

Академик АН ЛатвССР И. М. КИРКО, Е. И. ДОБЫЧИН, В. И. ПОПОВ

**ЯВЛЕНИЕ КАПИЛЛЯРНОЙ «ИГРЫ В МЯЧ»
В УСЛОВИЯХ НЕВЕСОМОСТИ**

Давно известны упругие свойства границы раздела фаз между различными жидкостями и жидкостью и газом (1-3), а также упругие свойства пленки жидкости, ограниченной с обеих сторон газом или другой жидкостью (6).

В описываемых экспериментах наблюдался упругий переход энергии поверхностного натяжения границы раздела фаз между двумя жидкостями в кинетическую энергию поступательного и колебательного движения жидкого тела в виде своеобразного «прыжка» ртутной капли при переходе в состояние невесомости, а также явление упругости жидкой пленки, образованной двумя границами раздела фаз между тремя различными средами в виде своеобразного «отражения» ртутной капли от границы раздела соляная кислота — воздух.

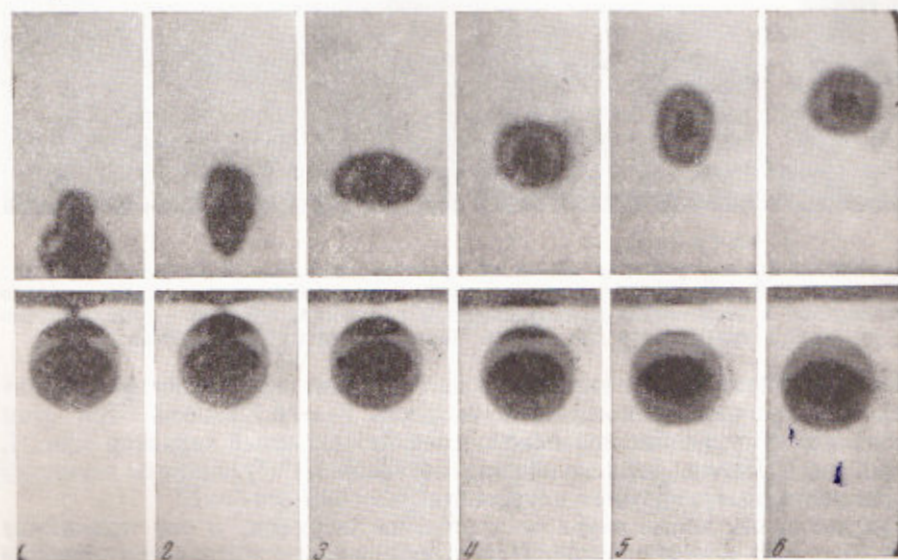


Рис. 1. Верхний ряд — капиллярный «прыжок» капли ртути и колебания ее относительно центра тяжести с последующим формированием в сферу. Первый кадр показывает положение капли через 0,15 сек. после отрыва контейнера. Нижний ряд — движение пробного тела, характеризующее ускорение внутри контейнера. Уровень кислоты относительно дна 10,0 см. Частота съемки 12 кадров/сек

Для осуществления условий невесомости применялся контейнер весом около 100 кг, сбрасываемый с высоты 20 м. При падении в течение приблизительно 2 сек. среднее ускорение в системе координат контейнера равнялось $\approx 6,4$ см/сек². Это ускорение определялось по движению специального пробного тела (рис. 1, нижний ряд), освобождаемого от магнитного притяжения в момент возникновения невесомости.

В контейнере размещались сосуды размером $(3,5 \times 3,5 \times 7)$ см³ из оргстекла, в которые наливался 20% раствор соляной кислоты и помеща-

лась крупная капля ртути весом в 20 г. При наличии силы тяжести такая капля принимала на горизонтальной поверхности дна сосуда форму круглой «лепешки» радиусом $R = 1,2$ см и высотой $h = 0,35$ см.

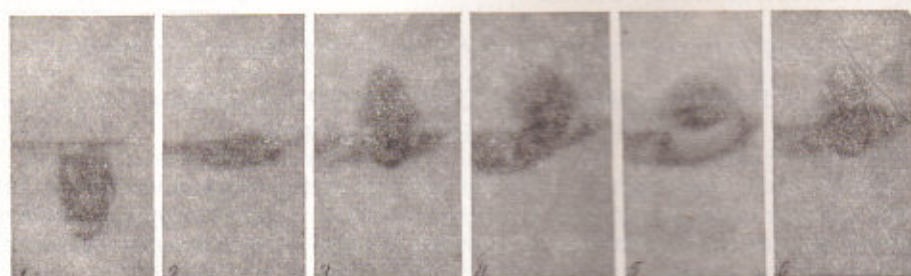


Рис. 2. Взаимодействие капли с границей раздела кислота — воздух. 1-й кадр — капля вблизи границы раздела (0,27 сек. после отрыва контейнера); 2-й кадр — начало взаимодействия с границей раздела; 3-й кадр — продавливание каплей границы раздела, 4—5-й кадры — взаимодействие капли с граничной пленкой; 6-й кадр — начало обратного движения капли. Высота столба HCl в сосуде 2,7 см. Частота съемки 12 кадров/сек



Рис. 3. Капиллярное отражение капли от границы раздела. 1-й кадр — то же, что рис. 2, кадр 6; 2, 3, 4-й кадры — движение капли после отражения; 5-й кадр — начало взаимодействия с дном сосуда при отраженном движении; 6-й кадр — сплющивание капли при ударе о дно сосуда. Частота съемки 12 кадров/сек

После возникновения невесомости капля сжималась и «подпрыгивала» со дна сосуда, приобретая среднюю скорость $V_0 = 8,7$ см/сек. При этом наблюдались затухающие колебания, имеющие сложный характер (рис. 1, верхний ряд). Период этих колебаний позволил по (2) оценить величину коэффициента поверхностного натяжения ($\sigma = 340$ дин/см).

При движении капли вверх ее колебания затухали, и она принимала форму, близкую к сферической. Далее наблюдалось интересное явление

Таблица 1

Вид энергии	Формула для расчета	Величина, эрг
1 Поверхностная энергия капли в состоянии перегрузки	$\sigma 2\pi R (R + h)$	3160
2 Поверхностная энергия сферической капли	$\sigma 4\pi a_0^2$	2100
3 Энергия, освобождаемая при переходе в невесомость	1—2	1060
4 Кинетическая энергия поступательного движения	$mV_0^2/2$	752
5 Кинетическая энергия колебательного движения	$\sigma 2\pi [2a_0^2 - b(2a + b)]$	270



Рис. 4. Отражение капли от дна сосуда и повторное движение вверх («игра в мяч»). 1-й кадр — то же, что на рис. 3, кадр 6; 2—3-й кадры — формирование в «прыжок» капли, 4, 5, 6-й кадр — повторное движение капли вверх. Частота съемки 12 кадров/сек

продавливания ртутной каплей границы кислота — воздух (рис. 2), деформация этой границы, торможения поступательного движения капли вверх и «отбрасывания» ее вниз (рис. 3).

Это отражение, по-видимому, создавалось упругостью пленки HCl, ограниченной с одной стороны воздухом, а с другой — ртутью. Уменьшая количество HCl в сосуде, можно было доказать, что это движение является не результатом замедленного движения капли под влиянием ускорения, а результатом «отражения».

При достаточно малом количестве HCl можно было наблюдать удар капли о дно, ее повторное отражение от дна сосуда и начало движения вверх (рис. 4).

Все движение напоминало вертикальные прыжки мяча между дном сосуда и упругой границей HCl — воздух. Энергетический баланс движения капли показан в табл. 1. Как видно, в момент «прыжка» капли со дна сосуда избыток свободной энергии поверхности полностью переходит в кинетическую энергию поступательного и колебательного движения.

Таблица 2

№ опыта	Высота уровня жидкости в сосуде, см	Момент начала отражения, сек	Скорость движения вверх, см/сек	Скорость движения вниз, см/сек	γ
1	4,8	0,61	5,8	3,33	0,33
2	2,7	0,81	6,7	3,9	0,34 ¹
3	4,5	0,98	5,2	3	0,34
4	5,4	1,08	5,5	3,34	0,367
5	6,5	1,35	5,5	3,34	0,367

Определяя скорость капли в момент подхода к границе HCl — воздух и начальную скорость отраженного движения, можно было оценить энергетический коэффициент капиллярного отражения капли

$$\gamma = W'' / W' = (V'' / V')^2,$$

где $W' = m(V')^2 / 2$ — кинетическая энергия центра тяжести капли до взаимодействия с границей; $W'' = m(V'')^2 / 2$ — ее кинетическая энергия после отражения от границы.

Величина коэффициента γ приведена в табл. 2.

Поступило
16 I 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Дж. В. Стретт, Теория звука, 2, М., 1955. ² Г. Ламб, Гидродинамика, М., 1947. ³ В. В. Шулейкин, ДАН, 147, № 1, 92 (1962). ⁴ В. В. Шулейкин, ДАН, 147, № 5, 1075 (1962). ⁵ J. Maulard, A. Jourdin, La recherche dérospatiale, 253, № 110, 29 (1966). ⁶ В. Г. Левич, Физико-химическая гидродинамика, Изд. АН СССР, 1952.