной технике недавно нашли применение в качестве изоляторов не только твёрдые и жидкие тела, но также и сжатые газы. Изыскание газов, обладающих повышенной электрической прочностью, выяснение возможностей применения в высоковольтной технике газов с большой электрической прочностью — являются актуальной задачей. Столь же актуальным, конечно, является дальнейшее изучение электрической прочности твёрдых тел. С теоретической точки зрения важно изучение связи между строением вещества и его электрической прочностью. Это изучение в будущем должно помочь отысканию веществ, обладающих необходимыми диэлектрическими свойствами на основании ясной картины механизма процесса, а не путём эмпирического подбора.

За последнее время вновь привлёк внимание класс веществ, называемых сегнетоэлектриками. Эти вещества ведут себя в электрических полях совершенно аналогично тому, как ферромагнетики ведут себя в полях магнитных. Сегнетоэлектрики, в частности, исследованный недавно титанат бария, обладают огромными значениями диэлектрической проницаемости. Вместе с тем у них, как и у ферромагнетиков, наблюдается зависимость диэлектрической проницаемости от напряжённости поля и гистерезис. Высокие значения диэлектрической проницаемости у сегнетоэлектриков открывают возможности их применения в качестве электронизирующих материалов, ввиду чего дальнейшее изучение этих своеобразных тел представляет большой практический интерес.

До сих пор речь шла о твёрдых телах — поликристаллических или аморфных. Изучение монокристаллов всегда было и остаётся одной из важнейших задач физики твёрдого тела. Среди проблем, стоящих перед исследователями в этой области, следует прежде всего назвать дальнейшее применение рентгеновского и электронографического анализа к установлению структуры конкретных кристаллов. Далее, изучение физических свойств — пьезоэлектрических, механических, оптических — важно не только с научной, но и с практической точки зрения. В этом последнем отношении достаточно напомнить о разнообразных применениях пьезоэлектрических элементов и о различных кристаллооптических приспособлениях.

Выдающееся принципиальное значение имеет исследование свойств вещества при температурах, близких к абсолютному нулю. В этих исключительных условиях проявляются квантовые свойства вещества: сверхпроводимость и сверхтекучесть. Дальнейшее развитие успехов,

уже достигнутых в этом направлении, должно дать много ценных результатов, углубляющих наши знания о природе материи.

До недавнего времени жидкости обычно сближались с газами. Это представление естественным образом вытекало из теории Ван-дер-Ваальса о непрерывном переходе между жидким и газообразным состояниями. Несомненно, что при высоких температурах — особенно при температурах, близких к критическим — и при невысоких давлениях такое сближение жидкости с газом вполне отвечает действительности. С другой стороны, глубокое различие между твёрдыми телами и жидкостями представлялось тем более очевидным, что характерным признаком жидкости является её текучесть, тогда как твёрдые тела характеризуются высокими значениями упругости на сдвиг.

Однако, уже давно известно, что именно это характерное различие является вовсе не качественным, а только количественным, так как текучесть в некоторой мере присуща и твёрдым телам, а определённое скалывающее усилие имеется у жидкостей. Поэтому сближение жидкого состояния с твёрдым является в такой же степени законным, как и сближение жидкости с газом. В самом деле, жидкое состояние, как состояние промежуточное, при различных условиях должно обнаруживать все стадии перехода от свойств твёрдого тела к свойствам газа. Если при температурах, близких к критическим, жидкость должна быть подобна газу, сжатому до малого объёма, то при температурах, близких к температуре кристаллизации, жидкость должна обнаруживать черты сходства с твёрдым телом.

Экспериментальные данные последнего времени, особенно открытие при помощи рентгеновского анализа так называемых «сиботактических областей» в жидкости, т. е. в сущности беспорядочно распределённых субмикроскопических областей, сохраняющих кристаллическую структуру, подчеркивают близость между жидким и твёрдым состоянием. Идея близости жидкости с твёрдыми телами, высказанная уже Максвеллом и долгое время находившаяся в забвении, в последние годы получила широкое распространение и оказалась чрезвычайно плодотворной как для теоретических построений, так и для новых экспериментальных работ. Как всегда бывает, возрождение какой либо идеи на новом теоретическом и экспериментальном уровне сразу открывает большие возможности, которые раньше было трудно предусмотреть. Поэтому исследование жидкого состояния является одной из привлекательных, хотя и трудных проблем современной физики.

IV.

В области физической оптики большую важность за последние годы приобрело исследование фотолюминесценции. Это красивое явление давно уже привлекало к себе внимание физиков, но до недавнего времени этот интерес был чисто теоретическим. Лет 25 назад ещё трудно было представить, что фотолюминесценция может при-

обрести практическое значение. Однако, за последние годы применения люминесцирующих материалов достигли редкой широты. Кристаллофосфоры нашли себе применение в новых люминесцентных лампах, которые в ближайшие годы, вероятно, вытеснят лампы накаливания. Люминесцирующие экраны в катодных осциллографах, телевизионных устройствах, электронных микроскопах и преобразователях изображений, рентгеновские усиливающие экраны и экраны для просвечивания также изготавливаются из кристаллофосфоров. Наконец, флуоресценция лежит в основе быстро развивающегося чувствительнейшего метода анализа, имеющего широчайшие применения от проблем качественного и количественного анализа в неорганической, органической и биологической химии до криминалистики.

Все эти разнообразные применения люминесценции выдвигают перед физиками огромное количество проблем как практического, так и чисто научного характера. Наряду с этой практической стороной, явления люминесценции попрежнему привлекают внимание исследователей, как путь для решения задач о структуре молекул, о перераспределении поглощённой энергии молекул и об обмене энергией между возбуждёнными и невозбуждёнными молекулами. Это последнее направление в исследовании флуоресценции имеет важное значение для соседних с физикой дисциплин, в особенности для фотохимии.

Другой путь для исследования структуры вещества со стороны физической оптики открывает изучение аномальной дисперсии света. Этот метод, достигнувший большого совершенства благодаря классическим работам Д. С. Рождественского, является мощным средством исследования взаимодействия света и вещества. Он доставляет важные сведения, позволяющие судить о свойствах и поведении отдельных атомов и молекул. Развитие и применение исследований аномальной дисперсии и абсорбции света являются поэтому одной из важных задач, которые стоят перед нашими физиками.

Третий путь для изучения свойств и структуры вещества при посредстве оптических явлений открывает исследование рассеяния света. Как известно, изучение комбинационного рассеяния дало огромный материал относительно строения молекул разнообразнейших химических соединений. Многие сотни органических и неорганических соединений исследованы таким путём. Изучение так называемых «крыльев» рэлеевского рассеяния подвело к трудной проблеме изучения природы жидкого состояния вещества. Эта проблема также может решаться путём совместного изучения молекулярного рассеяния (классического и комбинационного), инфракрасного поглощения и ультразвуковых колебаний. Наконец, исследование двойного лучепреломления в электрическом поле высокой частоты также даёт ценные данные о природе жидкого состояния.

Оптические методы анализа состава вещества приобрели исключительно широкое применение. Эти методы характеризуются высокой чувствительностью, точностью и быстротой, ставящей их вне конку-

ренции с обычными методами анализа. Нередки случаи, когда оптические методы позволяют производить в несколько минут анализ, требующий для обычных химических методов дней и недель, а иногда и вовсе невозможный. Из этих методов наибольшее распространение получил пока метод эмиссионного спектрального анализа, широко вошедший в практику массовых анализов в научных и заводских лабораториях. Наряду с эмиссионным всё большее значение приобретает анализ абсорбционный, с успехом применяемый для анализа многокомпонентных смесей углеводов по их инфракрасным спектрам поглощения и для анализа биологически важных веществ (витамины, гормоны), по их ультрафиолетовым спектрам. О люминесцентном анализе уже упоминалось выше. Развитие этих методов выдвигает многочисленные сложные проблемы, связанные как с исследованием спектров, так и с конструированием аппаратуры, применением автоматической регистрации, разработкой источников света и т. п.

V.

Объективные методы оптического анализа обязаны своим успехом развитию электронных приборов — фотоэлементов и усилительных ламп. Разумеется, однако, это только одна и при том, пожалуй, небольшая сторона в том гигантском значении, которое приобрели электронные приборы в современной науке и технике. Радиотелеграфия и телефония, радиолокация, телевидение, электронная микроскопия достигли своих поистине сказочных успехов именно благодаря усовершенствованию электронных приборов и развитию электронной оптики. Понятна поэтому роль исследования тех физических явлений, на которых основаны эти приборы — фотоэффекта, термоэлектронной и аутоэлектронной эмиссии.

Электромагнитные колебания и волны диапазона радиочастот выдвигают перед физикой большое количество интересных и важных проблем. Как известно, за последнее время особенное значение приобрели электромагнитные колебания сверхвысокой частоты (деци-, санти- и миллиметровые волны). Развитие радиолокации и радиогеодезии, телевидение, различные практические и научные применения радио, связанные с использованием волн сверхвысокой частоты, выдвигают эту область в качестве одной из самых актуальных. В частности, проблема генерации мощных незатухающих колебаний сантиметрового-миллиметрового диапазона и даже более коротких волн, проблема распространения радиоволн, тесно связанная с проблемой ионосферы, повышение точности измерения скорости распространения радиоволн, имеющее основное значение для радиогеодезии — вот краткий и далеко не полный перечень задач, стоящих в этой области.

С проблемами радиофизики тесно связана имеющая весьма общее и широкое значение теория нелинейных колебаний, с таким успехом разрабатываемая школой покойного Л. И. Мандельштама. Насколько

широки и разнообразны применения этой теории, можно судить по тому, что среди очередных её задач, требующих своего разрешения, наряду с вопросами генерации и приёма сверхвысоких частот — стоят задачи применения теории нелинейных колебаний к динамике машин (электрических и паровых), к движению релятивистских частиц в связи с развитием ускорителей, позволяющих получать частицы с энергиями в сотни миллионов электрон-вольт (бетатрон и др.). Наконец, методы этой теории с успехом могут применяться для выяснения природы сил, действующих на малых (порядка 10^{-6} см) расстояниях от свободной поверхности твёрдых или жидких тел, т. е. к проблемам, связанным с природой механического трения, электрического контакта и т. д.

Современная акустика выросла в большую область, интересную и важную как с научной, так и с практической точек зрения. Внедрение в акустические исследования новых экспериментальных методов, связанных с развитием радиоаппаратуры — с одной стороны, усовершенствование классических, математических методов, применяемых в акустике, — с другой, дало мощный толчок её развитию. Проблемы, стоящие здесь перед физиками, чрезвычайно широки. Передача и воспроизведение человеческой речи и музыки (телефония, радиовещание) ведёт к исследованиям, имеющим основное значение также и для физиологии слуха и речи; распространение звука в воде имеет большое военное значение (подводная звуковая связь и разведка); наконец, архитектурная акустика имеет особенное значение в связи с намеченным пятилетним планом, огромным масштабом строительства — жилого и промышленного. Большое количество акустических проблем выдвигает также строительство больших общественных зданий (концертные залы, аудитории) и, в особенности, строительство Дворца Советов.

VI.

Наряду с конкретными проблемами, кратко очерченными выше, имеются, конечно, и общие теоретические проблемы, ещё ожидающие своего разрешения. Попрежнему внимание теоретиков привлекает задача построения релятивистской квантовой механики, ещё не преодолены серьезные трудности в квантовой электродинамике.

Характерная черта физики XX столетия в том, что её теории выдвинули ряд важных философских проблем. Теория относительности выдвинула проблему пространства и времени, квантовая механика — проблему причинности. Перед советскими физиками и философами стоит важная задача обобщения теоретических итогов современной физики на основе диалектического материализма, в противовес идеалистическим толкованиям, которые ещё и теперь нередко появляются в зарубежной литературе.

В своей речи на собрании избирателей 9-го февраля 1946 г. тов. Сталин выдвинул задачу строительства научно-исследовательских ин-

ституты и развития науки в качестве одной из трёх важнейших государственных задач нашей страны. «Я не сомневаюсь, — сказал тов. Сталин, — что если окажем должную помощь нашим учёным, они сумеют не только догнать, но и превзойти в ближайшее время достижения науки за пределами нашей страны». Это историческое задание тов. Сталина возлагает особенную ответственность на советских физиков, ввиду той роли, которую приобрела физика в развитии техники и в обороне страны. Советские физики должны напрячь все свои силы для того, чтобы во-время и с честью выполнить огромные задачи, поставленные Партией и Правительством перед учёными нашей страны.
