

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



P2 - 7079

М.А.Марков

БУДУЩЕЕ НАУКИ

(Необходимо ли строить ускоритель
на большую энергию?)

1973

ЛАБОРАТОРИЯ
ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

P2 - 7079

М.А.Марков

БУДУЩЕЕ НАУКИ

**(Необходимо ли строить ускоритель
на большую энергию?)**

Представлено на Совещание ведущих ученых стран-участниц ОИЯИ по перспективам развития физики элементарных частиц и атомного ядра. Май, 1973 г.

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Марков М.А.

P2 - 7079

Будущее науки (Необходимо ли строить ускоритель частиц на большую энергию?)

Содержится обзор перспективных направлений физики высоких энергий.

Препринт Объединенного института ядерных исследований.
Дубна, 1973

Markov M.A.

P2 - 7079

The Future of the Science (Is it Necessary to Build Particle Accelerators of Higher Energy?)

The paper contains review of perspective trends in high energy physics.

Preprint. Joint Institute for Nuclear Research.
Dubna, 1973

БУДУЩЕЕ НАУКИ

(Необходимо ли строить ускоритель частиц на большую энергию?)

М.А.Марков

Речь идет в основном о будущем физики высоких энергий. Близкое и отдаленное будущее физики высоких энергий широко обсуждалось на протяжении последнего десятилетия. Особенно интенсивно шли обсуждения, когда проектировалось строительство ускорителя в Батавии.

Итоги этого обсуждения подведены в сборнике "Природа материи. Цели физики высоких энергий" /1/. Материалы сборника перепечатаны в журнале "Успехи физических наук" /2/ с добавлением ряда статей советских авторов.

Но теперь, когда строительство ускорителя в Батавии успешно завершается и начинается его эксплуатация - естественно и своевременно возникает проблема следующего поколения ускорителей на более высокие энергии. Естественно - с точки зрения прогнозирования тенденции в развитии науки вообще и, своевременно по характеру объекта прогнозирования, в частности. Действительно, в предисловии к одному из документов, относящихся к проектированию европейского 300 ГэВного ускорителя в ЦЕРНе, Б.Грегори (в то время директор ЦЕРНа) писал:

"Я должен указать на одно различие между физикой высоких энергий и многими областями наук. Неизбежно большие размеры установки вынуждают нас вести планирование лет на пятнадцать вперед" /3/.

Таким образом, речь будет идти о следующем поколении ускорителей и, в сущности, для следующего поколения физиков.

В настоящее время будущее физики высоких энергий и поставленный в заголовке вопрос нельзя рассматривать вне связи с будущим физики и даже шире — науки вообще. За два истекшие десятилетия больших успехов достигли различные разделы физики, астрофизики, биологии.

И будущее, часто большое перспективное будущее этих разделов науки, привлекает общественное научное мнение и вызывает известную заботу и опасения о перспективах их материального обеспечения.

В последние годы появился ряд статей о будущем науки, в которых так или иначе затрагивается и будущее физики высоких энергий. Так, под таким названием в 1971 году появляется известная статья Ф. Дайсона^{/4/}. В том же 1971 году печатается в "Успехах физических наук" интересная по обширному фактическому содержанию и постановкам вопросов статья В. Л. Гинзбурга^{/5/}, а в 1972 году в журнале "Природа" появляется статья Л. А. Арцимовича^{/6/}, где акцентируется преимущественное развитие астрофизики. Обращают на себя внимание статьи^{/7/, /8/}, помещенные в журнале "New Scientists and Science" от сентября 1971 года. Одна из них (F. T. Cole)^{/7/} — это панегирик заканчивающемуся строительству синхротрона на 500 ГэВ в Батавии и предстоящей программе научных исследований, а другая (F. Anderson) — "Нужны ли большие машины?" относится к статье предыдущей, как (пусть простят мне это сравнение) античастица относится к частице.

Здесь "знаки" многих утверждений предыдущей статьи меняются на обратные.

Во всех этих статьях делается попытка разобраться в том, какие изменения произошли в физике, в естественных науках вообще, за последние годы, какое место занимает в науке в настоящее время физика высоких энергий, и что можно сказать о перспективах науки ближайших десятилетий.

В десятилетиях, близких к первой половине текущего столетия, крупнейшими достижениями отмечено развитие микрофизики. Бурное развитие ядерной физики тех десятилетий сопровождалось фундаментальными открытиями.

Огромное влияние этих открытий на экономику, политику и межгосударственные отношения привело к своеобразному элитизму ядерной физики и физики элементарных частиц. Представители других научных областей, физики твердого тела, химии, биологии и т.д., пораженные успехами этой научной области и значением этих успехов не только в науке, но и в социальной жизни Планеты^{/9/}, безропотно признавали этот элитизм.

Со временем существенные успехи пришли в другие области науки. Меняется научное общественное мнение об иерархии различных научных направлений. Ситуация имеет и чисто прозаическую сторону. Исследования в физике высоких энергий становятся очень дорогими, дорогими оказываются строящиеся ускорители.

Еще более дорогими окажутся ускорители будущих поколений. И в этой связи обсуждаются ценности получаемых на ускорителях результатов.

Иногда между строк можно усмотреть и вопрос: "А стоит ли игра свеч?"

Не хотелось бы идти по пути общих рассуждений — нужны или не нужны ускорители на сверхвысокие энергии вообще ("на все времена и

народы"). Хотелось бы ограничиться частным конкретным обсуждением — нужны ли ускорители следующей генерации, именно, после тех ускорителей, которые только вступили или вступают в эксплуатацию. Здесь имеется в виду как ускоритель традиционного типа в Батавии, так и протонный ускоритель на встречных пучках в ЦЕРНе.

Хотелось бы провести обсуждение, учитывая как оптимистические, так и пессимистические соображения цитированных выше статей; провести это обсуждение, имея в виду и развитие науки вообще, с учетом того, как оно прогнозируется, в частности, в цитированных статьях, "отжав" из этих статей все, что не относится к нашей проблеме непосредственно, но иногда создает "фон", ненужно усложняющий задачу.

Начнем со статьи Ф. Дайсона^{4/}. Статья Дайсона "Будущее науки" во многих отношениях любопытна. Статья начинается с воспоминаний ситуации в Кавендишевской лаборатории, которая возникла после смерти Эрнеста Резерфорда.

"К ужасу всех тех, кто еще остался в Кембридже, Брэгг (новый директор лаборатории), не предпринимал ни малейших усилий, чтобы восстановить былую славу Кембриджа... он не очень интересовался постройкой новых ускорителей... и любил повторять: "Мы здорово обучили мир, как надо заниматься ядерной физикой. Давайте теперь покажем им, как нужно заниматься чем-то новеньким".

И это "новенькое", как известно, действительно возникло в виде научных направлений в радиоастрономии и молекулярной биологии, развитие которых сопровождалось действительно фундаментальными открытиями. Анализируя причины успеха Брэгга, как руководителя Кавендишевской лаборатории, Дайсон формулирует "три правила запрета", которые, по мнению Дайсона, помогли Брэггу в той ситуации, которая

сложилась в Кембридже в конце тридцатых годов. "Я убежден (пишет Дайсон), что из этой истории для нас вытекают сегодня (т.е. ... для обсуждения физики будущего) весьма важные выводы".

Прежде всего, хотелось бы понять, могут ли эти выводы, эти правила действительно пригодиться в нашей ситуации.

Эти правила звучат почти как религиозные заповеди, носят характер категорического императива:^{х)}

Не следует пытаться возродить былую славу... — Ведь это вопрос конкретной обстановки, конкретных условий и возможностей. Может быть, не следует, а может быть иногда следует... Может быть не так уж неправы те, которые упрекали Брэгга в отсутствии желания "возродить былую славу Кембриджа"... продолжать исследования в области ядерной физики. Это не значит, что не надо было развивать новые направления — радиоастрономию, молекулярную биологию. Но может быть это надо было (или лучше было бы) делать где-то в другом месте — не в ущерб ядерной физике...

Хорошо, что в Беркли возник такой центр исследований, который в известном смысле принял эстафету кембриджских исследований структуры материи и элементарных частиц.

Но если б все и всду решили в то время, что не надо возрождать былую славу ядерных исследований... "Не следует пытаться возродить былую славу"... это отнюдь не заповедь — это лишь одно из альтернативных предложений при обсуждении судьбы того или иного научного института.

х) а) "Не следует пытаться возродить былую славу".

б) "Не следует заниматься чем-то только потому, что оно самое модное".

в) "Не следует обращать внимание на насмешки и высокомерие теоретиков".

Каждый научный институт имеет свой юный, зрелый возраст и возраст преклонный.

15-20 лет обычно отпускает время на цикл развития института. А затем институт либо возрождается, либо погружается в небытие, либо возникает в совершенно ином виде. Нет, это правило нам не поможет. Но правило это цитируется в литературе, создавая тот излишний "фон шумов", от которого желательно освободиться.

И вопрос "о моде" совсем не так прост.

Каждая конкретная мода вначале возникает как, так сказать, "антимода", новая мода в противовес существующим. Как правило, научной модой становится то направление, которое кажется чем-то обещающим. К кому же обращена эта заповедь?

Мода, как правило, привлекает людей в массе своей не всегда очень творческих, т.е. людей, которые сами, как правило, не создают моду. Но люди эти, часто очень энергичные и результативные в своих практических действиях, а в теории обладают нередко большими формальными способностями, что дает им возможность быстро и эффективно "в рамках моды" получать результаты, испытав моду "на прочность", и может быть таким образом исчерпать, а возможно и закрыть "моду".

В научном сообществе такая разновидность исследователей есть, она нужна, она неизбежна в экологии, если можно так сказать, научного творчества, как нужно разнообразие живых организмов в экологическом равновесии сущего на Земле.

"Не следует обращать внимание на насмешки и высокомерие теоретиков...".

Почему только теоретиков?

Напомним известную цитату "Всякий, кто ожидает получения энергии в результате трансформации атомов, говорит вздор". - Это ведь из речи Э. Резерфорда на съезде Британской Ассоциации содействия развитию науки от 11 сентября 1933 года.

Обсуждаемый вопрос относится опять к той же экологии научного творчества или даже экологии научной среды. Многие не только теоретики, способны вылить ушат холодной воды на горячие головы энтузиастов.

Очень часто это люди очень квалифицированные, с большой эрудицией и кругозором. Они, в первую очередь, умеют видеть трудности, которые, в силу привычного, по-своему логического мышления, кажутся непреодолимыми.

Кажется, Форд где-то писал, что если бы он хотел сделать неприятность своим конкурентам - он посоветовал бы им набрать большое число высококвалифицированных инженеров, каждому из которых с самого начала была ясна невозможность любого нового предложения. Если такого высказывания у Форда не было, то его следовало выдумать. Но с другой стороны, критицизм необходим в экологии науки. Волки, как известно, приносят большую пользу, уничтожая слабых животных. Конечно, иногда в беду попадают сильные, здоровые. Это трагедия отдельного индивидуума.

Экологическое равновесие мудро устанавливается самим собой не только во флоре и фауне.

Поэтому, если совет Дайсона относится к новаторам науки, сильным духом и с мыслью - он им не нужен. Если он обращается к огромному большинству "изобретателей" в кавчыках - он не идет на пользу науке. Нельзя уложить развитие науки в прокрустово ложе

трех заповедей. Но отбросив в сторону эти не прямо относящиеся к делу страницы статьи Дайсона, мы встречаемся в ней с двумя высказываниями, которые следует вставить в список конкретных вопросов, подлежащих дальнейшему обсуждению.

Во-первых, представляет интерес оценка Дайсоном предстоящей экспериментальной ситуации на ускорителе в Батавии. Оценка эта очень богата различными ("по знаку") оттенками. Дайсон пишет: "Грубо говоря, весь эффект от грандиозных денежных затрат и немалых человеческих усилий в Батавии сводится к тому, чтобы продвинуть область энергий, доступных физике, вверх на одну ступень десятки от десятков Гэв, которыми мы обладали в 1970 году.

Мы все искренне надеемся, что Природа предложит нам новые очень важные явления, которые мы сможем обнаружить, продвинувшись именно на эту степень десятки. Если выяснится, что природа именно так поступила, те усилия, которые были затрачены на строительство ускорителя, окажутся вполне оправданными. Если же окажется, что именно в этом новом доступном интервале энергии нет никаких фундаментально новых явлений, построенная машина окажется просто монументальной безделушкой".

Отношение Дайсона к созданию рекордного по энергии ускорителя в Батавии грамматически выражается условными предложениями: "если"...

В строго логическом построении грамматических фраз нельзя отказать автору.

Но строительный материал для этих фраз взят столь скупно, что он не только не характеризует обсуждаемую ситуацию, а существенно её деформирует. Конечно, верно и то, что другие ускорители, как например, Бэватрон в Беркли, строились в свое время более целе-

направленно. Бэватрон, в частности, строился прямо для подтверждения (или опровержения) существования антипротонов. И выполнение этой задачи *a priori* оправдывало строительство Бэватрона, а открывателям эффекта рождения протонно-антипротонных пар - получение Нобелевской премии.

Пределная же энергия машины в Батавии не определялась какой-либо одной подобного рода фундаментальной задачей. Но была сформулирована обширная программа, которая в общем направлена к заполнению "белых пятен" в картине физических явлений в этой области энергий.

В физических исследованиях должен был быть пройден этот интервал энергии - это такая же историческая необходимость в развитии науки, как в былое время исследование "белых пятен" на географической карте земли - оно должно иметь и имеет своих энтузиастов, героев, а, может быть, и мучеников...

Дайсоном полностью игнорируется та обширная и существенная по тематике программа исследований, разработанная большим коллективом физиков. Кстати говоря, эта программа со временем постепенно расширяется, становится все более интересной и значительной. Здесь имеется в виду, в частности, ситуация с множественным рождением частиц, масштабной инвариантностью, в общем, круг вопросов, возникший в то время, когда строительство ускорителя приблизилось к завершению; круг вопросов, который не входил в число аргументов, обосновавших необходимость строительства ускорителя.

Далее Дайсоном сделано противопоставление возможностей экспериментов в космических лучах экспериментам на ускорителях. Обсуждение этих вопросов мы продолжим в дальнейшем в числе других вопро-

сов, которые поставлены в статьях, о которых шла речь выше.

Основа основ всего написанного в статье Ф.Андерсона^{/8/} заключена в следующей фразе "Ученые начали понимать, что пирог кончен" и все, что "ерго" "физики высоких энергий, то это" "con" к чему-то другому. ..."Любое обсуждение предмета должно исходить из того факта, что физика высоких энергий страшно дорога...".

То, что физика высоких энергий дорога, нет сомнений. Более того, любая наука дорожает, и это обстоятельство мы обсудим в списке вопросов отдельным вопросом: удорожание науки. Но хотелось бы из статьи Андерсона "отжать" положения, которые, как и в статье Дайсона, образуют "фоновый туман" вокруг реальных проблем, подлежащих обсуждению.

Сюда следует отнести рассуждения автора о стратегии науки. Автор стремится убедить читателя, что не накопление новых фактов, а новые концепции, новые точки зрения совершают революционные изменения в науке. Видимо автор, исходя из чисто философских концепций, хотел бы рекомендовать физике высоких энергий не накапливать новые факты (к тому же это дорого), а больше концепциально мыслить...

Совсем не надо доказывать и убеждать, что революционное изменение в науке связано обычно с новыми точками зрения. Но может ли автор указать тот момент, когда фактов становится достаточно для появления новых концепций, новых точек зрения?

Другое дело, конкретное утверждение автора о том, что темп возникновения новых открытий в физике высоких энергий с ростом энергии входящих в эксплуатацию ускорителей радикально замедляется. Автор употребляет даже термин "кризис ситуации" в физике высоких энергий. Это утверждение автора уже требует обсуждения.

Итак, о "кризисе ситуации" в физике высоких энергий или "законе убывающего плодородия" что ли ускорителей на высокие энергии.

В конце концов совет Андерсона - это замедлить не только экспериментальные, но и теоретические исследования в области физики высоких энергий.

Особенно странно звучат советы Андерсона замедлить теоретические исследования. Боясь исказить мысль автора, придать им еще более неприглядный оттенок, лучше привести этот совет целиком на языке, на котором он звучит в устах автора.

"I do not advocate abandoning high-energy theory, just slowing it down in favour a broader attack on the genuine problems we already have."

Другими словами, проблемы физики высоких энергий не являются "the genuine problems", т.е. не являются "подлинными", "истинными" проблемами. Комментарии здесь только способны ослабить впечатление от высказанной автором мысли. Мы еще вернемся к этому оригинальному совету.

Андерсон ищет логическое обоснование своим рекомендациям, в частности, в обсуждаемом им положении об отсутствии иерархичности в науке, в его тезисе об автономности наук ("the sciences are autonomous"). Развивая этот тезис, Андерсон полемизирует о высказываниями В.Вейскопфа о фундаментальном характере ("интенсивном" в терминологии Вейскопфа) субъядерной физики. В дальнейшем, видимо, целесообразно подробнее остановиться на тезисе Андерсона об автономности наук в свете той своеобразной роли, которую играет физика высоких энергий в семействе наук своим прямым и косвенным влиянием. Далее следует пополнить список дискутируемых вопросов

теми вопросами, которые возникают при чтении статьи В.Л. Гинзбурга^{5/}.

В дальнейшем, следуя В.Л. Гинзбургу, мы будем говорить о микрофизике, как области, включающей в себя проблемы физики высоких энергий и даже несколько шире – проблемы "субъядерной" физики.

Микрофизика для своих исследований использует не только технику высоких энергий. В физике и микрофизике есть два направления развития, которые дополняют друг друга – это физика высоких энергий, с одной стороны, и физика пучков частиц относительно низких энергий, но высоких интенсивностей.

Эти направления исследований в некоторой области конкурируют между собой. Так специфические особенности эффектов, которые характерны для области высоких энергий, при низких энергиях слабо проявляются. Но слабые проявления этих эффектов (малые сечения) могут быть, однако, детектированы в пучках частиц очень высокой интенсивности.

В физике высоких интенсивностей проявляются и свои специфические закономерности явлений. По предельным энергиям индивидуальных частиц физика высоких интенсивностей может на много порядков отставать от физики высоких энергий. Типичными представителями физики высоких интенсивностей являются физика лазерных пучков, физика высокоинтенсивных электронных ускорителей в мевных диапазонах энергий и т.н. мезонные фабрики.

Любопытные примеры физики высоких интенсивностей представляют собой лазерные пучки фотонов. Лазерные лучи возникли не в ускорительной технике, не в физике высоких энергий, возникли не для нужд ядерной физики и элементарных частиц.

Но повышение интенсивности в лазерном луче расширяет применение лазерного луча до проблем управляемых термоядерных реакций и даже физики элементарных частиц.

При больших интенсивностях лазерный луч и луч ускоренных электронов, например, во многих отношениях аналогичны. Эти столь различные по природе лучи оказываются способными конкурировать друг с другом в возможностях различных применений.^{х)} Конкуренция возможна, в частности, и в применении к проблемам управляемых термоядерных реакций. Как мощный лазерный луч, так и сфокусированный поток, например, электронов, могут являться источниками (вторичных) пучков высокой интенсивности, например нейтронов; источниками заряженных частиц высоких энергий – здесь имеется в виду, с одной стороны, рождение пар частиц и античастиц в интенсивных лазерных лучах^{/10/} и ускорение, например, протонов потоками электронов, в частности, в установках типа смекотронов. В отличие от физики высоких энергий лазерные лучи, сильноточные электронные, протонные ускорители – т.н. мезонные фабрики имеют почти беспредельные возможности практических применений в технике, в медицине, в народном хозяйстве вообще.

Поэтому целесообразно, чтобы в физике высоких интенсивностей существенную часть финансирования брали бы на себя различные министерства. Физика высоких энергий также возвращает с большими процентами народному хозяйству потраченные на нее деньги, но не всегда (как мы увидим ниже) непосредственным образом и, как правило, не быстро. Физика высоких энергий нуждается в долговременном

^{х)} При очень интенсивных потоках любых частиц (фотонов, нейтронов, электронов, протонов и т.д.) общим для них является способность передавать малому объему вещества (в пределе, паре или даже одной частице) огромные порции энергии.

"займе", но под большие "проценты".

Одна из закономерностей здесь такова, что ускорительные установки, построенные для исследований в области ядерной физики и элементарных частиц, начинают со временем использоваться все больше и больше для нужд смежных наук: твердого тела, химии, биологии, геологии, экологии и т.д. и в меньшей степени для нужд самой физики элементарных частиц. А для нужд физики элементарных частиц строится очередной ускоритель на большую энергию. Есть известие, например, что один из самых больших в мире циклических электронных ускорителей (С.В.А., США) целиком переводится на использование его синхротронного излучения в различных приложениях. Как известно, на Д.Е.С.У. также широко используются каналы синхротронного излучения.

Последние замечания вносят существенную поправку в тезис Андерсона: "... все, что " про " физики высоких энергий - это " соп " к чему-то другому".

В статье Гинзбурга сделана попытка ответить на вопрос: "Какие проблемы физики и астрофизики представляются сейчас особенно важными и интересными". Автор приводит около двадцати проблем из различных областей физики, которые действительно представляют значительный интерес. Но особое внимание привлекает тот раздел статьи, который озаглавлен "О микрофизике вчера, сегодня и завтра". Автор статьи многократно извиняется за неизбежную субъективность высказываний, делает массу оговорок, смягчая формулировки, боясь прослыть "врагом" микрофизики. Автор всячески подчеркивает авангардную роль микрофизики в науке. Автор желает ей всяческих успехов, в частности, в строительстве новых ускорителей.

Но для целей нашего обсуждения целесообразно отбросить полутона, чтобы контуры вопросов, поставленные статьей Гинзбурга, проступили яснее, хотя мы таким образом выходим за рамки цитируемой статьи. Дело в том, что вопросы эти действительно существуют, они фигурируют "на улице" общественного мнения. Почему, действительно, не принято говорить о них открыто в "нашем доме" - на страницах физических журналов. "Сегодня" по сравнению с "вчера", согласно защищаемому здесь мнению (пишет автор), место микрофизики и в физике, и во всем естествознании радикально изменилось".

Эти изменения автор видит и в снижении удельного веса проблем микрофизики в физических журналах, и в снижении интереса к микрофизике со стороны нового поколения, идущего в науку. Причину этих изменений автор находит в том, что до середины нашего века вопросы микрофизики "имели определяющее значение для развития всего естествознания". Объекты, изучаемые микрофизикой (атом, атомное ядро) "были хлебом насущным"... разгадать строение атома, понять действующие в нем законы (для этого пришлось открыть квантовую механику!) значило дать мощный толчок многим областям физики, астрономии, химии, биологии. Примерно то же самое можно сказать об атомном ядре - его изучение породило возможность использования ядерной (атомной) энергии и даже дало известные основания называть XX век атомным веком".

Это было вчера. Но что же сегодня? Сегодня изменился объект микрофизики: "Исследуемые микрофизикой частицы либо живут ничтожные доли секунды, либо, как и в случае нейтрино, почти свободно пронизывают земной шар и улавливаются лишь с колоссальным трудом". В общем новые объекты микрофизики "это экзотические и редкие растения".

Изменился объект микрофизики, изменилось значение объекта микрофизики для других наук, изменилось, так сказать, и "социальное" положение микрофизики и её авторитет у молодого поколения. Итак, среди вопросов, поставленных статьей Гинзбурга, целесообразно обсудить вопрос и в такой формулировке: "Экзотичность объекта микрофизики и значимость её сегодня для других наук. А "завтра?" А завтра "предположение" (которое я не боюсь высказать), что самый блистательный в каком-то смысле период в жизни микрофизики уже позади. Не все ведь обязаны верить в существование "бесконечной матрешки" - открыли одну куклу, а в ней другая - и так без конца".

Таким образом, и в нашем списке возникает новый вопрос: действительно ли есть основание полагать, что самый блистательный период в жизни микрофизики уже позади и что раскрыта последняя "матрешка?"

Правда:

"Характер задач, стоящих перед микрофизикой, сегодня ни в коей мере не уступает по своей звучной таинственности и трудности проблем её вчерашнего дня. Иными словами, микрофизика осталась... аванпостом физики, её самой передовой и глубокой частью". Жаль, что в статье остался неразвитым последний тезис. Одна из основных задач дальнейшего обсуждения - раскрыть, насколько возможно, в полной мере содержимое этого тезиса. Именно, почему, и в каком смысле после всех критических замечаний в адрес микрофизики, можно считать, что микрофизика осталась "аванпостом физики..., её самой передовой и глубокой частью".

Теперь после несколько затянувшегося введения настало время обратиться к рассмотрению ситуации в микрофизике непосредственно.

Вчера, сегодня и завтра микрофизики

Очень поучительно рассматривать исторический процесс развития физики, нарисованный очень крупными мазками - картину исторического процесса, так сказать, "с высоты птичьего полета". При таком рассмотрении выступает отчетливо любопытная черта этого процесса: именно, своеобразная иерархия закономерностей, господствующих в мире физических явлений при продвижении физических исследований ко все меньшим и меньшим пространственно-временным областям, в которых разыгрываются исследуемые процессы. В этом историческом процессе перед физиками каждый раз раскрывались новые миры физических явлений со своими специфическими закономерностями, когда физики переходили к изучению явлений в областях по своим размерам на 2-3 порядка меньшим.

а) Иерархия длин - иерархия закономерностей

В физике существует исторически оправданная тенденция исследовать явления в областях все меньших и меньших размеров. На различных рубежах длин в изученном пока интервале от 10^{-5} см до 10^{-15} см открывались миры физических явлений.

Так, в областях размерами 10^{-5} - 10^{-7} см был открыт мир молекулярной физики, возникла кинетическая теория материи.

В областях размерами на порядок-два меньшими 10^{-8} см ($\hbar^2/m_e c^2$) открылся мир атомных явлений и возникла квантовая теория. Исследования в областях 10^{-11} см ($\hbar/m_e c$) привели к новому неожиданному кругу явлений, связанному с возможностью рождения электронно-позитронных пар, возник круг явлений, описываемый релятивистской квантовой теорией Дирака.

В областях 10^{-13} см открылся мир физики атомного ядра. В областях 10^{-14} см открылась физика адронов, физика странных частиц, мир возбужденных состояний адронов.

В настоящее время физические исследования продвигаются в область длин, меньших чем 10^{-15} см. Эта иерархия длин и открытий на этих длинах миров физических явлений дана в таблице I.

Как видно из таблицы, пока действительно историческая закономерность такова, что проникновение в области физических явлений на два-три порядка меньше по своим размерам, вело к открытию нового мира физических явлений. Пока строение материи, образно говоря, действительно иллюстрируется известной игрушкой - матрешкой. Можно, конечно, задавать вопрос, сколько вложений содержит реальная "игрушка" - материя? И этот процесс раскрытия матрешки бесконечен?

Конечно, в такой общей форме вопрос остается без ответа^{х)}. Но вполне уместно спрашивать, действительно ли можно утверждать, что физикой раскрыта уже последняя "матрешка". Или конкретнее, можно ли ожидать существенно новой физики, когда в распоряжении физики окажутся длины (параметры удара) еще на порядка два меньше.

Другими словами, что ожидает физиков на длинах 10^{-17} см? Энергетически это значит, что речь идет об ускорителях с энергией 300 Гэв в системе центра инерции.

Если анализировать таблицу последовательности длин и закономерностей, то следовало бы сказать, что наиболее важными и интересными результатами оказываются неожиданные и непредсказанные результаты на этих новых этапах физических исследований.

х) Более детальное обсуждение проблемы содержится в статье автора "О понятии первоматерии" - Журнал "Вопросы философии", апрель 1970 года.

Иерархия длин - иерархия закономерностей

l , см	Мир физических явлений	энергия ускоренных частиц
10^{-6} см - 10^{-7} см	Мир молекулярной физики	I эв
10^{-8} см	Мир атомных явлений. Атомные спектры	10 эв
10^{-11} см	Открытие рождения e^+e^- пар - квантовая теория Дирака	1-10 Мэв
10^{-13} см	Физика атомного ядра	100-1000 Мэв
10^{-14} - 10^{-15} см	Мир странных частиц	10-100 Гэв
10^{-17} см	(Раскрытие природы слабых взаимодействий) ?????	10 000 Гэв в лаб. системе 10 Гэв в системе ц.и
10^{-33} см		

Действительность, как правило, оказывается фантастичнее любой необузданной фантазии.

В этом стремлении к физике меньших длин — к физике более высоких энергий нельзя недооценивать большую манящую силу пока исторически оправдывавшихся надежд на встречу с чем-то совсем новым. Однако мы не будем акцентировать этот, может быть, чисто психологический фактор, хотя от него отвлечься тоже невозможно. Но в данном случае на рубеже предстоящих длин, именно длин 10^{-17} см можно уверенно говорить о большом ожидаемом прогрессе в наших знаниях. Дело в том, что именно этот рубеж длин, как рубеж длин, имеющий фундаментальное значение, уже органически содержится в современной теории слабых взаимодействий. Размерная константа, определяющая слабые взаимодействия, характеризуется квадратом длины (ℓ^2), где ℓ как раз близка к 10^{-17} см.

Во всяком случае мы можем с уверенностью сказать, что на этих длинах получим ответ на один из наиболее интригующих вопросов современной физики, именно, какова природа слабых взаимодействий.

В чем же заключается нераскрытая пока тайна слабых взаимодействий?

Как известно, сечения слабых взаимодействий растут с энергией взаимодействующих частиц.

Константа слабых взаимодействий мала, поэтому в слабых взаимодействиях используется аппарат теории возмущений — разложение по слабому параметру взаимодействия. Так как сечения растут с энергией взаимодействующих частиц, то оказывается, что при больших энергиях, несмотря на малость константы взаимодействия, следующие высшие приближения теории становятся сравнимыми или даже больше

приближений низших. Другого же аппарата (не теории возмущений) в нашем распоряжении пока нет. Попытки построить более совершенный формализм для вычислений сечений слабых взаимодействий встречается с фундаментальной трудностью теории слабых взаимодействий, связанных с наличием расходящихся величин, которые не удается устранить способами (т.н. перенормировками), оказавшимися эффективными в электродинамике.

Вообщем мы не знаем, как ведут себя слабые взаимодействия при параметрах столкновений, близких к длине, характеризующей слабые взаимодействия, той длине 10^{-17} см, о которой шла речь выше, или при энергиях, близких к 300 Гэв в системе центра тяжести. Другими словами, у нас есть реальная фундаментальная задача для ускорителя с энергией 100 Гэв в системе центра инерции. Такой ускоритель (100 Гэв, с.д.и.) мы в дальнейшем будем называть кратко — ускоритель унитарного предела^{х)}. Есть основания полагать, что обсуждаемая проблема может быть связана с другой проблемой слабых взаимодействий.

Со времен Ферми (1934 г.) теория слабых взаимодействий формулируется как взаимодействие четырехчастичное: при β -распаде нейтрон распадается на протон, электрон и антинейтрино. Все другие известные в природе взаимодействия — это взаимодействия исключительно трехчастичные. Так, нейтрон, испуская π -мезон, превращается сильными взаимодействиями в протон и т.д.

Около 30 лет существует тенденция свести 4-частичные слабые взаимодействия к трехчастичному. Этого можно достичь, предпо-

^{х)} В теории возмущений предполагается, что по причине слабости взаимодействия начальное состояние системы не меняется — другими словами, унитарность учитывается с точностью до следующего приближения. Унитарность предельно нарушается, если следующее приближение оказывается равно или больше предыдущего.

лагая, что наблюдаемое слабое взаимодействие на самом деле осуществляется в два этапа. Вначале нейтрон переходит в протон, испуская некоторую гипотетическую частицу W -мезон (трехчастичное взаимодействие), а этот т.н. промежуточный W -мезон распадается затем на электрон и антинейтрино (второе трехчастичное взаимодействие).

Идея унификации типов взаимодействий настолько привлекательна, что во всех новых диапазонах энергии, на всех новых ускорителях снова и снова ставятся эксперименты по поиску промежуточного W -мезона. В настоящее время на действующих ускорителях W -мезон пока не обнаружен.

Нижний предел массы промежуточного W -мезона пока лежит в области 2-5 Гэв. 300 Гэв в системе центра тяжести (ускоритель унитарного предела) - это та предельная энергия, до которой имеет смысл идея промежуточного мезона и его экспериментальные поиски. И в этом смысле на ускорителе унитарного предела теория слабых взаимодействий подвергнется решающему испытанию. На следующих страницах мы расширим обсуждение различных аспектов предстоящего этапа микрофизики в эпоху появления экспериментальных возможностей ускорителя унитарного предела.

б) Есть ли основания полагать, что "самый блистательный период в жизни микрофизики позади"?

Каскад поразительных открытий новых закономерностей микромира двадцатых-тридцатых годов, многообразие элементарных частиц и их свойств в последующих десятилетиях, все это в каком-то смысле "развратило" наше восприятие и оценку быстроты научного прогресса. Стало несколько нетерпеливым ожидание новых научных от-

крытий. Появились упреки, даже известное недовольство темпами новых открытий. Делается попытка установить чуть ли не "закон природы", согласно которому с вводом ускорителей на более высокие энергии "темпы новых открытий в этих новых энергетических областях радикально замедляются"...

Дело в том, что иерархия длин, о которой шла речь выше, и соответствующие им энергии, должны исчисляться в системе центра инерции. Энергия в системе центра тяжести связана с энергией в лабораторной системе квадратичной зависимостью:

$$E_{lab.} = \frac{E_{c.t.}^2}{2 M_p} ; M_p - \text{масса протона.}$$

Начиная со времени создания первого комотрона на 3 Гэв (1953) и кончая работой Серпуховского ускорителя на 75 Гэв, в настоящее время (1973 г.), энергия в системе центра тяжести увеличилась или соответствующие длины уменьшились в отношении

$$\sqrt{\frac{3}{75}} \approx \frac{1}{5} - \text{только в пять раз. ...}$$

Таким образом, с точки зрения иерархии длин и закономерностей, о которой шла речь выше, мы в течение последних двадцати лет экспериментируем примерно в одной и той же области физических закономерностей. Хотелось бы, чтобы это существенное обстоятельство всегда имелось в виду при анализе ситуации в физике высоких энергий.

Скорее достойно удивления, как много нового открыто и открывается в этой сравнительно узкой энергетической области.

Не исключено, что одно из существенных экспериментальных достижений физики высоких энергий последних лет, это исследование

сечений глубоконеупругих взаимодействий при рассеянии, в частности, лептонов (нейтрино, электронов) высоких энергий на нуклонах.

"65 лет назад Эрнест Резерфорд, наблюдая, как рассеиваются α -частицы на тонкой металлической фольге, пришел к выводу, что атом не является однородным, а состоит из отрицательно заряженных электронов, окружающих малые положительно заряженные ядра... Недавние эксперименты с электронами, ускоренными до энергии 21 ГэВ на двухмиллиметровом Стэнфордском линейном ускорителе, указывают на то, что история, по-видимому, повторяется на расстояниях 100000 раз меньших, чем атомные. Оказалось, что электроны сверхвысоких энергий рассеиваются на протонах и нейтронах так, как никто не предполагал. Из этих опытов был получен вывод о том, что ядерные частицы обладают сложной внутренней структурой и состоят из точечных компонентов, названных партонами^{/11/}.

Хотя толкование этих экспериментов совсем не столь однозначно, как это излагается Кэндалом и Пановским^{x)}. Все же новая идея строе-

x) Дело в том, что подобное поведение (увеличение) эффекта рассеяния лептонов на нуклонах, сопровождаемого множественным рождением частиц, все-таки предполагалось за несколько лет до осуществления на СЛАКе экспериментов^{/13/}.

Было высказано предположение и приводились некоторые доводы в пользу существования такой теоремы

где σ_{tot}^{form} - полное сечение глубоко неупругого рассеяния с учетом формфакторов в каждом из его каналов. σ_0 - сечение упругого рассеяния на точечной частице.

Не так давно в работе Боголюбова, Владимирова и Тавхелидзе^{/12/} было показано, что существование этой теоремы совместимо с формализмом современной теории при не очень сильных ограничениях.

Однако обращает на себя внимание, что наблюдаемые эффекты очень далеки от асимптотических. Не исключено поэтому, что они выходят за рамки традиционной теории. Другими словами, возможность толкования эффекта с помощью существования какого-то рода субчастиц (партонов, кварков) пока не исключена.

ния нуклонов из новых для науки частиц (партонов) возникла - она будет жить, проверяться в дальнейших экспериментах.

И в дальнейшем, конечно, не исключено её экспериментальное подтверждение.

Но в данном случае речь идет о раскрытии следующей "матрешки", почти в буквальном смысле этого образа.

Правда, в отличие от ситуации со слабыми взаимодействиями, современная теория не содержит конкретной длины, с которой связывалось бы существование новых структурных единиц. Если подобные частицы и существуют, то мы не можем сказать, какое поколение ускорителей потребуется для их обнаружения. Не исключено, что прямые или существенные косвенные данные в пользу существования таких частиц могут быть получены на ускорителях, имеющихся в наличии или на ускорителях ближайшего поколения.

Необходимо подчеркнуть, что в последние десятилетия появилась принципиально новая концепция о структуре материальных частиц. Если до последних десятилетий в истории человеческой культуры господствовала идея, согласно которой, грубо говоря, частицы большей массы строились из частиц меньшей массы, то в последние десятилетия возникла идея, в некотором смысле противоположная этой древней, но казалось бы и очевидной идее. Появилась идея строить частицы меньших масс из частиц больших масс, сильное взаимодействие между которыми приводит к соответствующему дефекту масс данных систем. Здесь имеется в виду попытка строить π -мезоны из μ -мезонов (Венцель), π -мезоны из нуклонов и антинуклонов (Ферми-Янг), адроны из ψ ($c\bar{c}$), кварков (Цвейг, Гельман), наконец, партоны Фейнмана.

В связи с этой модификацией фундаментальной концепции о самой природе структуры вещества, которую, кстати, можно рассматривать как, может быть, одну из самых радикальных революций в наших представлениях о строении материи за всю нашу историю, возникает вопрос, могут ли быть какие-то соображения о существовании в природе максимально тяжелой частицы, которая могла бы быть предельным по массе структурным материалом для всех частиц. Любопытно, что из мировых констант можно построить целую группу близких по массе частиц, которые могли бы претендовать на эту роль. Из констант e (электрический заряд), g (мезонный заряд), \hbar - постоянная Планка, c - скорости света, κ - гравитационной константы, можно построить следующие величины, имеющие размерности масс:

$$M = \frac{e}{\sqrt{\kappa}} \sim 10^{-6} \text{ г}; \quad \sqrt{\frac{\hbar c}{\kappa}} \sim 10^{-5} \text{ г}; \quad \frac{g}{\sqrt{\kappa}} \sim 10^{-5} \text{ г}.$$

Любопытно, что эта группа частиц максимально большой массы (скажем "максимонов"), которую можно построить из мировых констант, вся лежит в узком интервале масс: $10^{-5} - 10^{-6} \text{ г}$.

Соответствующие длины лежат в области $10^{-23} - 10^{-33} \text{ см}$.

С точки зрения иерархии длин, длины эти должны находиться на самой нижней строчке таблицы I. По-видимому, 10^{-33} см - это самая последняя длина в списке фундаментальных длин. На этой предельной длине, по-видимому, теряет смысл само понятие расстояния вообще из-за квантовых флуктуаций метрики. И с этой точки зрения, эти длины и соответствующие им массы частиц должны бы действительно рассматриваться как предельные.

Но интерес максимонов как возможных структурных элементов заключается в том, что при таких массах и таких размерах, как оказывается, только гравитационных сил достаточно для образования систем с желаемым дефектом масс. Возможно, что между слабой длиной (10^{-17} см) и, скажем, гравитационной длиной ($10^{-33} - 10^{-32} \text{ см}$) существует ряд иерархических длин управляющих своими специфическими мирами физических явлений. Но в рамках существующих физических представлений и известных мировых констант пока нет места для каких-либо других длин.

Очень возможно, что эти гипотетические частицы в свободном состоянии нестабильны^х).

^х) утверждение, что в настоящее время микрофизика имеет своим объектом "редкие экзотические растения", частицы короткоживущие, которые не имеют прямого отношения к "хлебу насущному", к той форме стабильного вещества, в котором мы существуем, не совсем точно. Во-первых, стабильные частицы - протоны, электроны, фотоны, нейтроны и сложные атомные ядра, по-прежнему остаются объектами исследования во всех областях энергии. И наиболее впечатляющие результаты физики высоких энергий (глубоко неупругие процессы) как раз связаны со взаимодействием именно таких частиц (протонов-электронов). Более того, такая короткоживущая частица в свободном состоянии, как нейтрон, в связанном состоянии стабильна входит структурно в стабильную ядерную материю.

По-видимому, такие короткоживущие частицы, как гипероны, являются структурными элементами коллапсирующих небесных тел в их после-нейтронной стадии. Более того, если окажется, что партоны или другие подобные гипотетические частицы действительно являются структурными единицами вещества, то возможно именно в свободном состоянии нестабильные, короткоживущие частицы ("экзотические") явятся тем "хлебом насущным", о котором говорится в статье Гинзбурга. Мы не можем утверждать, что так будет на самом деле, но эту возможность мы также не можем исключить.

Что касается до высказанных утверждений, что "наиболее блистательный период микрофизики уже позади", то это положение автора хотя в контексте и звучит очень определенно — оно сопровождается столькими оговорками и признаниями прямо противоположных возможностей, что не вытекая логически из каких-либо обоснованных посылок — оно является просто одной из остро сформулированных дискуссионных (и надо сказать, часто дискутируемых) тем.

Кстати вопросы подобного рода уже не раз возникали в истории науки и напомнить о них очень поучительно.

В конце прошлого столетия, по свидетельству П.Миликана, представлялось, что великие открытия в физике уже сделаны и что дальнейший прогресс будет состоять не в открытии качественно новых явлений, а скорее в более точном количественном измерении уже известных явлений.

Это господствующее общественное мнение эпохи формулируется учителем М.Планка — Филиппом Жолли несколько более образно, но, по сути дела, теми же словами: "Конечно, в том или ином уголке можно еще заметить или удалить пылинку, но система как целое стоит прочно, и теоретическая физика заметно приближается к той степени совершенства, каким уже столетия обладает геометрия" /14/.

Как исторический анекдот воспринимается теперь слова "все великие физические открытия уже сделаны", произнесенные лишь за десятки лет перед открытиями теории относительности и квантовой механики.

Конечно, этот исторический экскурс ни в коем случае не является каким-либо доказательством того, что наиболее блистательный период микрофизики не позади. Результатом этого экскурса может

быть лишь большая осторожность в утверждениях. Но в известном смысле реальный и, кажется, довольно убедительный ответ на этот вопрос можно получить из анализа тех еще нерешенных проблем, которые стоят перед микрофизикой. Конечно, в случае обнаружения более фундаментальных структурных элементов типа кварков или партон^{ов}, перед нами возник бы действительно новый и в определенном смысле блистательный период науки. Но эта гипотеза не обязательно должна реализоваться. Есть, однако, проблемы, решение которых, безусловно, составит новую и притом, может быть, действительно самую блистательную эпоху в науке.

И эти проблемы, как это представляется в настоящее время, видимо, прямо могут быть связаны с экспериментальными возможностями обсуждаемого поколения ускорителей.

Как это ни странно, но по очень крупному счету наше понимание физики не очень далеко ушло от понимания древних. Это утверждение звучит как парадокс. Но по крупному счету оно справедливо. Действительно, если древние греки считали фундаментальными сущностями четыре стихии: землю, воду, воздух и огонь, — не понимая, как мы теперь сказали бы, фундаментальные свойства этих стихий, то современная физика пытается раскрыть все содержание реального мира как сложное взаимодействие различных "полей". Это те же четыре стихии древних: сильные поля, электромагнитные, слабые, гравитационные. И так же, как древние, мы пока далеки от понимания фундаментальных свойств этих стихий XX столетия. Другими словами, наши попытки описать свойства этих полей в отдельности — электродинамику саму по себе, слабые взаимодействия сами по себе и т.д.,

оказываются несостоятельными^{x)}.

Мы не понимаем и не можем количественно описать возникающий во взаимодействии этих "стихий" спектр т.н. элементарных частиц. Мы практически давно пришли к мысли, что исследовать "до конца" каждое из таких взаимодействий в отдельности невозможно. Всегда наступает такой момент в физике высоких энергий, когда в поведении данного эффекта начинают принимать участие все другие взаимодействия, что нельзя изъять из природы целиком одну из её "стихий", не нарушив всего остального. Мы привыкаем к мысли, что природа построена без архитектурных излишеств. В сущности, мы давно привыкли к мысли о единстве природы. Но не умеем описать единство четырех "стихий", хотя различными путями стремимся к нему. Фарадей удалось установить глубокую связь магнитных и электрических явлений.

^{x)} В настоящее время появились аргументы в пользу того, что собственная масса электрона, по-видимому, не может быть электромагнитного происхождения. Дело в том, что в ряде работ¹⁵⁾ найдено более точное выражение для электромагнитной массы электрона Дирака. Это решение "сверхпроводящего типа" — оно не разлагается по степеням константы тонкой структуры. Оно в отличие от известной логарифмической зависимости возвращает выражение к классической линейной расходимости, но с очень малым фактором, характеризующим поляризацию вакуума:

$$\Delta m_e \sim \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} e^{-\frac{3\pi}{2} \frac{hc}{e^2}}$$

Масса порядка массы электрона возникает лишь при обрезании на длинах

$$r \sim \frac{e^2}{m_e c^2} e^{-650}$$

Эта длина на много порядков меньше той длины, на которой теряет смысл само понятие длины из-за квантовой флуктуации метрики. Более того, выражение для Δm автоматически делается конечным при учете гравитационного дефекта данной массы, сконцентрированной в малой области. Конечная электромагнитная масса электрона оказывается $\sim \sqrt{\frac{hc}{\pi}} e^{-\frac{3\pi}{2} \frac{hc}{e^2}}$, т.е. масса электрона не может быть электромагнитного происхождения, если эти вычисления верны.

Эйнштейну не удалось объединить в единой картине гравитационные и электромагнитные взаимодействия. Гейзенбергу не удалось на основе некоего фундаментального ψ — поля добиться успеха в понимании некоторых сторон этого единства. Но мы стремимся и будем стремиться к пониманию глубокого единства "стихий".

В настоящее время возникли идеи "нарушенных симметрий". В них пока брезжит возможность создания единой теории слабых и электромагнитных взаимодействий.

Пока речь идет не об определенной конкретной теории, а скорее о некоей стратегии в попытках построения такой теории в рамках универсализации трехчастичных взаимодействий. В этой концепции находит свое, казалось бы, естественное место идея промежуточного мезона, а его масса дается численными значениями, не очень далекими от энергетического значения того же унитарного предела^{x)}. Но в следующем поколении ускорителей именно о таких энергиях и идет речь. Развивающиеся концепции единой теории слабых и электромагнитных взаимодействий являются также одним из сильных аргументов в пользу построенных ускорителей на высокие энергии и строительства следующего поколения ускорителей. Следует также напомнить, что слабыми взаимодействиями обладают не только лептоны, но и адроны, поэтому уже в настоящее время становится ясным (это показывает различные конкретные варианты теории), что подобная последовательная концепция должна включать в себя единую теорию слабых электромагнитных и сильных взаимодействий. Есть также серьезные основания полагать, что регулирующая роль гравитационного по-

^{x)} В варианте этой теории, например, для нейтрального промежуточного бозона, дается значение ~ 40 Гэв, а для заряженного ~ 80 Гэв.

ля может явиться также одним из наиболее существенных моментов этой концепции. Все сказанное является существенным аргументом в пользу того, что скорее "блистательный период" микрофизики еще впереди.

Мы еще неоднократно будем возвращаться к обоснованию этого тезиса в дальнейшем, обсуждая некоторые дальнейшие проблемы физики будущего.

в) Место микрофизики в иерархии наук. Влияние микрофизики на другие науки и на технический прогресс

Вряд ли можно серьезно говорить о какой-то иерархии наук в формальном смысле этого слова вообще. Вряд ли имеет смысл вопрос, в каком иерархическом отношении находится микробиология и микрофизика, или микрофизика и социология. Но в рамках физики, вернее, в рамках науки, скажем, "о неживой" природе нельзя не согласиться с Гинзбургом, что микрофизика является "аванпостом физики, её самой передовой и глубокой частью". Отношение микрофизики к другим наукам характеризуется многими специфическими чертами органически присущими, именно, микрофизике и своеобразию её развития.

В статье Гинзбурга перечислено большое количество важных проблем, стоящих перед физикой и астрофизикой. Но эти проблемы, как правило, частные проблемы, они имеют и в микрофизике. Одна из характерных особенностей этих проблем заключается в том, что почти каждая из них, которая в настоящий момент представляется очень

значительной и интересной, может при дальнейшем исследовании в существенной части или полностью потерять свою значимость и интерес и вычеркнуться из "титулованного" списка проблем. В настоящее время, видимо, вычеркивается из этого списка, например, проблема тяжелой воды. Металлический водород может не обладать свойствами, которые удобно было бы, например, использовать в высокотемпературной сверхпроводящей технике.

Очень соблазнительная идея поисков и создания высокотемпературных сверхпроводников может оказаться, например, физически принципиально нереализуемой. Может оказаться, что в природе нет относительно устойчивых трансурановых элементов. Более перспективной для осуществления температурной реакции может оказаться, например, не лазерный вариант, а, как некоторые полагают, вариант электронный или даже в известном смысле традиционно термоядерный.

Это не значит, что перечисленные проблемы не представляют интереса. Ведь в случае нахождения высокотемпературных сверхпроводников возникла бы подлинная революция в технике. Здесь хочется подчеркнуть отличие частных физических проблем от генеральной проблемы микрофизики - исследовать физические явления во все меньших пространственно-временных областях. Эта генеральная проблема мировоззренческого характера - она имеет абсолютную ценность независимо от результата исследования: необходимо знать, каков мир физических явлений в этих областях физического мира, - и это стремление знать для человечества представляет цель, к которой оно всегда будет стремиться. Это такое же естественное стремление, которое влечет нас к исследованию и ультрамикроскопических глубин Вселенной, к астрономии и астрофизике.

Но отвлекаясь от этих общих положений, возвращаясь к конкретной теме нашей статьи, мы можем лишь повторить, что на ускорителях существующего и следующего поколения во всяком случае на длинах 10^{-17} см мы раскроем тайну природы слабых взаимодействий. А какова она, т.е. окажется ли, что истинное взаимодействие аналогично электродинамическому (трехчастичному) или четырехфермионное взаимодействие есть действительно истинное слабое взаимодействие — и тот, и другой результат явится фундаментальным, фундаментальными окажутся изменения уровня нашего знания природы.

Была уже речь о том, что с самого момента возникновения теории четырехфермионной формулировки слабых взаимодействий казалась заманчивой идея свести четырехфермионное взаимодействие к трехчастичному по типу электродинамики и других известных взаимодействий. То, что слабые взаимодействия в этой теории оказывались взаимодействиями особой природы — так сказать, "белой вороной" в семействе всех взаимодействий, делало идею унификации всех взаимодействий естественной и очень привлекательной. Если же выяснится в обсуждаемых экспериментах, что слабые взаимодействия сохраняют свое четырехфермионное своеобразие, то тогда притягательную силу будут иметь и прямо противоположные идеи о структуре взаимодействия^{х)}. С самого момента появления в физике таких величин как спиноры, было известно, что из двух спиноров можно построить объекты с различными трансформационными свойствами — вектор, тензор, скаляр и т.д.

Так возникла в свое время идея нейтринной теории света, вектор электромагнитного поля строить из двух спиноров, описывающих

х) т.е. идея четырехфермионной структуры всех взаимодействий.

нейтрино. С самого начала появления в физике спиноров возникла и живет идея фундаментальности именно спинорных полей, которые, возможно, определяют структурно и все другие поля. Таким образом, эксперименты в обсуждаемой энергетической области в случае подтверждения истинности четырехфермионного взаимодействия безусловно оживят эту по-своему также необычайно привлекательную концепцию. Мы видим, таким образом, на каком важнейшем перекрестке дорог дальнейшего развития науки о природе оказываются эксперименты в этой конкретно обсуждаемой энергетической области.

В последние годы больших успехов достигла астрофизика — обнаружение реликтового излучения, новых астрофизических объектов, таких, как квазары, пульсары, нейтронные звезды и, возможно, черные дыры — все это привлекает внимание широкой научной общественности. Можно даже встретить утверждение, что именно астрофизике в настоящее время следует отдать предпочтение среди других физических наук (Арцимович^{6/}). Слов нет, успехи астрофизики большие, слов нет, ей пока уделяется недостаточно материальных средств и внимания. А в то же время астрофизика стала в большей степени, чем раньше, экспериментальной наукой. Это обстоятельство связано с тем, как справедливо формулирует Гинзбург, что в настоящее время астрофизика становится всеволновой. Если раньше астрофизические исследования велись только в области оптических длин волн, то теперь появление, с одной стороны, радиоастрономии, с другой, рентгеновской и γ — астрономии необычайно расширяют экспериментальные возможности астрофизики и получения новых конкретных сведений из космоса. А впереди многообещающая нейтринная астрономия и астрофизика гравитационных волн.

Безусловно, в астрофизике в последние годы получены существенные результаты, открытия. Но наиболее блестящее открытие в астрофизике это, по-видимому, все-таки не открытие последних лет. Это, по-видимому, то открытие, которое почти полсотни лет тому назад (Хаббл) привело к модели нестационарной, расширяющейся Вселенной, с метрикой типа Фридмановской.

По сравнению с этим открытием открытие квазар, нейтронных звезд и черных дыр, конечно, менее впечатляющие открытия.

Если осмелиться проявить уже раз цитируемую на этих страницах неосторожность, то можно высказать мысль о том, что может быть наиболее блестящий период в развитии астрофизики уже позади. Но не хотелось бы на себя брать роль пророка.

Далее, небезинтересно заметить, что астрофизика в каком-то смысле становится ближе микрофизике. Ведь нейтронные звезды это, в сущности, грандиозные атомные ядра. В какой-то своей стадии даже гиперядра. Нейтронные звезды - это макроскопическая форма ядерного вещества.

С другой стороны, в настоящее время широко обсуждаются глобальные свойства "черных дыр" и очень похоже, что подобное состояние материи следует учитывать при построении последовательной теории элементарных частиц^{х)}. Астрофизика, вернее общая теория относительности, в принципе допускает существование таких

х) Последнее замечание связано с тем, что в современной теории элементарных частиц в промежуточных состояниях допускаются состояния с как угодно большой энергией. Полная масса промежуточного состояния может быть больше массы любого космического тела и даже системы. Но в то же время в нарушение всякой логики, современная теория игнорирует в этих состояниях гравитационные свойства этих масс. Обращает на себя внимание то обстоятельство, что если в промежуточном состоянии оказывается масса порядка

$$M \sim \sqrt{\frac{hc}{e}} \sim 10^{-6} \text{ г.}, \text{ то гравитационный радиус этой массы}$$

объектов с почти закрытой внутренней метрикой, как Фридмон^{хх)}. Эта возможность делает относительным само понятие "макро" и "микро".

х) $v_{\text{grav}} = \frac{2\pi m}{c} = 2\sqrt{hc} \sqrt{hc} e$ совпадает с областью локализации этой массы, допускаемой отношением неопределенностей Гейзенберга $e \sim \frac{h}{mc} \sim \sqrt{hc} \sqrt{hc}/c^2$. При дальнейшем увеличении энергии промежуточного состояния (E) - гравитационный радиус должен был бы соответственно возрасти. Но с другой стороны, области локализации энергии промежуточного состояния, согласно соотношению Гейзенберга должны соответственно уменьшаться и при $M > \sqrt{hc}/\alpha$ становились бы меньше гравитационного радиуса. Если подобная ситуация возникла бы в области применимости классической физики, мы бы сказали, что речь идет о системе, масса которой находится под гравитационной сферой Шварцшильда, т.е. о системе типа черной дыры.

хх) Как известно, полная масса закрытого мира Фридмана равна нулю: гравитационный дефект масс полностью погашает голую массу (массу атомов вещества). Полная масса закрытого мира дается выражением $M_{\text{tot}} \sim \text{const.} \sin^2 \chi$; $0 < \chi < \pi$. При $\chi = \pi$ полная масса равна нулю. Если "мир" почти замнут: $\chi = \pi - \delta$, где δ - очень мало, то $M_{\text{tot}} \sim \text{const.} \sin^2 \delta$ тоже как угодно мало. Внешним наблюдателям вся данная Вселенная (с её галактиками, скажем, цивилизациями) будет восприниматься как частица как угодно малой массы (допустим для усиления впечатления массы порядка какой-нибудь элементарной частицы) и следует сказать, как угодно малыми размерами. Сфера (в которую "заключена" материальная система) видится внешним наблюдателем также в форме микроскопически малого объекта: $S \sim \text{const.} \sin^2 \delta$.

Любопытно, что если закрытый мир Фридмана "подпортить" электрическим зарядом (E), то метрика мира оказывается полузамкнутой. Степень открытости оказывается связанной с величиной заряда. При E , равном заряду одного электрона, полная масса системы оказывается равной одному из максимонов, именно $M = e/\sqrt{hc}$.

Фридмон - это - максимон, реализованный в такой почти замкнутой метрике Фридмана/15/.

Есть некоторые основания полагать, что конечная стадия коллапса звезд — это прямая проблема микрофизики. Действительно, если дальнедействующие кулоновы силы могут в принципе останавливать коллапс, то силы, обязанные обменом тяжелым векторным мезоном на расстоянии $\sim 10^{13}$ см, играют уже роль дальнедействующих сил отталкивания. А плотность коллапсирующей звезды в таком малом объеме 10^{72} дг/см³, т.е. еще на 20 порядков меньше так называемой квантовой плотности (10^{94} дг/см³), где, как некоторые полагают, коллапс мог бы быть остановлен каким-то, пока лишь неизвестным своеобразием, квантовых явлений.

Наконец, в начальный момент развития Вселенной, когда Вселенная оказывалась локализованной, допустим, в области 10^{-13} см^x) — принадлежит ли подобным объектам ведение макро- или микрофизики?

А какой таинственностью окружен пока этот момент начального взрыва. Какие неожиданности могут возникнуть в изменениях наших представлений о физических законах, когда наступит понимание физики этого события — может этот момент и будет самым блистательным этапом в истории астрофизики (а может быть, и микрофизики)?

Последние замечания представляют собой существенные поправки к положению Андерсона об автономности наук.

Конечно, физика высоких энергий, или общее, микрофизика не является иерархическим базисом всех наук. И действительно, любой изолированный результат физики высоких энергий может не иметь никакого отношения к биологии, химии, социологии или философии. Но, тем не менее, прямое и косвенное влияние всей развивающейся области микрофизики на все науки в целом больше, чем какой-либо другой

x) Примерно при таких размерах Вселенной достигается т.н. квантовая плотность материи $5 \sim 10^{94}$ дг/см³.

См. ст. 5-Эммануэль
ст. 15-16 - использован в ст. Искусств

конкретной научной области. Очень существенно отметить и косвенное влияние современных фундаментальных исследований физики высоких энергий на науку и технику вообще. Дело в том, что эта область исследований сопровождается появлением принципиально новой, очень совершенной физической аппаратуры, часто принципиально новой техники, которая находит применение во многих областях науки и техники, народном хозяйстве вообще, и оказывает существенное влияние на технический прогресс в целом. Масштабы этого влияния еще недостаточно изучены и оно пока ждет своего исследования. Мы не будем напоминать о большой роли ускорителей в различных областях науки, медицины и народного хозяйства.

Можно, например, напомнить, что многоканальные анализаторы возникли в экспериментальном оборудовании микрофизики, а какое широкое применение многоканальные анализаторы находят в различных областях науки. Как учесть ту выгоду, которую приносят мировому хозяйству те усовершенствования, которые введены экспериментальной микрофизикой в использовании электронно-вычислительных машин? В настоящее время широкое развитие начинает принимать использование синхротронного излучения различного диапазона волн в химии, в физике твердого тела, биологии. Неизвестно, к каким открытиям в биологии могут привести новые богатые возможности исследования временных изменений в клетках с помощью синхротронного излучения в ангстремном диапазоне. Еще раньше биологии был "подарен" электронный микроскоп. Физика твердого тела в синхронном диапазоне волн 10 - 2000 ангстрем еще ждет своего развития.

Можно, например, утверждать, что следующее поколение ускорителей будет построено с использованием сверхпроводящей техники.

И последняя в процессе создания ускорителей этого поколения получит свое дальнейшее развитие, которое окажет существенное влияние на применимость сверхпроводящей техники во многих областях народного хозяйства. Выше шла речь о непрямом влиянии экспериментальной физики высоких энергий на другие науки и технический прогресс. Но не менее важно и достойно внимания то обстоятельство, что теоретический аппарат, формализм теории, развивавшийся, казалось бы, в рамках потребностей физики элементарных частиц, нашел и находит, как известно, блестящее и эффективное применение в других областях физики, в частности, в физике твердого тела. Не хотелось бы еще раз вспоминать предложения Андерсона о замедлении теоретических исследований в области физики высоких энергий. Очень уж незавидна роль того персонажа из басни, который по причине, как мы сказали бы, "узости кругозора", изрекал известную фразу: "лишь были бы хелуди"...

Утверждение, что широкое практическое применение эффектов самой микрофизики уже исчерпано, не является логическим выводом из каких-либо бесспорных посылок.

Когда имеют в виду практические применения микрофизики в прошлом, то обычно речь идет об использовании энергии, выделяемой в ядерных реакциях. Но это ведь только примерно один процент от всей энергии, которая заключена в веществе.

С тех пор, как в науке появилось соотношение $E = mc^2$, возникла и остается манящая проблема использования полной энергии вещества. Я уже слышу "крики беотийцев" и фразу типа той, которая звучала в цитированной речи Резерфорда. Что ж мы знаем историю, знаем, насколько неудачным оказался прогноз авторитетнейшего ученого.

Мы действительно пока не знаем путей использования этой энергии, но значит ли это - невозможность и в будущем. Во всяком случае неиспользуемая кладовая энергии в природе существует.

В будущем, вероятно, будут найдены технические возможности долговременного хранения значительного количества антивещества этого максимально калорийного топлива.

По современным представлениям, энергия, выделяемая Солнцем, возникает в результате ядерных реакций одновременно с испусканием мощного потока нейтрино. Этот поток нейтрино пока не обнаружен.

Если десятикратное уточнение эксперимента не приведет к обнаружению солнечных нейтрино, мы будем вынуждены искать нетривиальных объяснений явления. Кстати, на этот случай теоретики заготовили одну из нетривиальных возможностей. Она возникла из попытки объяснить пока еще загадочный эффект нарушения, т.н. комбинированной четности в распаде K_s^0 - мезона на две π - частицы. В одном из вариантов теории, разрабатываемой в Серпухове, возникает нарушение сохранения энергии. Оказывается, что это нарушение закона сохранения энергии (соответствующая константа этой теории) достаточно для наблюдаемого энерговыделения Солнца без испускания ожидаемого числа нейтрино.

Конечно, исходя из здорового научного консерватизма мы должны "морально" сопротивляться этой экстраординарной возможности (экология...), но, а если...

К сожалению, о будущих возможностях науки мы, по определению, не можем сказать многого. Мы не можем говорить о том, чего еще мы не знаем.

Обычно самое важное и значительное в новой области исследований (как учит нас история) – это неожиданное и непредвиденное. И существенный аргумент в пользу микрофизики заключается в том, что именно здесь неожиданное наиболее вероятно. Нельзя предвидеть, какие практические применения возникнут на основе будущих исследований микрофизики – еще более необоснованными были бы любые отрицательные суждения.

Обычно чреваты далеко идущими последствиями те явления, которые не находят пока объяснения в рамках устоявшихся представлений. Мы действительно не знаем, к чему нас приведет понимание пока непонятой ситуации с нарушением комбинированной четности в распаде K^0 – мезона.

Мы пока не знаем, что таит в себе пока не понятая ситуация с отсутствием ожидаемого потока солнечных нейтрино. Мы пока продолжаем здесь мыслить привычными понятиями. Не исключено, что мы еще входим в микромир с макроскопической невежливостью "в пальто и каблуках".

"На каждом историческом этапе какая-либо одна из научных дисциплин, принадлежащих к большому региону естествознания, выходит на авансцену и становится знаменем научного прогресса" (Арцимович)^{6/}. Как следует из того, что сказано выше, есть определенные основания полагать, что на длинах, близких к энергетическому, унитарному пределу (300 Гэв в системе Ц.и.) на "авансцену" снова выходит физика, физика высоких энергий. Хотелось бы еще раз подчеркнуть, что статья совсем не ставит своей целью доказательство необходимости сооружения ускорителей на высокие энергии вообще. Речь идет об ускорителях именно на определенную энергию

(~ 100 Гэв в с.ц.и.) с вполне определенными задачами^{x)}, и игра здесь определенно стоит свеч.

Надо ли строить затем ускорители на еще большие энергии – этот вопрос остается открытым – в настоящее время у нас нет конкретных аргументов в пользу такого утверждения. Не исключено, что ускорители этой генерации окажутся последними (по предельной энергии) в истории ускорительной техники. В этой статье мы не обсуждаем, какой тип ускорителей на данную энергию следует считать предпочтительным: традиционный ли, со встречными пучками. И в этом случае; протонно-протонный или протонно-антипротонный, электронно-протонный и электронно-позитронный. Правда, очень соблазнительно по ряду возможностей ускоритель на встречных электронно-протонных пучках. Но обсуждение конкретного варианта ускорителя этого поколения – это вопрос особый. Этот вопрос требует длительной и кропотливой работы.

Удорожание наук

Очень часто приходится слышать утверждение, что физика высоких энергий стала дорогой. Это утверждение справедливо. Но, к сожалению, справедливо более общее утверждение, именно, все науки становятся дорогими. Дело в том, что постепенно наступила эра, если можно так сказать, индустриализации наук. Правда, именно ядерная физика, была инициатором и первым объектом серьезной индустриализации её экспериментальной базы, что явилось прецедентом к соз-

^{x)} В основании целесообразности сооружения такого ускорителя мы ограничились теми задачами, которые, заведомо, имеют решения (альтернативные), любое из которых оправдывает сооружение. Мы совсем не касались обширной программы физических исследований (асимптотические проблемы и пр.), которая переходит к этому ускорителю "в наследство" как продолжение работ ЦЕРНа, Серпухова и Батавии. Мы это сделали сознательно, чтобы сказать: "а кроме того, имеется широчайшая программа исследований на этом ускорителе, которой мы здесь не касаемся".

даний мощных установок в сущности во всех областях науки. В атомной физике был впервые преодолен и чисто психологический барьер, бытовавшей "скромности" экспериментальных установок, предназначенных для научных исследований. Появилась практика создания таких установок такого масштаба, которая просто ранее отсутствовала. А главное доказана реальная возможность и целесообразность такой индустриализации. Конечно, на самом деле речь идет не о психологическом эффекте, а о реальном и материальном процессе в развитии наук. Наука в широком смысле этого слова, стала более, чем когда-либо, ^{возможна} ^{осуществима} существенным элементом технического прогресса, а высокий технический прогресс индустриализует науку. Следует сказать, что наука, посвященная космосу, по своей дороговизне давно и намного обогнала микрофизику. Во многих других областях наук необходимость больших затрат быстро возрастает. Теперь стало очевидным, что создание в стране ускорителя предельного по своим параметрам в настоящее время - это не просто организация еще одного института - это появление нового национального, а по своим тенденциям нового международного центра по физике высоких энергий^{x)}.

Подобный центр координирует научную деятельность многочисленных научных институтов, которые принимают участие в работах центра.

Организация подобного рода центра почти в любой области науки требует материальных затрат, которые в своих тенденциях в различных областях науки, видимо, стремятся к существенному количественному сближению. Так, в августовском номере *Physics Today* за 1972 год опубликована программа предполагаемого финансирования астрофизических исследований на предстоящее десятилетие.

^{x)} Эти тенденции перерастания национальных центров в центры международные. могут существенно облегчить и проблему финансирования.

Эта программа разработана специальным комитетом под руководством *J. Greenstein's* (Гринштейн). В совокупности эта программа оценивается что-то около 800 миллионов долларов. Стоимость лишь одного радиотелескопа, строительство которого предполагается завершить в 1980 году, выражается в сумме близкой к 80 миллионам долларов.

Например, передовой в научном отношении национальный центр по физике твердого тела должен содержать в своем комплексе достаточно мощный исследовательский реактор, различного рода ускорители, в том числе ускоритель, эксплуатирующий синхротронное излучение, современный парк вычислительных машин - все это вместе на первой очереди строительства такого центра требует вложения примерно тех же ста миллионов рублей.

Создание национального центра по термоядерным исследованиям в их различных направлениях - традиционных, электронных, лазерных, только на первых этапах своего развития требует не менее тех же ста миллионов рублей.

Хорошо экипированный национальный биологический центр (передовые по конструкции центрифуги, электронные микроскопы, соответствующие ускорители, в том числе давшие синхротронное излучение в ангстремном диапазоне, парк вычислительных машин и т.д.) в течение нескольких лет реализует ассигнования в размерах те же 100 миллионов рублей.

Строительство современного национального центра, например, по борьбе с раковыми заболеваниями, вооруженного современной передовой техникой до π - мезонной терапии включительно и диагностирующими ЭВМ, требует затрат того же порядка. Ускоритель следующего

поколения — ускоритель унитарного предела потребует до 1990 года затрат не больше тех, что планируются на развитие астрофизики в США.

Иногда приходится слышать высказывания, что следующие поколения ускорителей надо строить не путем использования затрат больших денежных средств, а с помощью, образно выражаясь, "серого мозгового вещества", находя новые не традиционные возможности в ускорительной технике. Конечно, поиски новых возможностей в ускорительной технике необходимы и они ведутся. Но опыт строительства в физике высоких энергий свидетельствует о том, что все то, что создается вокруг ускорителя, в том числе и техника, необходимая для экспериментов, требует финансовых затрат больших, чем стоимость самого ускорителя. Таким образом, если в будущем посчастливится найти возможность, которая сводит к нулю стоимость самого ускорителя — затраты на создание всего центра сократятся менее, чем на половину. Практически, видимо, дело идет об уменьшении общих затрат на создание центра на какие-то не очень большие проценты, что вряд ли имеет принципиальное значение для обсуждаемой проблемы.

Совет Дайсона^{4/} заменить исследования на ускорителях исследованиями в физике космических лучей не является полезным советом, а аргументы, приводимые Дайсоном, несостоятельны в главном. Исследования в космических лучах дали очень много ценного и существенного для физики высоких энергий.

Эту заслугу физики космических лучей справедливо подчеркивает Дайсон. Справедливы и советы Дайсона активизировать исследования в физике космических лучей. Дело в том, что представители ускорительной физики высоких энергий недооценивали и недооценивают результаты и возможности физики космических лучей. Эта недооценка

и иногда игнорирование данных космических лучей часто является результатом незнакомства с ними. И отчасти, надо сказать, обязана непривычному и чуждому ускорительной технике качественному мышлению физиков, работающих с космическими лучами: очень часто им приходится делать заключение на основании далеко неточных, по необходимости неполного набора данных. Хотя во многих случаях эти выводы оказывались соответствующими действительности.

С другой стороны, именно строго количественный характер данных, получаемых на ускорителях, "деморализовал" и самих космиков, работавших ранее в этой же энергетической области. Своеобразный "комплекс неполноценности" возник у работников космических лучей, который и задержал процесс индустриализации этой области исследований.

Та дешевизна физики космических лучей, которая подчеркивается Дайсоном, является поэтому не достоинством, а скорее недостатком.

Если заниматься физикой космических лучей серьезно, она также перестанет быть дешевой. Внеатмосферная физика космических лучей требует создания хорошо ориентированных орбитальных станций со сменным персоналом. Некоторая скромная часть подобной программы запланирована в том же докладе Гринштейна наряду с внеатмосферной рентгеновской и γ -астрономией на общую сумму ~ 380 миллионов долларов. Но даже более совершенная и более дорогая внеатмосферная физика космических лучей не в состоянии выполнить ту программу исследований, которая вырисовывается в возможностях ускорителей следующего поколения. Отдельные темы наземной физики космических лучей, конечно, представляют большой интерес в той области энергии и тех задач, которые не пересекаются в текущем десятилетии

с ускорительной физикой высоких энергий. Они могли бы играть роль качественных и полуколичественных ориентиров для ускорительной физики следующего поколения^х). Но и здесь стоимость эксперимента значительно возрастает благодаря необходимости ввести существенным образом его индустриализацию и соответственно увеличить масштабность.

Так постепенно отмирает миф о дешевизне современных экспериментов в научных областях, не связанных с физикой высоких энергий. Дороговизна современного эксперимента имеет ту же причину, что и дороговизна современного воздушного лайнера по сравнению с затратами на самую роскошную почтовую карету конца восемнадцатого столетия.

Но возможность подобных затрат в различных областях народнохозяйственной деятельности обязана непрерывно возрастающим национальным доходам, возрастание которых обязано техническому прогрессу и, в конечном счете, той же науке. В то же время следует напомнить, что общая сумма мировых затрат на науку составляет лишь небольшую часть мирового бюджета.

И выделение средств на развитие наук пока еще в существенной части сохраняет черты мещенатства — оно не всегда определяется рационально внутренними потребностями науки, а тем, сколько "можно" выделить на науку в ряде других затрат. Но в этом "можно" еще столько неопределенностей и случайного.

^х) Кстати, ускоритель в Батавии даже при достижении им по проекту его предельной энергии 500 ГэВ в системе п.и. будет эквивалентен ускорителю со встречными пучками 2x16 ГэВ. С точки зрения "иерархии длин" (Таблица I), казалось бы мало оснований предполагать возникновение на этих длинах принципиально новой физики, появление которой Дайсон обуславливал целесообразность строительства ускорителя в Батавии. Хотя щедрость природы и здесь не исключена. Не исключено, что существенная часть того, что мы можем уверенно сказать, раскроется на ускорителях "унитарного предела" окажется возможным исследовать на ускорителе в Батавии, что внесет известные поправки в проект ускорителя следующего поколения.

Речь идет не о том, чтобы делить волевым образом наперед заданные, прямо скажем, не очень большие размеры "пирога" (говоря словами Андерсона), а в том, что естественно, целесообразно, рационально, и поэтому, в конечном счете, выгодно для народного хозяйства; ассигнования средств на развитие науки привести в разумное соответствие с внутренними и естественными потребностями различных научных направлений.

Если этого нет, то существенная вина и нас, ученых, заключается в том, что мы не смогли еще убедить современный мир, общество в необходимости не мещенатского, а рационального подхода к финансированию науки.

Л и т е р а т у р а

1. Nature of Matter. Purposes of High Energy Physics
Edited by Luke C.L. Yuan. Brookhaven National Laboratory
Associated Universities 1965.
2. У.Ф.Н. 86, вып. 4. 1965.
3. Status of the Project for European 300 GeV. Proton synchrotron.
4. F. Dayson, The Future of Physics, Phys. Today 23 (1970).
У.Ф.Н. 103, вып. 3 (1971).
5. В.Л. Гинзбург, У.Ф.Н. 103, вып. I (1971).
6. Л.А. Арцимович, "Природа", 1972 № 9 стр. 2.
7. P.T. Cole "The next generation of High-Energy Physics. New
Scientist 51 No. 767 (508) 1971.
8. E.W. Anderson, Are the big Mashines necessary? New Scientist
51 No. 767 (510) 1971.
9. G. Seaborg and W. Corliss, Man and Atom. (Building A New
Worldthrough Nuclear Technology).
10. F.V. Bunkin et A.M. Prokhorov, The Interaction of Electrons with
High Intensity Optical Radiation, Commemorative Volume Honouring
Prof. Kastler, Paris 1968.
11. H. Kendall, W. Panofsky, Scientific American, 224 (6) 60, 1971.
12. Н.Н. Боголюбов, В. Владимиров, А. Тавхелидзе, Препринт E2-6490
1972, Дубна.
13. М.А. Марков, the Neutrino, preprint, D-1269 (1963) E2-4370 (1969).
14. М. Планк, "От относительного к абсолютному" Вольфа, 1925 стр. I5, I6.
15. П.И. Фомин, В.И. Тругень, "Ядерная физика" 9, 838 (1969).
16. M.A. Markov, Cosmology and Elementary Particles (Lecture Notes),
International Centre for theoretical Physics. Trieste, 1971,
IC/71/33, part I and II.

Рукопись поступила в издательский отдел
16 апреля 1973 г.