

Посадка НЛО на лед, или Чаепитие с Эйнштейном

В. СУРДИН

НЕ ПРОХОДИТ ИНТЕРЕС У ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ граждан к визитам пришельцев на Землю. Множество «таинственных» явлений собрано в коллекциях любителей НЛО. А ведь, если вдуматься, эти коллекции – интереснейший задачник для любителей физики, астрономии и вообще природы и техники. Каждому непридуманному случаю, связанному с «необъяснимым феноменом НЛО», в конце-концов можно найти объяснение, хотя порой это сделать совсем не просто. Разумеется, мы снисходительно отнесемся к специалисту, который не всегда отличает Луну или Венеру от «летающей тарелки», не знает, что в объективе фотокамеры часто возникают блики, или не помнит, каковы истинные расстояния до звезд и сколько времени требуется для преодоления таких расстояний. Но юный естествоиспытатель знает все это и стремится к полному пониманию даже самых «необъяснимых» явлений.

Много интересных случаев связано с наблюдениями необычных явлений в воздухе и в космическом пространстве. Не меньше захватывающих историй, любопытнейших находок и разоблачений в области истории, археологии, метеорологии и физики связано и с сообщениями о посадках НЛО на Землю. Это и «космодромы пришельцев», оказавшиеся древними храмами, и «прямые площадки» на месте убранных стогов сена, и «круги на полях» – следы атмосферных вихрей или тривидальных мистификаций. Сегодня же речь пойдет о «посадках НЛО на лед».

Загадка ледяных кругов

Весной 1990 года Харьковский планетарий пригласил меня прочитать несколько лекций на разные темы, в том числе и об НЛО. Планетарий в Харькове небольшой: в его круглом зале, где демонстрируется звездное небо, помещается человек сто. Но и этот скром-

ный зал не всегда был заполнен слушателями, если предстояла лекция о космических исследованиях или астрономических открытиях. Однако лекции об НЛО неизменно проходили при полном аншлаге.

Гуляя по городу, я увидел объявление о серии лекций «Загадки НЛО» и решил отправиться на лекцию в ближайший же вечер. Правда, подойдя вечером к Лекторию харьковского общества «Знание», я обнаружил такой ажиотаж, что тут же оставил мысль о посещении в этот день уфологического мероприятия. Лишь на следующий вечер, благодаря любезной помощи сотрудников планетария, я попал на сбор любителей НЛО и, честное слово, не пожалел об этом.

Огромный зал человек на 600–700 был полон; за дверьми осталось множество обиженных безбилетников (а билеты были недешевы!). Скептических лиц в зале я почти не видел. Все были возбуждены, многие записывали в свои блокноты мельчайшие подробности встреч с НЛО, о которых рассказывали ведущие. Первая половина программы состояла из пересказа истории исследования НЛО начиная с 1947 года, когда американский пилот-любитель К. Арнольд поведал о встрече над Скалистыми горами с «эскадрилей летающих блюдечек», и до последних НЛО-событий в нашей стране (Хабаровск, Воронеж, Пермь, ...). Вторая половина вечера посвящалась местным чудесам.

Один из ведущих вечер рассказал, что зимой на льду небольшой реки группа энтузиастов обнаружила... место посадки НЛО. Точнее говоря, круг диаметром в несколько метров, выделяющийся более тонким подтаявшим льдом, в сравнении с толстым льдом, покрывающим реку в остальных местах. Уфологи подошли к делу серьезно: взяли пробы льда, измерили про-

филь дна реки, сделали магнитную съемку, изготовили слайды и кинофильм, даже, кажется, лозоходцев к «объекту» приглашали. Поскольку никакого разумного объяснения найденному чуду дать не смогли, решили, что перед ними место, оплавленное при посадке и взлете НЛО.

Выслушав этот рассказ, я попросил разрешения задать вопрос и обратился к тому из двух ведущих, который назвался физиком (второй был журналистом). Я спросил, не было ли на дне реки под загадочным кругом ямы. Оказалось, что была: промеры дна выявили глубокую яму как раз под этим кругом. (Кстати, у самих уфологов это еще больше укрепило подозрение в необычности их находки.) Удовлетворенный ответом относительно глубокой ямы, я спросил у «физика», не видит ли он здесь аналогии с известной задачей Эйнштейна о чашке чая. Вопросы он не понял: вероятно, не был знаком с этой известной задачей.

Помешивая ложечкой в чашке, наблюдай чайники, в ней пребывающие

Существует легенда, что Альберт Эйнштейн, помешивая ложечкой чай, любил спрашивать друзей-физиков, почему чайники на дне чашки собираются в центре в виде курганчика. Так ли было на самом деле, я не знаю, но есть документальный факт – в 1926 году Эйнштейн сделал в Прусской Академии доклад «Причины образования извилин в руслах рек и так называемый закон Бэра», где в качестве примера обсудил поведение чайнок в стакане:

«Представим себе чашку с плоским дном, полную чая. Пусть на дне ее имеется несколько чайнок, которые остаются там, так как оказываются тяжелее вытесняемой ими жидкости. Если с помощью ложки привести во вращение жидкость в чашке, то чайники быстро соберутся в центре дна чашки. Объяснение этого явления заключается в следующем. Вращение жидкости приводит к появлению центробежных сил. Эти силы сами по себе не могли бы привести к изменению потока жидкости, если бы последняя вращалась как твердое тело. Но слои жидкости, находящиеся по соседству со стенками чашки, задерживаются благодаря трению, так что угловая скорость, с которой они вращаются, оказывается меньше, чем в других местах, более близких к центру. В частности, угловая скорость вращения, а следовательно, и центробежная сила будут вблизи дна меньше, чем

вдали от него. Результатом этого является круговое движение жидкости, ...которое возрастает до тех пор, пока под влиянием трения не станет стационарным. Чаинки сносятся в центр круговым движением, чем и доказывают его существование».

Позволю себе пояснить слова великого физика. Эйнштейн утверждает, что вращение жидкости в неподвижной чашке возбуждает циркуляцию, поднимающую жидкость вдоль оси вращения и опускающую вдоль стенок, — так называемую меридианальную циркуляцию. Поэтому вблизи дна жидкость движется от стенок к середине и собирает там осевшие на дно чаинки.

Нетрудно понять причину возникновения меридианальной циркуляции. Когда мы раскручиваем ложечкой чай, центробежная сила инерции пытается отодвинуть жидкость от оси вращения к краю чашки. Избыток несжимаемой жидкости поднимается вдоль краев сосуда, и ее свободная поверхность принимает вогнутую форму. От этого давление вдоль горизонтальных слоев жидкости перестает быть постоянным: оно возрастает с удалением от оси вращения, поскольку в этом направлении возрастает высота столба жидкости над слоем. Возникающая разность давлений как раз и является той причиной, которая обеспечивает жидкости движение по кругу.

Нетрудно найти форму свободной поверхности вращающейся жидкости. Свяжем центростремительное ускорение линейного элемента жидкости мас-

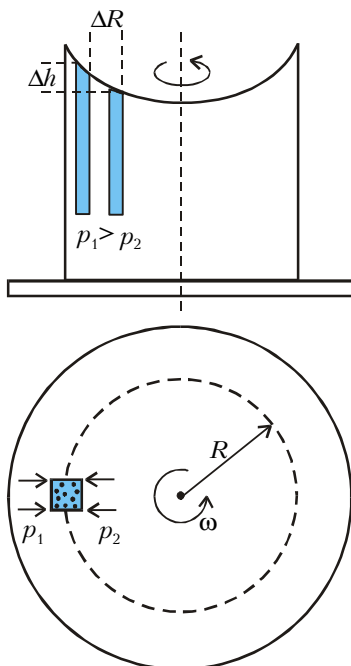


Рис.1. Рост давления с удалением от центра вращения играет роль центростремительной силы

сой m с разностью действующих на него давлений (рис.1):

$$m\omega^2 R = p_1 - p_2.$$

Но давление связано с высотой столба жидкости:

$$p = \rho gh,$$

где ρ — плотность жидкости, а g — ускорение свободного падения, поэтому для несжимаемой жидкости ($\rho = \text{const}$) разность давлений выразится через разность высот столбов:

$$\Delta p = p_1 - p_2 = \rho g \Delta h.$$

Массу линейного элемента жидкости запишем как $m = \rho \Delta R$. Тогда из уравнения движения следует

$$\rho \Delta R \omega^2 R = \rho g \Delta h.$$

Отсюда получаем производную для формы поверхности жидкости:

$$\frac{\Delta h}{\Delta R} = \frac{\omega^2 R}{g},$$

а затем и уравнение самой поверхности:

$$h = \frac{(\omega R)^2}{2g}.$$

Как видим, у жидкости, вращающейся «целиком» (как твердое тело) с постоянной во всех точках угловой скоростью ($\omega = \text{const}$), свободная поверхность имеет форму параболоида ($h \sim R^2$). Кстати, именно это свойство использовал знаменитый американский оптик Роберт Вуд, чтобы сделать параболическое зеркало своего экспериментального телескопа из вращающейся чашки с ртутью. Но, обратите внимание, с помощью мотора Вуд равномерно вращал саму чашку, а не помешивал в ней ртуть ложечкой.

Мы можем сделать то же самое, поставив чашку чая в центр вращающегося диска проигрывателя. При этом мы увидим, что в установившемся режиме (т.е. спустя некоторое время после начала опыта) никаких потоков жидкости в чашке не наблюдается: система приходит в стационарное состояние.

Опыт Вуда получил в наши дни неожиданное продолжение: гигантские зеркала диаметром 8,2 метра для новых телескопов Европейской южной обсерватории в Чили изготовили недавно, выливая расплавленное стекло во вращающуюся посудину, — остывая и затвердевая, стекло приобрело нужную для фокусирующего зеркала форму вогнутого параболоида. Осталось лишь чуть-чуть отполировать его и покрыть тонким зеркальным слоем. Весьма удачно, что форма свободной поверхности

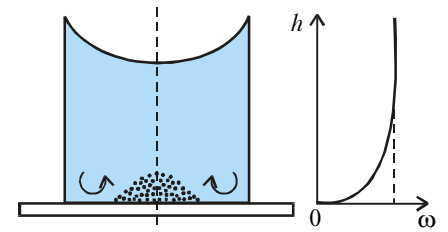


Рис.2. Угловая скорость вращения жидкости у самого дна уменьшается из-за трения. Баланс сил нарушается — возникает вертикальная циркуляция жидкости

вращающейся жидкости точно соответствует требованиям оптики.

Но мы немного отвлеклись. Что же происходит, когда жидкость раскручена в неподвижной чашке? Возникают так называемые краевые эффекты, вызванные трением жидкости о стенки и дно чашки. Нас сейчас особенно интересует дно, на котором лежат чаинки. Вблизи дна жидкость тормозится; распределение ее угловой скорости становится таким, как показано на рисунке 2 справа. Поэтому горизонтальная разность давлений (радиальный градиент давления) превышает там центробежную силу инерции и перемещает жидкость вдоль дна от краев к середине чашки. Вместе с жидкостью переезжают к середине и чаинки. Встретившись у оси вращения, потоки жидкости устремляются вверх (поскольку вниз пути нет), и возникает циркуляция. Жидкость поднимается, а тяжелые чаинки образуют в центре доннышка курганчик.

В этом и заключается решение задачи Эйнштейна. Но какое отношение она имеет к загадочным кругам на льду?

Разгадка ледяных кругов

Вспомните — под кругом на дне реки была глубокая яма. Течение реки неравномерно: чем ближе к середине потока, тем интенсивнее (краевой эффект берегов). Поэтому с одной стороны ямы вода движется чуть быстрее, чем с другой, и в яме возникает круговое движение воды. (Хорошо помню, как в детстве мы боялись водоворотов, когда купались на маленьком притоке реки Миасс. Лет 100 назад, во время Уральской золотой лихорадки вся речушка была изрыта ямами, и над ними до сих пор существуют водяные воронки, затягивающие пловцов.) Но вот вопрос, возникнет ли при этом вертикальная циркуляция: ведь поверхность воды прижата льдом и не может принять вогнутую форму.

Я думаю, что циркуляция подо льдом возникает. Дело в том, что слои воды различаются по плотности: внизу — более плотные, наверху — менее. Вращение придает вогнутую форму не во-

НАШИ НАБЛЮДЕНИЯ

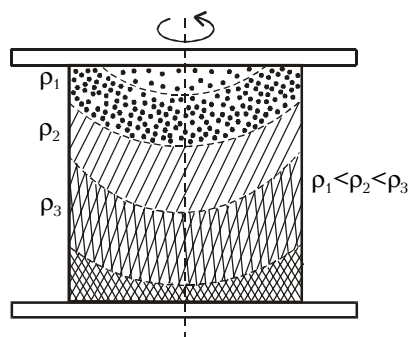


Рис.3. Если жидкость лишена свободной поверхности, ее роль играют условные поверхности, разделяющие слои разной плотности

бодной поверхности жидкости, а границам между слоями разной плотности (рис.3). Возникновение циркуляции легко доказать экспериментально. Потавьте стакан с водой в середину диска проигрывателя, бросьте в воду ложку поваренной соли (для создания градиента плотности) и несколько кристалликов марганцовокислого калия (чтобы проследить за потоками). Теперь плотно закройте стакан сверху, раскрутите и резко остановите — вы увидите меридиональную циркуляцию. Значит, «эффект Эйнштейна» подхватит плотную воду со дна ямы и выбросит ее наверх, к нижней кромке льда.

И вот тут нужно вспомнить самое главное. Зимой температура воды близка к нулю, а вблизи нуля максимальная плотность воды достигается при температуре $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Именно эта вода будет подниматься со дна ямы наверх и омыwać нижнюю поверхность льда. Вот почему лед над ямой будет таять.

Такое объяснение можно дать загадочным кругам на льду рек, если вспомнить законы физики. Разумеется, в тот памятный вечер в Харькове мне не позволили рассказать все это аудитории — наиболее активные слушатели негодующе зашипели, и я вынужден был сесть на место.