

Список цитируемых источников

1. Галушкин, А. И. Нейронные сети. Основы теории / А. И. Галушкин. — М. : Горячая линия — Телеком, 2012. — 496 с.
2. Калинин, А. В. Технология нейросетевых распределенных вычислений / А. В. Калинин, С. Л. Подвальный. — Воронеж : ВГУ, 2004. — 121 с.
3. Воронцов, К. В. Лекции по искусственным нейронным сетям / К. В. Воронцов. — Воронеж, 2007. — 29 с.
4. Оссовский, С. Нейронные сети для обработки информации / С. Оссовский ; пер. с пол. И. Д. Рудинского. — М. : Финансы и статистика, 2002. — 344 с.

УДК 532.3

Г. В. Качкар, Н. В. Белова

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ЭФФЕКТ ПРЫГАЮЩЕЙ КАПЛИ В СТРАТИФИЦИРОВАННОМ ЖИДКОМ РАСТВОРЕ

Введение. Сегодня может создаться впечатление, что фундаментальные законы современной физики способны объяснить абсолютно все физические процессы и явления, с которыми только может сталкиваться человечество. Тем не менее в науке бывают такие случаи, с которыми ученым не доводилось сталкиваться ранее, отчего их природу становится сложно описать при помощи законов физики. Одним из таких случаев стал эффект прыгающей капли в непрерывном (водно-спиртовом) растворе. Этот эффект наблюдали физики из Нидерландов, опубликовавшие в 2019 году статью в научном журнале *PhysicalReviewLetters* [1].

Основная часть. Эффект прыгающей капли был случайно обнаружен физиками-экспериментаторами при проведении опытов с движением объектов в жидкости. Особенность данного эффекта заключается в следующем: капля жидкости, помещенная в жидкую среду с иной плотностью и иным химическим составом, начинает вести себя неочевидно. Изначально целью исследователей было изучение свойств вертикально стратифицированной смеси воды и этанола при помощи капли эфирного масла на основе транс-анетолла. Ожидалось, что капля растворится или же начнет идти на дно сосуда под действием гравитации. Поначалу капля действительно тонула, но лишь до определенного момента, после которого она начинала совершать прыжки вверх-вниз, словно отталкиваясь от невидимой в жидкости границы. Эти прыжки протекали довольно длительное время с возрастающей амплитудой, пока капля резко не остановилась.

Чтобы повлиять на передвижение объекта в жидкости, необходимо приложить физическую силу, однако при наличии ряда условий объект может самопроизвольно ускориться без наличия внешних сил. К таким условиям относят неоднородное поверхностное натяжение, действующее на границе капли и жидкой среды, неоднородное распределение температуры в жидкости и концентрация примесей в жидкой среде. Изучим подробнее неоднородное поверхностное натяжение на границе двух жидкостей, так как на нем базируется эффект Марангони, при помощи которого ученые попробовали выявить причину совершаемых каплей прыжков.

Эффектом Марангони называют явление переноса частиц вещества вдоль границы, которая разделяет две разные по химическому составу и физическим свойствам среды. Такой перенос обусловлен градиентом поверхностного натяжения. Поверхностное натяжение, в свою очередь, возникает при наличии градиента концентрации либо градиента температуры. Таким образом, жидкость будет перетекать из области с меньшим поверхностным натяжением в область с большим поверхностным натяжением. Вместе с тем на жидкость действует сила тяжести, которая увеличивается прямо пропорционально плотности самой жидкости. Сила тяжести противодействует движению жидкости по направлению градиента поверхностного натяжения, из-за чего эффект Марангони незначителен и выглядит не так зрелищно. Наиболее наглядно эффект Марангони протекает в жидкости, которая представляет собой неоднородную смесь воды и этанола. Так как поверхностное натяжение этанола ниже, чем у воды, то сильнее жидкость будет стягиваться в тех областях, в которых концентрация этанола наиболее низкая. Из-за своей более низкой плотности этанол скапливается в верхней части занимаемого жидкостью объема сосуда, благодаря чему жидкость будет перемещаться в направлении сверху-вниз. Поэтому наблюдаемый в данном примере эффект Марангони также носит название «слезы вина» [2]. Наибольшее влияние на перемещение стянутой в капли жидкости оказывают скорость перемещения капли и коэффициент диффузии растворяемого вещества. Между этими характеристиками устанавливают соотношение, которое называется числом Пекле. Чем меньшим будет значение числа Пекле, тем большим будет перепад концентраций во всем объеме жидкости и тем большими в жидкости будут силы межмолекулярного взаимодействия, которыми и будет вызвано самопроизвольное движение капли. При больших значениях числа Пекле перепад концентраций сгладится, перемещение капли замедлится.

Столкнувшись с явлением прыгающей капли, физики обнаружили, что числа Пекле могут меняться на промежутке между маленьким и большим значениями, вынуждая тем самым каплю совершать колебательные прыжки с возрастающей амплитудой, словно она отталкивается от невидимой поверхности. Чтобы

разрешить это противоречие, ученые решили повторить опыт и создать для повторного возникновения эффекта необходимые условия. В прямоугольную емкость налили одинаковое по объему (1,8 миллилитра) количество спирта и воды. Из-за разной плотности жидкости разделились, и на их границе возник градиент концентрации спирта. После в полученный раствор поместили каплю эфирного масла объемом около 0,5 микролитра. Совершаемое каплей движение исследователи записывали на камеру и на основании полученных данных построили график, на котором демонстрировалась зависимость высоты, на которую подпрыгивала капля, от времени. Плотность капли эфирного масла составляет 988 кг/м^3 , а спирта 785 кг/м^3 , поэтому в начале опыта капля медленно тонула в растворе. Но после того, как прошло 59 секунд непрерывного погружения, капля резко совершила прыжок вверх несмотря на то, что плотность раствора все еще оставалась меньше плотности капли. На то, чтобы капля достигла максимальной высоты, ушло меньше секунды. После капля снова начинала тонуть, но уже в течение 49 секунд, а затем снова резко подскочила вверх. Таким образом, капля совершала прыжки в течение 30 минут, пока она не достигла уровня раствора с равной ее собственной плотностью. Всего физики насчитали 24 прыжка. Примечательным было то, что с каждым разом, опускаясь все ниже, капля после прыжка вверх постоянно возвращалась на один и тот же уровень. После исследователи выяснили, что частота прыжков капли совпадает с частотой Брента–Вяйсяля (либо частотой плавучести), с помощью которой описываются колебания элемента стратифицированной жидкости около положения равновесия.

Ученые предположили, что причиной возникновения эффекта прыгающей капли может быть следующее: поверхностное натяжение между этанолом и эфирным маслом меньше поверхностного натяжения между эфирным маслом и водой. Возникший вследствие этого перепад поверхностных натяжений генерирует поток Марангони, понижает плотность жидкости над каплей и выталкивает ее вверх. Когда капля снова начинает тонуть, она захватывает с собой некоторое количество легкой жидкости из верхних слоев. Захваченная легкая жидкость затем отрывается от капли и перемещается обратно вверх, образуя при этом «плавучую струю» и увеличивая утапливающую силу. Таким образом, капля совершает рывки вверх благодаря тому, что частицы легкой жидкости тянут ее за собой, пока полностью от нее не оторвутся. Так, капля будет перемещаться вверх и вниз, пока концентрация веществ в растворе не уравнивается во всем его объеме.

Заключение. Эффект прыгающей капли очень привлекателен с точки зрения эстетики, но еще больший интерес привлекает к себе это явление, если рассматривать его с точки зрения квантовой физики. Прыгающая капля ведет себя тем же образом, что и стабильная, стоячая волна, осциллирующая между двумя разными состояниями. По результатам наблюдений можно предположить, что отдельные явления гидродинамики протекают по тем же принципам, что и явления квантовой физики, и, следовательно, являются аналогичными. Если ученым-физикам удастся экспериментально доказать и теоретически обосновать подобие между причинно-следственными связями явлений квантовой физики и явлений гидродинамики, то станет возможным более детальное и масштабное изучение природы квантовой физики на базе различных жидкостей и жидких растворов, а также будет практиковаться применение законов квантовой физики для объектов гидродинамики. Таким образом, ученые смогут связать между собой два разных раздела физики, что может привести к появлению новых научных направлений и научных дисциплин.

Список цитируемых источников

1. Научно-популярное издание №1 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://nplus1.ru>. — Дата доступа: 10.04.2020.
2. Ригамонти, А. Разговоры физиков за бокалом вина / А. Ригамонти, А. Варламов, А. Буздин // Квант. — 2005. — № 1. — С. 2—7.

УДК 004.353

Г. В. Качкар, М. В. Бобко

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ИНТЕРАКТИВНАЯ ПАНЕЛЬ

Введение. Молодые современные люди стремятся быть неповторимыми, яркими, модными, выделиться из толпы, отличаться оригинальностью. Атрибутом, который поможет им в этом, может быть рюкзак с LED-вставками. В обыденной жизни такие рюкзаки редко встречаются.

Студенты кружка «Электроник» кафедры информационных технологий и физико-математических дисциплин предлагают разработанный ими вариант интерактивной панели, которую можно использовать для рюкзака. Заимствовано все самое положительное у разработчиков подобных панелей и добавлено свое, новое и оригинальное.