



№ 1, 2002 г. / Калейдоскоп “Кванта”

А. Леонович

А ТАК ЛИ ХОРОШО ВАМ ЗНАКОМ ВАКУУМ?

© “Квант”

Использование и распространение этого материала
в коммерческих целях
возможно лишь с разрешения редакции



Сетевая образовательная библиотека “VIVOS VOCO!”
(грант РФФИ 00-07-90172)

vivovoco.nns.ru
vivovoco.rsl.ru
www.ibmh.msk.su/vivovoco

...или ни один предмет никуда не перемещается по природе, или, если это происходит, нет пустоты.

Аристотель

Всю, самое по себе, составляют природу две вещи: Это, во-первых, тела, во-вторых же, пустое пространство, Где пребывают они и где двигаться могут различно.

Тит Лукреций Кар

Многие говорили, что пустоты не существует, другие – что она существует, но Природа испытывает к ней отвращение, и что создание такой пустоты требует усилий.

Эванджелиста Торричелли

Если впоследствии возникнут какие-либо иные взгляды на состояние или свойства (пустого) пространства, то их нужно будет увязать со свойствами того, что мы называем

пустым пространством сейчас в соответствии с данными опытами.

Майкл Фарадей

Несомненно, что межпланетное и межзвездное пространства не суть пространства пустые, но заняты материальной субстанцией или телом, самым обширным и, надо думать, самым однородным, какое только нам известно.

Джеймс Клерк Максвелл

Проблема точного описания вакуума, по моему мнению, является основной проблемой, стоящей в настоящее время перед физиками. В самом деле, если вы не можете описать вакуум, то как можно рассчитывать на правильное описание чего-то более сложного?

Поль Дирак

А так ли хорошо знаком вам вакуум?

Наш традиционный вопрос в данном случае удивительным образом созвучен тому, что был задан Мефистофелем Фаусту в знаменитой трагедии Гете: «Достаточно ли знаком ты с пустотой?» В нем — отражение интереса к одному из самых фундаментальных научных понятий, интереса, как свидетельствуют эпиграфы, проявившегося еще на заре возникновения научного знания и по сию пору тревожащего умы крупнейших мыслителей и ученых.

Немало трудов, имевших заголовки типа «Новые опыты с пустотой...», посвящались попыткам получить и исследовать вакуум. Но помимо чисто технических устремлений добиться в земных условиях как можно более «пустого» пространства, т.е. отсутствия вещества, исследователей волновал вопрос — а что же собой представляет то, что «осталось»? И действительно, идеальная в житейском понимании пустота, как выяснилось, обладает целым рядом поразительных свойств, влияя буквально на все, что в нее «погружено».

Этот так называемый физический вакуум (по современным представлениям) сыграл определяющую роль в образовании Вселенной; он содержит неис-

числимы запасы энергии. Вакуум словно вспыхивает на короткое время рождающимися полями, кипит появляющимися на ничтожные мгновения парами виртуальных элементарных частиц. Вместо пустого «ничего» мы, благодаря ученым, обрели сложнейшее и насыщенное «нечто», таящее в себе еще множество загадок.

Не слишком ли сложна эта тема для «Калейдоскопа»? Разумеется, нет, поскольку с вакуумом мы невольно сталкиваемся с первых же шагов в изучении физики. Вспомните, например, выражения «торричеллиева пустота», «в отсутствие сопротивления воздуха», «на планете, лишенной атмосферы», «хорошо откачанная лампа» и так далее. Полагаем, что после небольших усилий эти шаги станут более уверенными, и вскоре вы сможете ответить на каверзный вопрос, как Фауст ответил Мефистофелю: «Дух пустоты, надеюсь, схвачен мной».

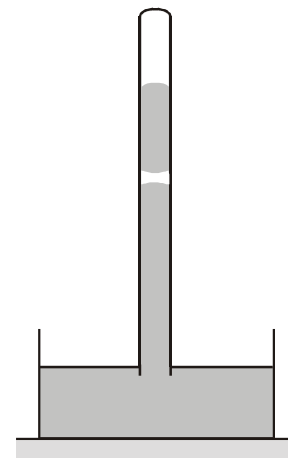
Вопросы и задачи

1. Куда направлено ускорение снаряда после вылета из ствола орудия, если сопротивлением воздуха: а) можно пренебречь; б) нельзя пренебречь?

2. Польный запаянный стеклянный шар уравновешен на весах гирей и помещен под колокол воздушного насоса. Сохранится ли равновесие, если выкачать из-под колокола воздух?

3. Удастся ли опыт Торричелли, если барометрическую трубку со ртутью поставить открытым концом в чашку не со ртутью, а с водой?

4. При постановке опыта Торричелли в столбике ртути оказался пузырек воздуха. Будет ли изменяться объем этого пузырька при изменении атмосферного давления?

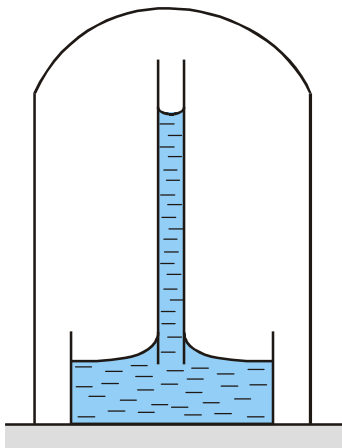


5. Трубку ртутного барометра подвесили к динамометру. Что покажет динамометр?

6. Будут ли действовать в безвоздушном пространстве поршневые жидкостные насосы?

7. Под колоколом воздушного насоса стоит банка с водой, а в ней имеется пузырек воздуха. Будет ли изменяться объем пузырька при откачивании воздуха? Температура постоянна.

8. Капилляр опущен в сосуд с жидкостью, давлением паров которой можно пренебречь. Сосуд с капилляром находится в вакууме под колоколом воздушного насоса. Что можно сказать о давлении внутри жидкости в капилляре на какой-либо высоте от уровня жидкости в сосуде?



9. При всяких ли условиях газ заполняет весь предоставленный ему объем?

10. Для чего между стенками термоса создают вакуум?

11. Каким путем передает Солнце тепло Земле и другим планетам?

12. Всегда ли будет остывать тело, помещенное в вакуум (например, в космосе)?

13. Теплоизолированный сосуд откачан до глубокого вакуума. В некоторый момент открывают кран, и сосуд заполняется окружающим его одноатомным идеальным газом. Будет ли изменяться температура газа в сосуде по мере его заполнения?

14. В стенке сосуда с разреженным газом сделано малое отверстие. Как будет изменяться температура газа в сосуде при вытекании газа в вакуум?

15. Космонавт, находясь на по-

верхности Луны, вскрыл ампулу, заполненную водой. Что произойдет с водой?

16. Может ли звук сильного взрыва на Луне быть слышен на Земле?

17. Как изменялось бы с течением времени напряжение зажигания газосветной трубки на Луне или на какой-нибудь планете, лишенной атмосферы?

18. Зачем в электронно-лучевых и рентгеновских трубках, а также в ускорителях элементарных частиц создают высокий вакуум?

19. В некоторую точку пространства приходят два когерентных луча с определенной геометрической разностью хода. Изменится ли результат интерференции лучей, если опыт перенести из вакуума в воду или стекло?

20. С чем связана способность электронов обгонять свет в некоторых веществах (эффект Вавилова - Черенкова)?

Микроопыт

Поднесите ладонь руки к электрической лампе накаливания, не прикасаясь к ней. При включении лампы на короткое время рука сразу же ощутит тепло. Однако, погасив лампу, вы обнаружите, что ее стеклянный баллон не успел нагреться. Как же тепло от раскаленной нити передалось руке?

Любопытно, что

...по умозаключениям Аристотеля, в пустоте все тела падали бы на землю с одинаковыми скоростями, но так как пустота невозможна, то скорость падения должна быть пропорциональна весу тела. На этот так называемый закон Аристотеля опирались вплоть до работ Галилея и Ньютона.

...экспериментируя с «пустотой», Герике использовал изобретенный им воздушный насос, с помощью которого поставил множество оригинальных опытов и доказал, к примеру, что в безвоздушном пространстве гибнут птицы и животные, что помещенный в откачанный сосуд колокольчик перестает звенеть, что воздух занимает весь предостав-

ленный ему объем и так далее.

...достижимый в лабораторных условиях вакуум — отнюдь не абсолютная пустота, а лишь сильно разреженный газ. Даже в межпланетном пространстве, по оценкам, на каждый кубический сантиметр приходится по нескольку атомов водорода.

...скорость света — максимальная скорость передачи взаимодействий в природе — определяется электрическими и магнитными свойствами вакуума и может быть рассчитана исходя из значений электрической и магнитной постоянных.

...впервые роль вакуума для Вселенной была обоснована формулами и расчетами Поля Дираком, предсказавшим рождение электрон-позитронных пар с помощью фотонов и объяснившим это явление как преобразование вакуума.

...к концу XX века удалось точнее образом подтвердить так называемый эффект Казимира — возникновение слабой электромагнитной силы между зеркалами, расположенными в вакууме на крохотном расстоянии друг от друга. Причиной этого взаимодействия может быть лишь «бурление» вакуума.

Что читать в «Кванте» о вакууме

(публикации последних лет)

1. «Как устроена пустота?» — 1996, Приложение №2, с. 102;
2. «Расширение газа в пустоту» — 1996, Приложение №4, с. 50;
3. «113 лет ошибке Эдисона» — 1996, №5, с. 9;
4. «Звон колокольчика» — 1997, №4, с. 42;
5. «Эстафетный бег молекул, или Как работает термос» — 1997, №5, с. 31;
6. «Вакуум» — 1998, №5, с. 2;
7. «Внутренняя энергия идеального газа» — 2000, №1 с. 38;
8. «Почему вращается вертушка?» — 2000, №4, с. 42;
9. «Хочешь общаться — излучай» — 2000, №5, с. 37;
10. «Лебедевские крылышки» — 2001, №2, с. 11.

Материал подготовил

А. Леоневич