

Управление образования Лидского райисполкома

Вращающаяся ледышка

Выполнили:

Аленович Анастасия Александровна (11А),
Мартинкевич Илья Валерьевич (11А)

Научный руководитель:

Матюк Анатолий Эдуардович, учитель
физики СШ №1 г. Лиды

2010 год

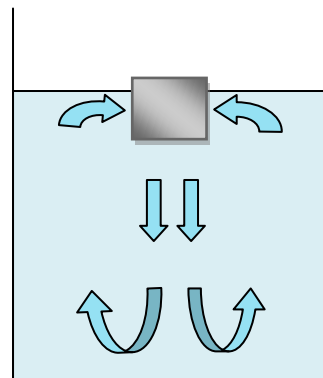
Оглавление

Введение	2
Основная часть	3
Заключение	4
Литература.....	4

Введение

Осторожно налейте в сосуд кипятка и заставьте горячую воду медленно вращаться. Положите маленький ледяной кубик в центр вращающейся воды. Через некоторое время ледяной кубик будет вращаться быстрее окружающей его воды. Исследуйте параметры, влияющие на вращение кубика.

Ледяной кубик, помещенный в горячую воду, начинает интенсивно таять. При этом подо льдом образуется слой холодной воды, плотность которой больше плотности горячей воды в сосуде. Следовательно, холодная вода, образовавшаяся при таянии льда, тяжелая, должна идти вниз и вытеснять горячую воду к стенкам. В свою очередь горячая вода займет место льда, растаявшего по бокам ледяного кубика. Если мы рассмотрим некоторый участок горячей воды, который приходит на место холодной воды, то мы заметим, что у него изменяется момент инерции, и он начнет вращаться быстрее. Вращаясь быстрее, он увлекает за собой кубик льда и раскручивает его.



По мере таяния льда его размеры становятся меньше, а угловая скорость вращения больше. Это происходит из-за того, что момент сил M , действующий на лед, прямо пропорционален радиусу R (ледышку считаем цилиндрической формы) и массе растаявшего льда $m_{р.л.}$, которая пропорциональна площади поверхности S , погруженной в воду, т. е. квадрату радиуса R , а момент инерции J пропорционален массе льда m_l и квадрату радиуса, т. е. пятой степени радиуса:

$$M \sim R \cdot m_{р.л.}; \quad (M = F \cdot R);$$

$$m_{р.л.} \sim S \sim R^2; \quad (m_{р.л.} = \rho \cdot V_{р.л.} = \rho \cdot (2\pi R h + \pi R^2) \Delta h);$$

$$M \sim R \cdot R^2 = R^3$$

$$J \sim R^5; \quad (J = \frac{1}{2} m_{\text{л}} \cdot R^2 = \frac{1}{2} \rho \cdot \pi R^2 h \cdot R^2 \approx \frac{1}{2} \rho \cdot \pi R^5);$$

$$M = J \cdot \varepsilon; \quad \varepsilon = \frac{M}{J};$$

$$\varepsilon \sim \frac{R^3}{R^5} = \frac{1}{R^2}.$$

Таким образом, угловое ускорение ε получается обратно пропорционально квадрату стороны. Поэтому, чем меньше размеры льда, тем больше скорость его вращения.

Высокая температура воды необходима для интенсивного таяния льда. Низкая угловая скорость вращения воды нужна для того, чтобы уменьшить хаотическое перемешивание воды, а также для лучших условий наблюдения. Большой диаметр сосуда нужен для того, чтобы вода не останавливалась в результате вязкого трения о стенки сосуда.

Основная часть

При проведении эксперимента был взят сосуд диаметром 20 см, в который налили горячую воду ($t \approx 90^\circ\text{C}$). Воду приводили во вращение с небольшой угловой скоростью ($\omega \approx \frac{\pi \text{ рад}}{4 \text{ с}}$, $n \approx \frac{1 \text{ об}}{8 \text{ с}}$). В центр вращающейся воды помещали ледяной кубик со стороной $a \approx 1,5 \text{ см}$.

Сначала некоторое время скорость ледяного кубика была равна скорости движения воды. Но по мере таяния льда его размеры уменьшались, а скорость вращения заметно увеличивалась и становилась гораздо больше скорости движения воды. При окончательном плавлении льда на его месте наблюдался слой жидкости, который еще некоторое время вращался на месте.

Проводя эксперимент, мы бросали кубики льда разных размеров и формы. При этом заметный эффект наблюдался только в тех случаях, когда размеры ледышек не превышали $\sim 1 \text{ см}$. Чем меньше размеры



ледышек, тем быстрее они вращались. От формы ледышек эффект практически не зависел.

Следующим этапом исследования было изучение зависимости скорости вращения ледышки от температуры воды. При уменьшении температуры воды эффект раскручивания ледышек уменьшался из-за уменьшения скорости таяния льда и, соответственно, ослабления конвекционных потоков воды. Мы постепенно уменьшали температуру воды до комнатной (20°C). При данной температуре (и ниже) эффект раскручивания ледышки практически не наблюдался. Для лучшего наблюдения эффекта необходимо брать воду при температуре 60°C и выше.

Необходимо также заметить, что ледышка вращалась вокруг своей оси симметрии, находясь как в центре сосуда с водой, так и на некотором расстоянии от центра.



Заключение

Таким образом, в результате проведенного эксперимента было показано, что маленький ледяной кубик, находящийся в центре вращающейся горячей воды, через некоторое время начинает вращаться быстрее окружающей его воды. Причина этого явления – конвекционные потоки холодной и горячей воды в сосуде вследствие интенсивного таяния льда.

В ходе эксперимента были определены оптимальные условия, при которых данное явление наблюдается наиболее ярко. Это высокая температура воды ($> 60^{\circ}\text{C}$), малый радиус кусочков льда ($< 1\text{ см}$), низкая угловая скорость вращения воды ($\approx \frac{\pi}{4} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$) и большой диаметр сосуда ($\approx 20\text{ см}$ и больше).

Литература

1. Возникновение конвекции в горизонтальных слоях жидкости. Ф. А. Гарифулин. <http://www.pereplet.ru/obrazovanie/stsoros/1025.html>.

2. Вращающий момент. Значение слова "Вращающий момент" в Большой Советской Энциклопедии. <http://bse.sci-lib.com/article006955.html>.
3. Момент инерции. Материал из Википедии — свободной энциклопедии. http://ru.wikipedia.org/wiki/Момент_инерции.
4. Момент сил. Материал из Википедии — свободной энциклопедии. http://ru.wikipedia.org/wiki/Момент_силы.