



Художник В. Любаров

Вечеринка на орбите

В статье «Как зажечь огонь» («Химия и жизнь», 2011, № 1) говорилось: «Космонавт в космическом корабле, находящемся на земной орбите, не смог бы наблюдать за горящей свечой: в отсутствие силы тяжести горячий воздух вверх не поднимется, а свежий не сможет подойти к зоне горения, и свеча погаснет». Бдительные читатели заметили: а как же фотографии пламени свечи при микрогравитации на сайте NASA? Пламя не желтое, а тускло-синеватое и вместо привычного «язычка» имеет шарообразную форму, но горит же! Неувязочка?

В канун 50-летнего юбилея полета Юрия Гагарина все чаще слышны разговоры об освоении ближнего космоса и космическом туризме, поэтому мы решили провести расследование. Так можно ли любоваться свечой, находясь на орбите? И заодно уж, как насчет шампанского и танцев?

Автор статьи не утверждал, что свеча совсем не будет гореть. Было сказано — «она погаснет». То есть гореть будет, но едва ли долго. Конечно, если в невесомости есть конвекционные потоки воздуха, подающие в зону пламени кислород, то они могут поддерживать

горение. (Но и слишком сильными они быть не должны, чтобы не загасить пламя.) Если таких потоков нет, то скорость диффузии недостаточна для обеспечения бесперебойного горения. Коэффициент диффузии газов с небольшими молекулами в воздухе при комнатной температуре равен примерно $0,1 \text{ см}^2/\text{с}$. За минуту фронт диффузии кислорода передвинется всего на 2,5 см, чего недостаточно для поддержания стационарного горения. Ведь кислорода обычной свече нужно много. В замкнутом объеме воздуха, в котором свеча «задохнулась», все еще содержится 16% O_2 ! Кроме того, для устойчивого горения необходимо отводить (тоже путем диффузии) от зоны горения продукты — углекислый газ и пары воды.

Интересно было бы подсчитать, сколько кислорода и с какой скоростью нужно подавать в зону горения, чтобы обеспечить самое маленькое пламя. Но совсем маленькое пламя, вероятно, не сможет расплавить парафин, и тогда свеча опять-таки погаснет, оставшись без «топлива».

Можно поставить в невесомости эксперимент, который исключал бы

конвекционные потоки воздуха — все маленькие и большие «сквозняки». Например, поместить свечу в небольшую закрытую емкость и сравнить со свечой в такой же емкости на Земле. В реальных же условиях орбитальной станции циркуляция воздуха существует и поддерживать горение может, пускай не слишком интенсивное. Зарегистрирован случай, когда свеча горела в невесомости дольше 40 минут.

Изучать поведение пламени в отсутствие силы тяжести нужно вовсе не из академического интереса. Все любители фантастики знают, как опасен пожар в космосе. В такой нештатной ситуации неплохим решением для начала может быть полное отключение вентиляции в отсеке.

Если поговорить о более радостных вещах — как насчет шампанского? Никак. Вино и даже более крепкие напитки — можно (не с дисциплинарной, а с физической точки зрения). Кстати, вино на Луне пил американский астронавт Эдвин «Базз» Олдрин, тот, кто ступил на нее вслед за Нилом Армстронгом. Потом он вспоминал, что вино при $1/6 g$ текло лениво, будто сироп. (На этот факт многие ссылаются, хотя не всегда объясняют, почему не налили Армстронгу. Олдрин, будучи верующим, не просто пил, а принимал причастие, Армстронг же отказался в этом участвовать.) Но одно дело — Луна, другое — орбитальная станция. При невесомости, как известно, любая жидкость имеет тенденцию покидать незакрытую емкость и всплывать в виде шариков, которые приходится ловить всяческими способами, пока они не разбились на мелкие капли. Это простые, негазированные жидкости. А шампанское в невесомости не просто пенится — оно полностью превращается в пену, как содержимое огнетушителя. Почему?

Когда бутылку открывают, давление падает, падает и растворимость углекислого газа. В объеме жидкости образуются и растут пузырьки. На Земле они всплывают к поверхности под действием архимедовой силы: чем больше объем пузырька, тем сильнее его выталкивает. Так получается красивая пена у края бокала: углекислый газ, «одетый» тонкими пленками вина. Но там, где нет силы

тяжести, нет и архимедовой силы. И пузырьки CO₂, и вино вокруг них ничего не весят. Поэтому пузыри растут в объеме, не всплывая, и все шампанское становится пенящейся массой, мало пригодной к употреблению.

Ладно — шампанское, но как же кока-кола? Не жестоко ли вынуждать людей годами обходиться без любимого напитка? Подумав об этом и ужаснувшись, группа сотрудников компании «Кока-Кола» разработала и запатентовала «сатуратор для приготовления газированной воды в контейнере без образования в нем газообразной фазы». Хитроумные изобретатели получили патент и в России — вдруг наши космонавты захотят лимонада или квасного напитка? (Сразу поясняем: это не первоапрельская шутка. Номер патента 2070398, подробное описание изобретения можно найти на <http://ru-patent.info>.)

Устройство представляет собой «раздаточную систему для напитка после его смешивания», предназначенную для работы на космической станции в условиях отсутствия силы тяжести. С его помощью можно готовить и горячие напитки (чай, кофе, какао), и холодную газировку с различными добавками. Авторы подробно расписывают, как обеспечиваются высокая надежность и простота в обслуживании, объясняют принцип работы раздаточного клапана, позволяющего легко и быстро разливать напитки по специальным чашкам. Отдельно описаны две необычные конструкции сатураторов, исключающих преждевременное вспенивание. В одном варианте камера насыщения углекислым газом представляет собой гофрированный сосуд с эластичными боковыми стенками и поршнями по торцам. Другой, устроенный еще более сложно, — даже не порционный, а непрерывный, вероятно, для многолюдных конференций на орбите.

Трудолюбие и предусмотрительность американских изобретателей впечатляют, но едва ли их идея будет востребована астронавтами или космонавтами. Техническое решение безупречно, и кока-колу наверняка удастся донести до рта и проглотить. А вот потом начнутся проблемы. Наш организм не приспособлен к употреблению в невесомости сильногазированных напитков, будь то кока-кола, шампанское или боржоми. На Земле после того, как мы глотаем такой напиток, газ «шибает в нос» — он покидает желудок под действием той же самой архимедовой силы. Происходит это даже быстрее, чем в стакане, поскольку в желудке тепло. В невесомости, как уже было сказано, архимедовой силы нет, углекислый газ, вместо того чтобы шибать в нос, останется в желудке... Конечно, приступ рвоты в жилом отсеке — не такая большая беда, как

пожар, но приятного мало. Наверное, космический сатуратор следовало снабдить центрифугой (не для напитка, а для потребителя). А может, ну ее, эту газировку?

Совсем недавно весь мир облетела радостная новость: к 50-летию полета человека в космос австралийцы из пивоваренной компании «Four Pines Brewing» и технологической компании «Saber Astronautics» сварили и начали продавать пиво, пригодное к употреблению в невесомости. Пиво назвали «Vostok», в честь корабля «Восток-1», на котором летел Гагарин. Австралийцы решили не идти против природы и сделали космическое пиво слабогазированным. Зато вкус у него максимально насыщенный: по словам разработчиков, за основу взяты рецепты темного ирландского пива. Давно известно, что в невесомости вкусовые ощущения притупляются: язык слегка отекает и рецепторы работают иначе, чем на Земле.

Новое пиво прошло испытания в условиях, приближенных к орбитальным, — на «боинге» авиакомпании «Zero-Gravity». В таких самолетах проводят предполетные тренировки космонавтов (а теперь в них может покататься и любой желающий с достаточным количеством денег). Самолет летит по параболической траектории, и в нисходящей ветке параболы наступает невесомость, которая продолжается 25—30 секунд. В России самолеты для таких тренировок созданы на базе Ил-76. Но впервые они появились, по-видимому, в программах NASA, еще в 50-е. Пресс-службы придумали для них прозвище «Weightless Wonder» — «Невесомое чудо», но большей известностью пользуется менее романтичное «Vomit Comet» (vomit по-английски «тошнота»). А пиво «Восток» испытатели похвалили. Отсюда можно сделать вывод, что оно как минимум не запросилось обратно на Землю...

О еде в космосе нужно говорить долго (и мы сделаем это в одном из ближайших номеров: ведь впереди у человечества — покорение Марса, а на голодный желудок такие серьезные дела не делаются). Но здесь мы обещали еще рассказать о танцах и прочих подвижных развлечениях.

Собственно, все уже рассказано до нас. Замечательная книга П.В.Маковецкого «Смотри в корень!» в прошлом веке выдержала не менее пяти изданий. В ней объясняется физический смысл различных явлений и ситуаций, реальных и научно-фантастических — например, как следует регулировать тягу двигателей, чтобы лететь на Луну с наибольшим комфортом. Есть в этой книге задачи, посвященные баскетболу и танцам в космосе. Про баскетбол полезно было бы прочесть владельцам «Zero-Gravity», которые давно работают над играми с мя-



РАССЛЕДОВАНИЕ

чом в невесомости (за полминуты много не наиграешь, но главное — начать). Так, массу игроков перед началом игры для справедливости хорошо бы уравнивать с помощью грузов. (Конечно, нашим читателям не надо объяснять, что веса у тела в невесомости нет, а масса — есть и она ощутимо влияет на взаимодействие незакрепленного игрока с мячом.) Кроме того, «в невесомости мяч между игроками летит равномерно и прямолинейно... Значит, земные параболы и баллистические кривые нужно забыть, и чем скорее, тем лучше для игры. Прицеливаться в игрока нужно без всяких поправок на криволинейность полета. Но если вы для удобства прицеливания будете бросать мяч с уровня глаз, то будете наказаны: в момент броска ваше тело придет во вращение, ногами вперед. Вы увидите Вселенную вращающейся вокруг вас. Это весьма лестное для вас обстоятельство помешает, однако, следить за партнером, принимать от него мяч и правильно его отпасовывать... Мяч нужно бросать так, чтобы ваш центр масс был на продолжении траектории полета мяча». Аналогичные соображения касаются и того, кто принимает пас. Короче, игра обещает быть зрелищной, но мало похожей на земные виды спорта.

Танцевать в невесомости можно, но сольные танцы без специальных приспособлений будут довольно примитивными, по крайней мере поначалу. Впрочем, даже элементарный груз на веревочке позволит танцору выполнить нечто вроде фуэте. Зато парные танцы и хороводы предоставляют артистам много возможностей. Главное — не забывать, что, вращая партнера, ты вращаешься и сам, а толкая его, сам отлетаешь назад. Отсюда недалеко и до высокого искусства космического балета, как его описала Лоис Макмастер Буджолд в романе «Дипломатический иммунитет»: «Человек двадцать пять в свободном падении расположились в самом центре сферического зала, и движения их были так точны, что никого ни разу не отнесло в сторону, пока они вертелись, ныряли, кувыркались и разворачивались, и энергия перетекала через их тела от одного к другому, и снова по кругу»... Все у нас еще впереди, земляне.

**Е. Котина,
И. Леенсон**