1967 г. Декабрь *Том 93, вып. 4*

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

БИБЛИОГРАФИЯ

019.941:539.12

H. Alfvén. Worlds. Antiworlds. Antimatter in Cosmology, San Francisco, Freeman, 1966, 103 pp.

Х. Альвен, Миры. Антимиры. Антиматерия в космологии, Сан-Франциско, 1966.

Эта книга посвящена одной из самых волнующих проблем современной науки — вопросу об эволюции Вселенной. С автором книги, профессором Альвеном, одним из выдающихся ученых, связан ряд новых направлений в области космической физики. Сейчас он написал книгу популярную и одновременно оригинальную, что́ является фактом скорее уникальным, нежели просто редким.

Альвену принадлежит первая конкретная, хотя и не детальная, попытка создать космологическую теорию, основанную на предположении о том, что в Метагалактике одна половина материи состоит из вещества, а другая половина — из антивещества. Казалось бы, изложить новую точку зрения в популярной форме трудно. Однако Альвену это удалось сделать. Дело в том, что Альвен — великолепный популяризатор в самом хорошем смысле этого слова. Очень просты и удачны иллюстрации к книге.

Книга может быть понята самым широким кругом читателей, я сказал бы даже любым заинтересованным человеком, имеющим высшее образование, да и то это не обязательно. Книга будет также очень полезна для профессионалов-физиков, не знакомых с космофизикой и основами физики элементарных частиц.

Из семи глав книги первые четыре могут считаться вводными. В них автор концентрирует сведения, необходимые читателю для понимания идей, дорогих автору, которые излагаются в последующих трех главах.

Читатель найдет в первых главах исключительно ясное введение к пониманию отдельных проблем физики элементарных частиц (вещество и антивещество и т. д.), физики космической плазмы и элементов космологии (красное смещение и т. д.).

Особенно захватывающей является глава о физике космической плазмы, из которой я хотел бы процитировать несколько фраз с целью дать некоторое впечатление о стиле книги. Начну с удачного и красивого подзаголовка: «Внешнее пространство, одновременно пустое и вязкое». Далее: «Уже сейчас должно быть ясно, что пространство между звездами не является пустым и мрачным местом, как это обычно принято думать. Командир космического корабля мог бы воспринимать межзвездное пространство как пустое в том смысле, что материя в нем так разрежена, а магнитные поля так слабы, что не будут влиять на движение его корабля. Никаких эффектов не будут также испытывать и меньшие тела, например песчинки, которые так малы, что с трудом улавливаются глазом. Но на электроны, протоны и ионы сильно влияет плазма и магнитные поля. Для этих частиц пространство — среда вязкая, почти как сироп, и такая же, как он, липкая. Когда они попадают в намагниченную плазму, они практически не имеют никакой возможности выйти, уж не говоря о возможности перейти от одной звезды к другой...»

В 5, 6 и 7 главах книги излагаются главные идеи автора. Автор возражает против тех космологических теорий, из которых следует отсутствие антивещества во Вселенной. По мнению Альвена, космологическая теория должна исходить из симметрии вещества и антивещества. В связи с этим он подробно обсуждает основные свойства «амбиплазмы», т. е. плазмы, состоящей из одинакового количества вещества и антивещества. Как мы увидим дальше, по мнению автора, очень разреженная амбиплазма —«начальное» состояние в эволюции Метагалактики.

Как показывает автор, амбиплазму трудно обнаружить регистрацией высокоэнергетичных гамма-лучей от нейтральных пионов, образованных при аннигиляции вещества с антивеществом. Достаточно разреженная космическая амбиплазма в магнитном поле может дать знать о себе скорее всего через испускание радиоволн (так называемое синхротронное излучение энергичных электронов в магнитном поле). Таким образом, отсутствие интенсивного излучения высокоэнергичных γ-лучей не говорит против существования антивещества даже в нашей Галактике, равно как

присутствие многих объектов, испускающих радиоволны, не говорит в пользу существования антивещества: в космосе энергичные электроны и позитроны, конечно, не обязательно связаны с аннигиляцией.

По мнению автора, в целом нет никаких аргументов экспериментального характера ни за, ни против существования антивещества во Вселенной.

Профессор Альвен далее освещает теоретический вопрос о возможном сосуществовании в принципе «близких» объектов из вещества и антивещества. Предположим, что звезда и антизвезда где-то находятся недалеко друг от друга (скажем, в нескольких десятках световых лет). При этом звезда окружена «своей» плазмой вещества, а антизвезда —«своей» плазмой антивещества. Неизбежна ли их полная аннигиляция? Оказывается, что со временем образуется изолирующий слой очень разреженной амбиплазмы, в котором скорость аннигиляции чрезвычайно мала. Такой слой толщиной, скажем, 0,001 светового года или меньше вполне в состоянии отделить вещества от антивеществ. Изолирующий слой, сильно замедляющий аннигиляцию на поверхности соприкосновения плазмы вещества и плазмы антивещества, по удачной аналогии профессора Альвена напоминает слой водяного пара, который значительно замедляет испарение капли воды, находящейся на поверхности металла при температуре, намного превышающей 100° С.

Самая оригинальная идея в книге принадлежит Альвену и Клейну. Показано, что если, кроме гравитационных, присутствуют электромагнитные силы то амбиплазма может эволюционировать, так что вещество и антивещество частично отделяются. По мнению автора, именно в гравитационно-электромагнитных процессах в амбиплазме следует искать механизм разделения вещества и антивещества. К сожалению, анализ этого явления в книге, а также в оригинальных статьях автора пока недостаточно детален. Это замечание относится и к другим оригинальным положениям, изложенным в книге, в чем, конечно, автор вполне отдает себе отчет.

Что же касается космологической проблемы, Альвен всецело разделяет идеи Клейна: «начальное» условие — крайне разреженная плазма вещества и антивещества, которая сжимается под действием гравитационных сил. Вначале скорость аннигиляции амбиплазмы незначительна, но она постепенно увеличивается. Когда плотность амбиплазмы достигает величины порядка 10^{-2} *частиц/см*^{3}, аннигиляция приобретает колоссальную силу и, наконец, приводит к такому давлению излучения, что процесс *сжатия переходит в процесс расширения. В этом процессе, так же как в теории* расширяющейся Вселенной Фридмана, галактическое красное смещение обусловлено эффектом Допплера. Теория приводит к определенному соотношению между плотностью материи и так называемой константой Хэббла, которое согласуется с наблюдениями. В прошлом максимальная плотность материи в теории Альвена на много порядков больше, чем сегодняшняя, но все-таки она конечна, в отличие от теории Фридмана, в которой имеется сингулярность.

Наконец, автор считает, что наша Метагалактика — мир галактик вокруг нас — не единственная. Она является лишь одной из систем, находящихся в бесконечном пространстве, где находятся другие системы, подобные нашей Метагалактике. В этом пространстве полная масса бесконечна, но усредненная плотность материи равна нулю.

Эту точку зрения многие физики не разделяют. Дело в том, то идеи Клейна — Альвена означают отказ от красивой космологической интерпретации à la Фридман, соответствующей общей теории относительности. Здесь можно только сказать, что общая теория относительности, в справедливости которой нет причин сомневаться, допускает решение Фридмана, но не требует обязательно этого решения.

Рецензент не имеет определенного мнения по вопросу о том, играет ли общая теория относительности решающую роль в космологии, как думает сегодня большинство астрофизиков, или же играет очень важную, но все же не решающую роль (этот вопрос иначе звучит так: очень ли существенны отклонения от евклидова пространства?). В конечном счете вопрос этот может быть решен только наблюдениями.

Теперь я хотел бы сделать несколько замечаний. Во-первых, Альвен исходит из того, что физика элементарных частиц «показала полную симметрию между частицами и античастицами». Поэтому, как он говорит, несимметричные (нет антивещества!) космологические теории неудовлетворительны. Здесь мне следует упомянуть о том, что в последнее время, после того как книга Альвена была написана, опыты с нейтральными K-мезонами показали, что такая симметрия как раз неполная. Поэтому я лично сейчас менее уверен в существовании где-то во Вселенной антивещества, чем несколько лет назад. Альвен, естественно, не смог обсуждать в книге важное открытие Пензиаса и Вильсона (1965) — открытие изотропного электромагнитного излучения со спектром, соответствующим температуре около 3° К.

Во-вторых, Альвен утверждает, что космологическая теория, предполагающая сверхплотное состояние материи около 10 миллиардов лет тому назад, его не удовлетворяет потому, что он не может оправдать неопределенность ответа на вопрос: а что было до этого? Мне кажется, что такой вопрос можно задать также и самому Альвену, когда он говорит о «начальном» состоянии в виде амбиплазмы. Кстати, от поставлен-

ного вопроса легче уклониться сторонникам математической сингулярности, чем Альвену, имеющему дело с веществом, поддающимся анализу.

В-третьих, Альвен, по моему мнению, явно недооценивает значение совокупности данных, говорящих против существования антивещества в нашей Галактике (особенно отсутствие заметного количества антипротонов среди первичных космических лучей).

В заключение я хотел еще раз подчеркнуть, что книга Альвена независимо от того, согласны ли многие с его точкой зрения или нет, является блестящим примером научной популяризации.

Б. Понтекорво