

涡流和开普勒第三定律（修改）

王互

Email: vortex.wh@hotmail.com

摘要

通过实验发现，对于同一个水涡流，水涡流各部分的周期的 2 次方和中心距离 3 次方的比值是一个常数， $\frac{R^3}{T^2} = K$. 这个常数的大小和涡流的大小有关。涡流越大，则 $\frac{R^3}{T^2}$ 的比值 K 越大。这个结果和开普勒第三定律一模一样，笛卡尔的涡旋理论很可能是正确的。希望大家重新认识和发展这位法国先知的涡旋理论。

主题词： 涡流， 常数， 周期， 中心距离

1 实验目的

在《自然哲学的数学原理》中，牛顿通过数学推导，得出“涡旋各部分周期正比于到运动中心距离的平方”，而开普勒第三定律得出的结论与其不符，以此来质疑笛卡尔的涡旋说。

到底牛顿对涡旋的认识对不对，我们不妨来做一个涡旋实验，来验证水涡流中，中心距离 R 和周期 T 之间，究竟有什么关系。

2 实验物品

一盆水，一些米粒，一个核桃，一个白色果实，摄像机，毫米刻度尺，圆规，角度仪等等。

3 实验要求及需要注意的地方

实验中，当旋涡启动时，靠近涡流中心的是米粒，内圈是核桃，白色果实在外圈环绕。我们用米粒的位置来定位涡流中心的位置。通过多次实验发现，在一个圆形的容器中，涡流的中心恰巧总是圆形容器的中心，中心位子的变化很微小。

圆形容器里的涡流一开始转速最快，随着时间的推移，逐渐变慢，最后趋于平静，所以圆形容器里的涡流是一个变化的涡流，前几秒和后几秒相比，涡流的运动在衰减和变化，其实前后已经是两个不同的涡流了。这样的涡流是自然状态下的涡流，是无干扰的涡流。（如果在涡流启动后再加载一个旋转电机，使涡流始终补充旋转能量，那么这种涡流就不是纯自然状态下的涡流，而是被干扰的涡流），我们的实验需要的是一个纯自然状态下的涡流，不受外界干扰的涡流。我们必须同时观察和测定涡流中核桃和白色果实的状态，在非常短的时间内，测出它们的周期和轨道半径，并加以分析。

4 专有名词的解释

需要测量的数据有两个，周期和中心距离。

中心距离：核桃或者白色果实的中心到涡旋中心的距离。

涡旋中心：这个中心不是一个点，而是一条中心线。核桃在容器底部，它的中心距离就是核桃中心和涡流底部中心的距离。白色果实在水面，它的中心距离是白色果实中心到水面涡流中心的距离。

大涡流和小涡流的定义：涡流是个耗散系统，在外界环境不对其补充能量的前提下（如加装一个旋转电机），涡流的能量是在不断耗散和逐渐减少的，直到最后恢复平静。

我们在一个完整的涡流中（从开始到恢复平静），截取一段一段的涡流。正如我们在实验中所做的那样，从整个 44 秒的涡流中（0 秒至 44 秒），截取第一段涡流样本，从 5:50 秒开始到 7:25 秒结束，用时 1.75 秒。截取第二段涡流样本，从 14:04 秒开始到 16:56 秒结束，用时 2.52 秒。两段涡流样本各自所用的时间是不同的，我们如何比较它们的能量大小呢？在这里我们要用到“单位时间”的概念。

也就是说，在 5:50 秒到 7:25 秒这个时间段里（也就是第一段涡流样本的时间段里）我们再任意截取一秒钟，这个一秒钟的涡流所具备的能量记为 E_1 ；在 14:04 秒到 16:56 秒这个时间段里（第二段涡流样本）我们也任意截取一秒，这一秒钟的涡流所具备的能量记为 E_2 ；很容易发现 E_1 一定会大于 E_2 ，即 $E_1 > E_2$ 。所以我们说，在单位时间内（一定时间内），第一段涡流样本的能量要大于第二段涡流样本的能量。

从整个实验视频来看，当涡流启动时，此时的涡流在单位时间内，具有最大的能量，随着时间的推移，能量快速耗散，涡流的平均转速越转越慢，单位时间内，涡流所具备的能量也越来越小。文中所指的涡流的大小，不是指轨道半径的大小，而是单位时间内，涡流所具备的能量的大小。单位时间内，能量大的是大涡流，能量小的是小涡流。实验中截取了两段涡流样本进行分析，单位时间内，第一段涡流所具备的能量大于第二段视频中涡流所具备的能量，所以我们称第一段涡流为大涡流，第二段涡流是小涡流，涡流的大小是相对的。

时间的表示方法：文中出现了两种时间的表示方法，05:50 表示的

是五分五十秒这个时刻。而 1.75s 表示的是时间段，也就是一个周期所花的时间。因为两种表达方式容易搞混，故在此说明。

5 实验取样和需要测量的数据

在实验视频中，取两段实验视频作为研究对象，第一段实验视频从 5:50 秒开始到 7:25 秒结束；第二段实验视频从 14:04 秒开始，到 16:56 秒结束。这两段实验视频对应两段不同的涡旋，我们分别对这两段实验视频中的涡旋作研究。

6 实验部分

实验视频：<http://www.tudou.com/programs/view/bkGz9FNeApw/>

6.1 第一段实验视频分析

1. 核桃的周期





从 5:50 秒开始到 7:25 秒结束。

核桃的周期为 1.75 秒

2. 白色果实的周期

从 5:50 秒开始到 7:25 秒，核桃正好转过 360 度，一个周期。而在 7:25 秒处，白色果实才刚刚转过 175 度，还有 185 度未走完，那如何测白色果实的周期呢？我们不能让白色果实走完一圈来求它的周期，这种方法会产生误差，因为涡流运动一直在衰减和变化，到最后恢复平静。7:25 秒之后的时间所对应的涡流和“5:50 秒开始到 7:25 秒结束”所对应的涡流，它们是两个完全不同涡流。我们需要从“5:50 秒开始到 7:25 秒结束”这个时间段所对应的涡流中，同时并且分别求出核桃和白色果实的周期。

所以我们用比例法来求白色果实的周期：

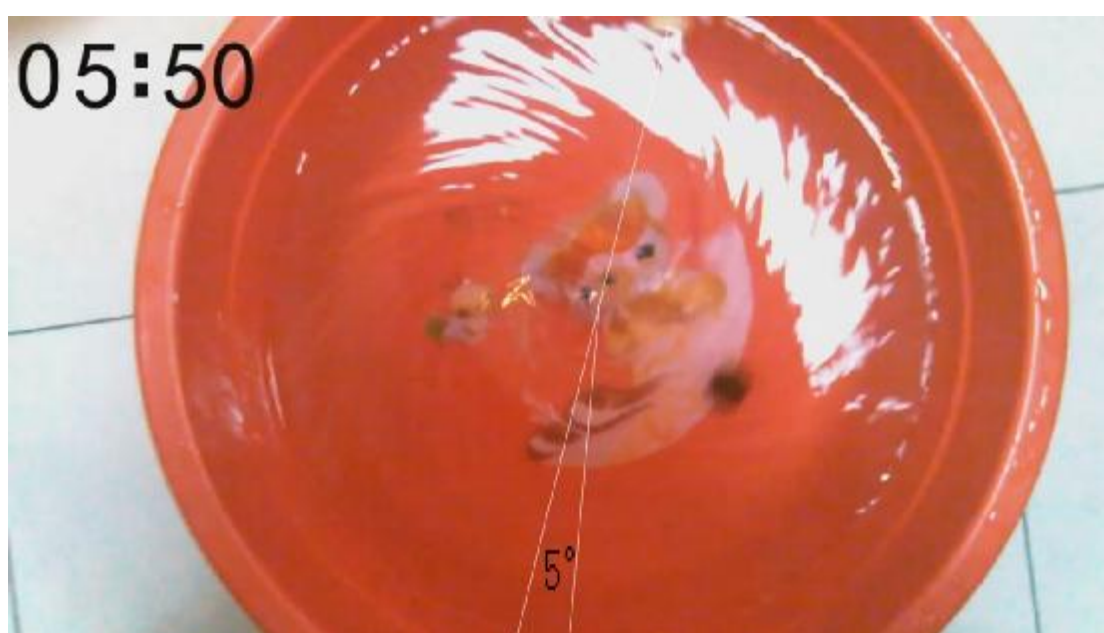
已知白色果实从 5:50 秒开始到 7:25 秒时间内，即 1.75 秒的时间内转过了 175 度。

令白色果实转过 360 度时所用时间为 X。

$$\frac{1.75}{175} = \frac{X}{360}$$

$$X=3.6 \text{ 秒}$$

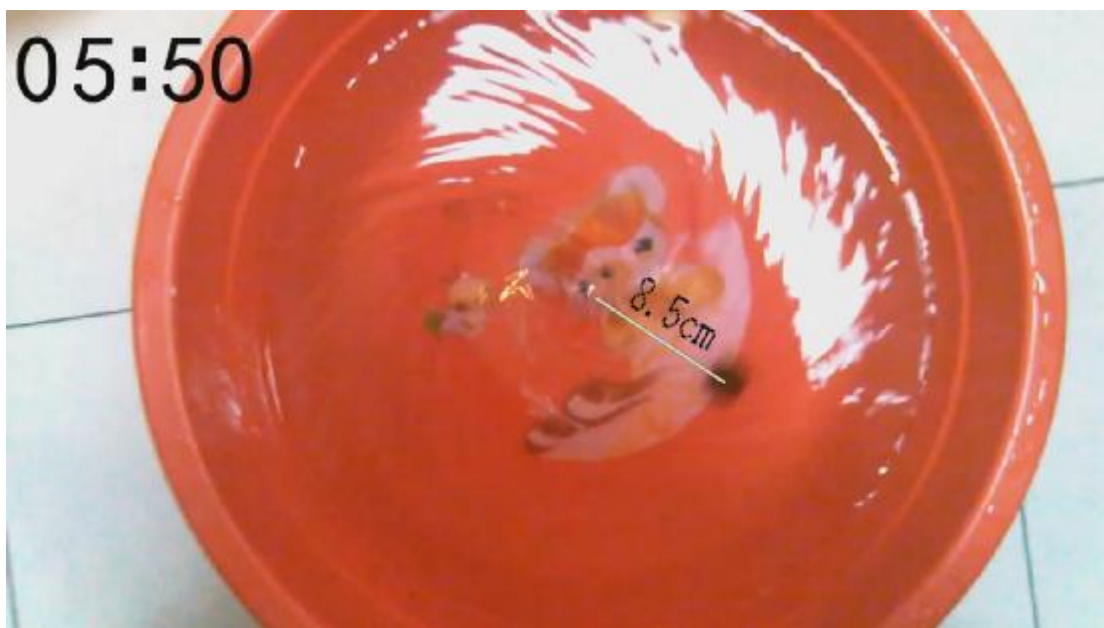
白色果实的周期为 3.6 秒。



上图中表示白色果实在 7:25 秒处，正好转过 175 度。这个角度是先定位后，通过角度仪测量实物，最后得出角度。

3. 核桃的中心距离

取样一组数据，取它们的平均值作为中心距离



5:50 秒 $R_1=8.5\text{cm}$



6:31 秒 $R_2=7.1\text{cm}$



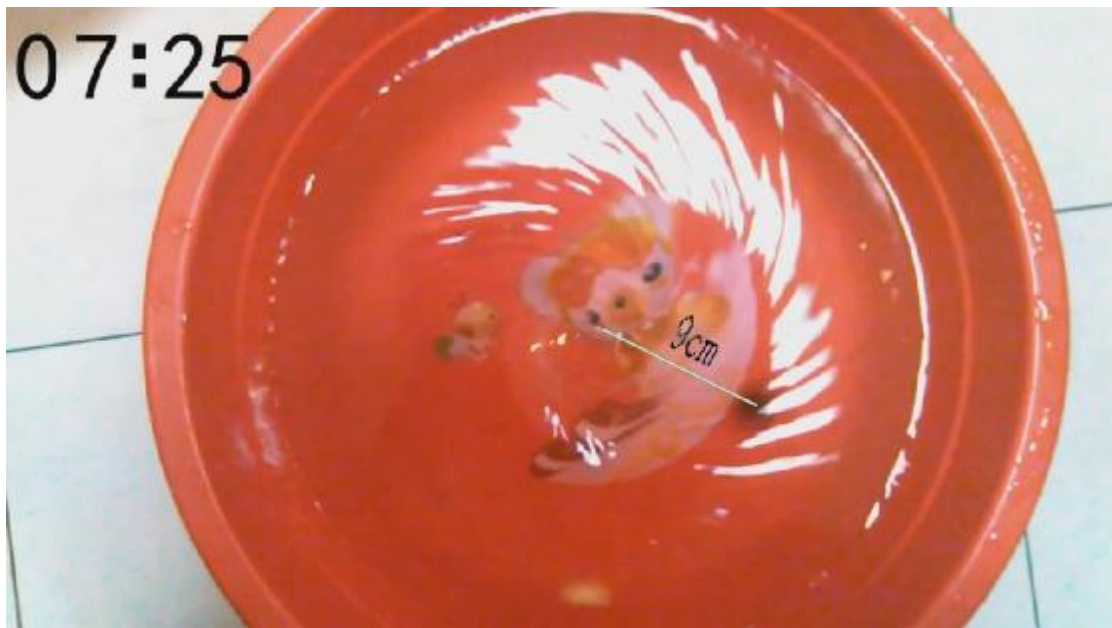
6:56 秒 $R_3=8.6\text{cm}$



7:05 秒 $R_4=9.5\text{cm}$



7:13 秒 $R_5=9.3\text{cm}$



7:25 秒 $R_6=9\text{cm}$

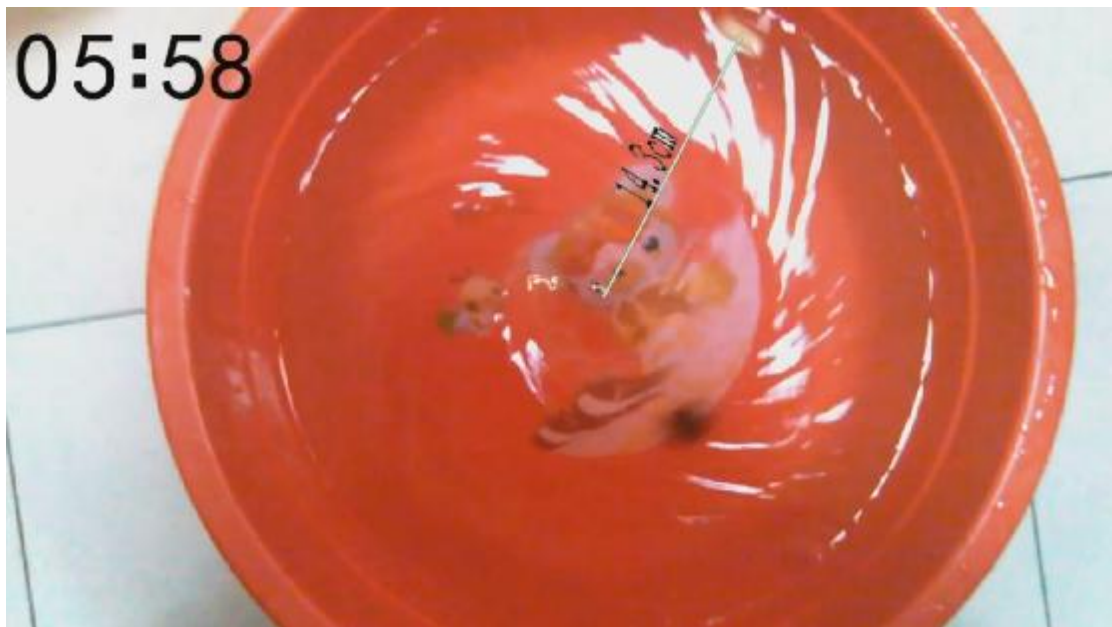
$$R = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6}{6} = 8.67\text{cm}$$

4. 白色果实的中心距离

首先给出涡流中心到水面边界的距离为 16.3cm



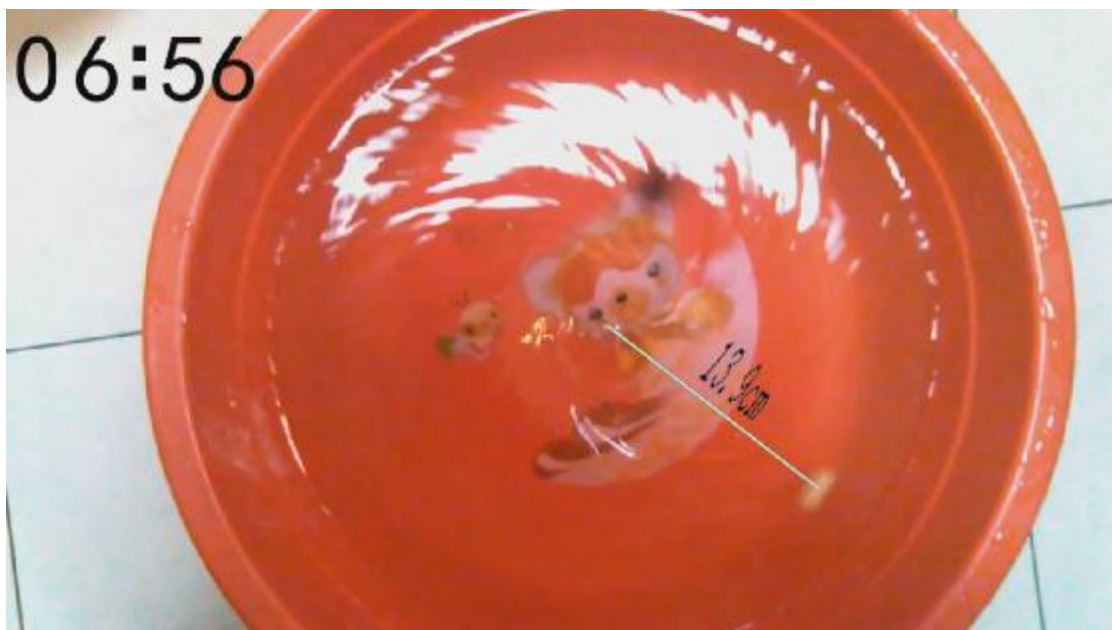
以下是四个采样数据:



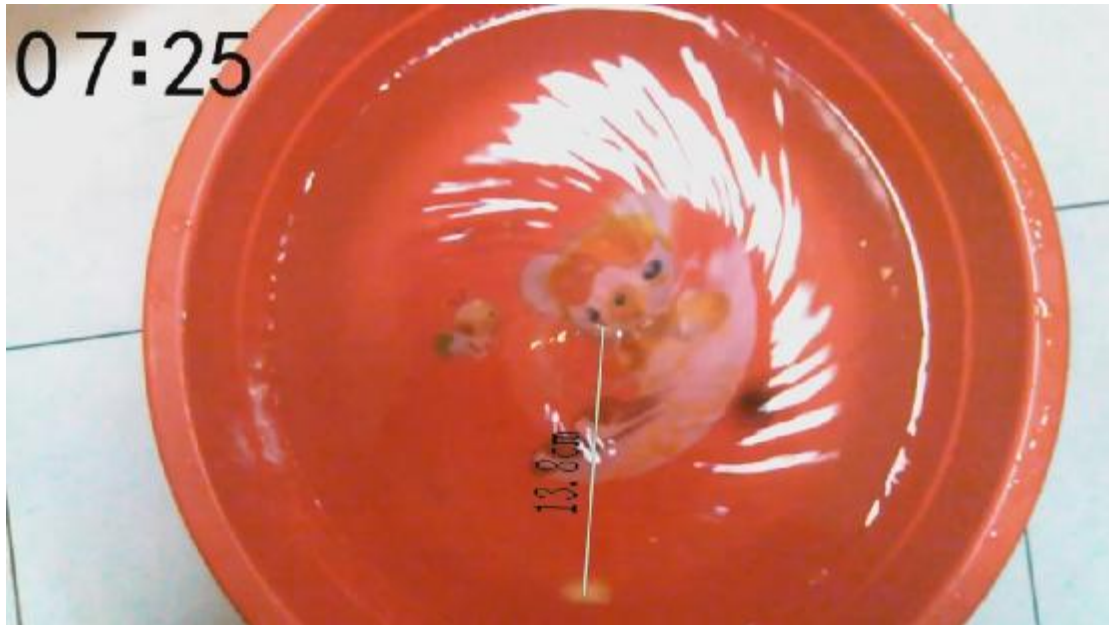
5:58 秒 $R_1=14.3\text{cm}$



6:31 秒 $R_2=14\text{cm}$



6:56 秒 $R_3=13.9\text{cm}$



7: 25 秒 $R_4=13.8\text{cm}$

$$R = \frac{R_1+R_2+R_3+R_4}{4} = 14\text{cm}$$

白色果实的中心距离为 14cm

5. 涡旋的周期和中心距离的关系

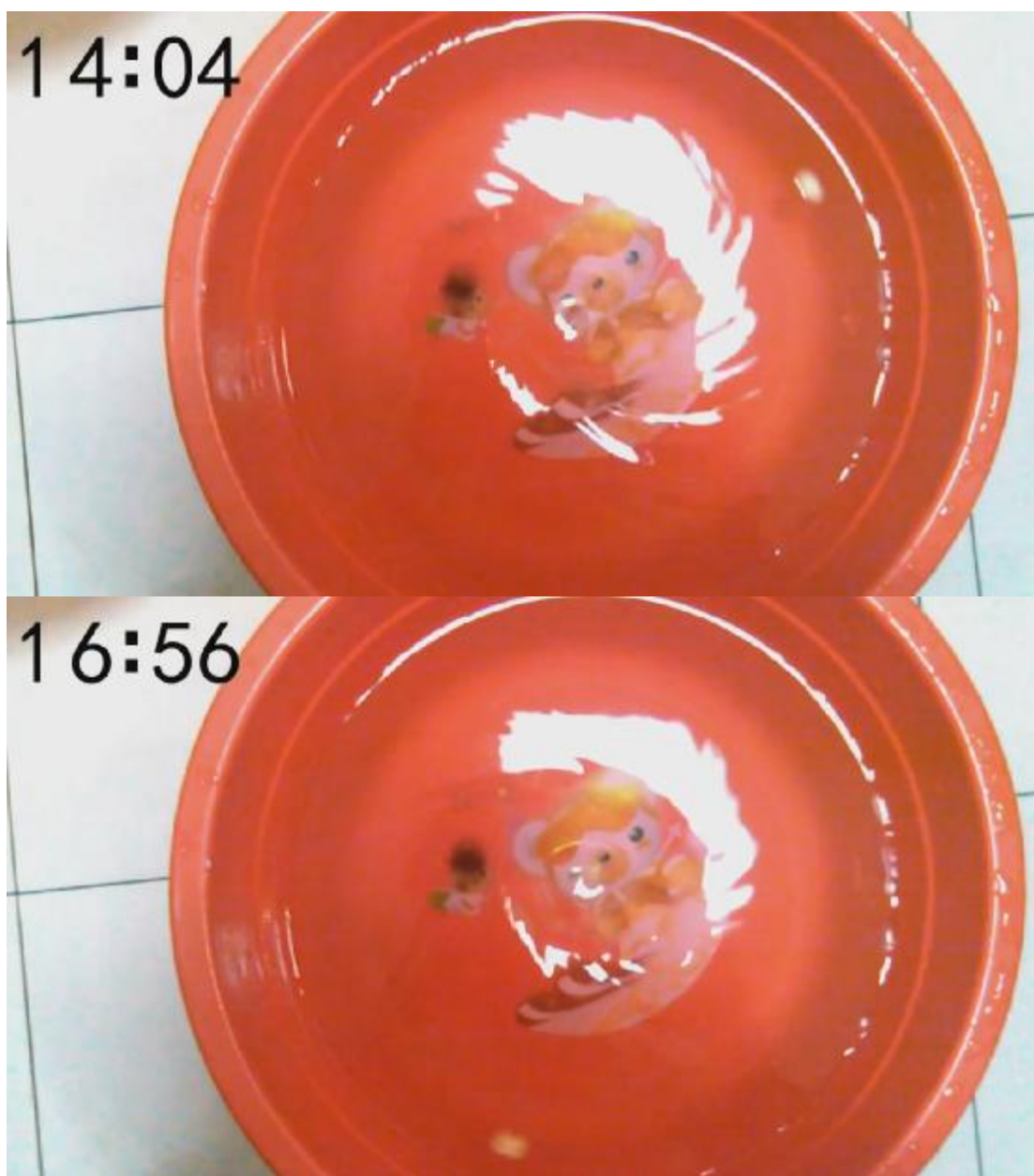
	周期 T	中心距离 R	$\frac{R^3}{T^2}$
核桃	1.75 秒	8.67cm	212.8
白色果实	3.6 秒	14cm	211.7

对于同一段涡流，涡流各部分的周期的 2 次方和中心距离 3 次方的比值是一个常数。即 $\frac{R^3}{T^2} = K$ 。

6.2 第二段实验视频分析

选另一个时间段的涡流作为研究对象。

1. 核桃的周期



从 14:04 秒开始，到 16:56 秒结束，在这个时间段的涡流中，核桃的周期为 2.52 秒， $T=2.52$ 秒

2. 白色果实的周期

从 14:04 秒开始，到 16:56 秒结束，白色果实转过了 131 度。



令白色果实转过 360 度时，所用时间为 Y

$$\frac{2.52}{131} = \frac{Y}{360}$$

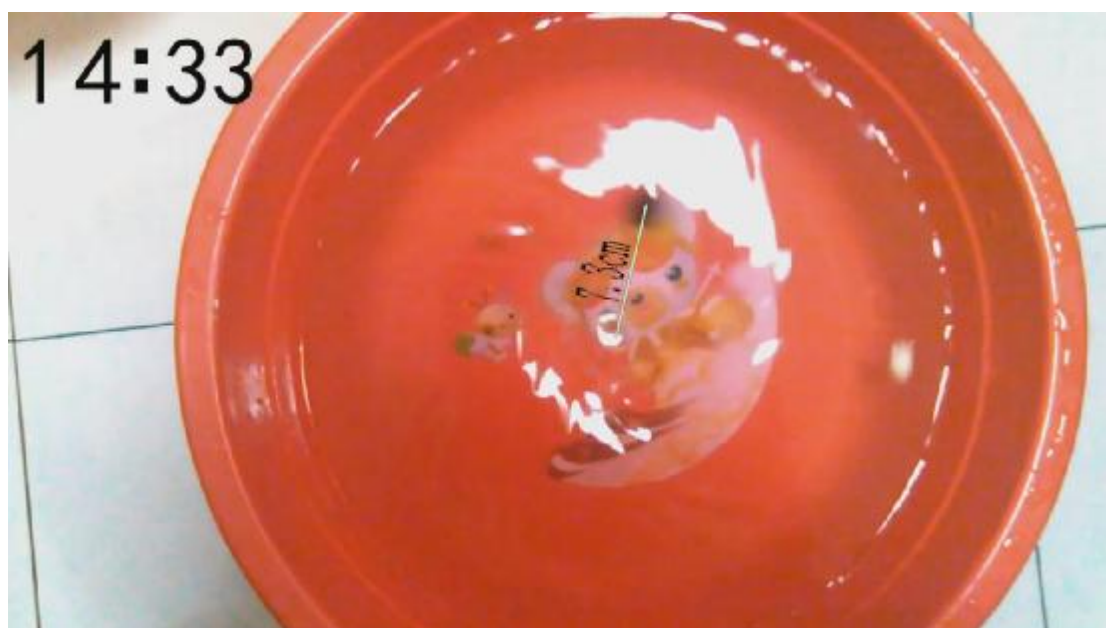
$$Y=6.925 \text{ 秒}$$

白色果实的周期为 6.925 秒，T=6.925 秒

3. 核桃的中心距离



14:04 秒 $R_1=7.5\text{cm}$



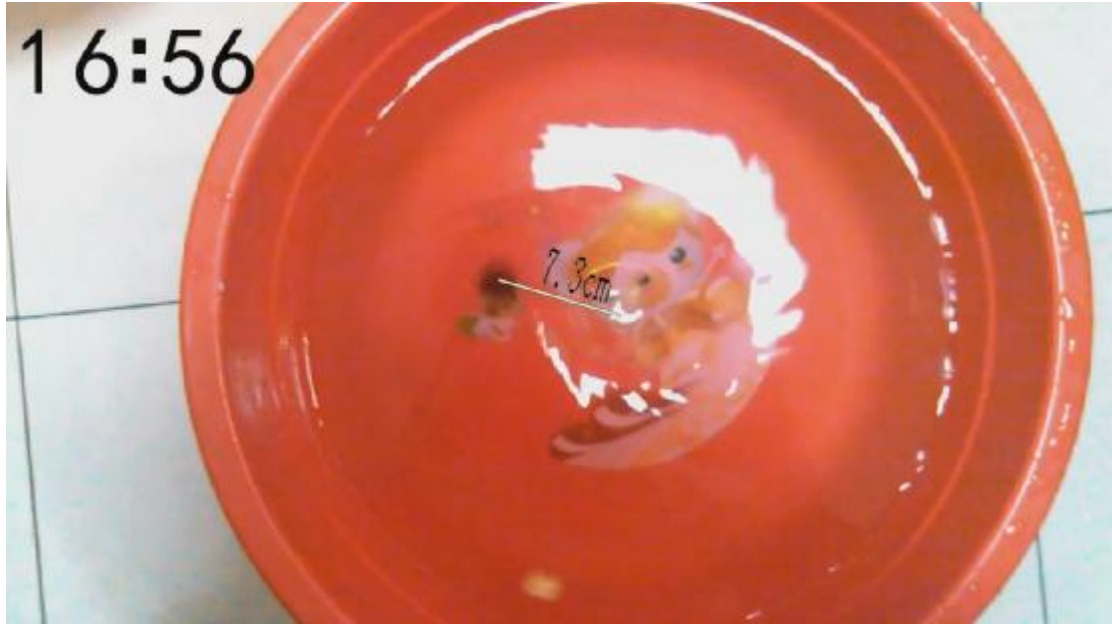
14:33 秒 $R_2=7.3\text{cm}$



14: 49 秒 $R_3=7\text{cm}$



15: 14 秒 $R_4=6.3\text{cm}$



16:56 秒 $R_5=7.3\text{cm}$

$$R = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5}{5} = 7.08\text{cm}$$

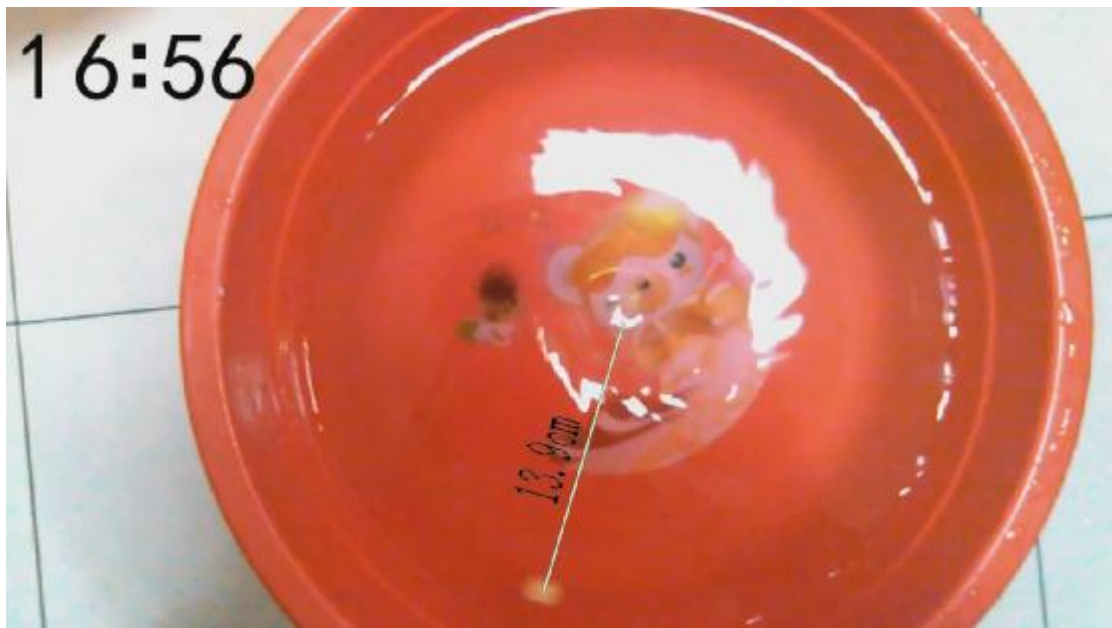
4. 白色果实的中心距离

14:04



14:45





在 14:04 秒, 14:45 秒, 15:14 秒, 16:56 秒四个位置处, 白色果实的中心距离都是 13.9cm.

所以, 白色果实的平均中心距离为 13.9cm, $R=13.9\text{cm}$

5. 涡旋的周期和中心距离的关系

	周期 T	中心距离 R	$\frac{R^3}{T^2}$
核桃	2.52 秒	7.08cm	55.88
白色果实	6.925 秒	13.9cm	56.00

和第一个实验一样，结论是对于同一段涡流，涡流各部分的周期的 2 次方和中心距离 3 次方的比值是一个常数， $\frac{R^3}{T^2} = K$. 这个常数的大小和涡流的大小有关。涡流越大，则 $\frac{R^3}{T^2}$ 的比值 K 越大。

7 实验误差

本实验报告中只选取了一个视频中的两小段涡旋作为研究对象。而为了确认实验的准确度，我把实验重复了很多遍，从不同的实验视频中选取不同时间段的涡流进行测量和比较，实验的结果都表明，对于同一段涡流，涡流各部分的周期的 2 次方和中心距离 3 次方的比值都非常接近于一个常数。

希望有更多的人来重复这个实验，这是验证一个实验准确性的最有效的方法。更希望大家用不同的方法，用更精密的仪器来研究涡流各部分周期和中心距离的关系，这样才能把一个实验做的更好更完善。

8 实验总结

- 1, 涡流的轨道通常是椭圆轨道。
- 2, 对于同一段涡流, 涡流轨道半径的立方和轨道周期的平方的比值是一个常数, $\frac{R^3}{T^2} = K$ 。这个常数的大小和涡流的大小有关。涡流越大, 则 $\frac{R^3}{T^2}$ 的比值 K 越大。(什么是大涡流和小涡流在第 4 小章节有说明和解释)
- 3, 对第一段涡流样本的分析得出: $K=212$, 对第二段涡流样本的分析得出: $K=55$, 两个涡流样本采样的时间间隔是 8.44 秒, 两个常数相差将近 4 倍。单位时间内, 第一个涡流样本的能量大, 平均转速快, 它的常数就大。单位时间内, 第二个涡流样本的能量小, 常数就小。但从整个 44 秒的涡流来看, 这个常数是在逐渐减小的, 当涡流最后恢复平静时, 常数也就不存在了。总之, 对于一个完整的水涡流, 涡流从开始启动到最后恢复平静, 随着时间的推移, 涡流常数是在逐渐减小的。

开普勒的第三定律其实正好证明了笛卡尔的涡旋理论。类比于天体系统, 大涡流就是大的中心天体, 小涡流就是小得中心天体。

我们的宇宙很可能是一个湍流系统, 其中充满了无数的涡流, 有大涡流, 有小涡流, 银河系是个涡流, 太阳也是个涡流, 地球是个涡流, 月球也是个涡流。因为涡流, 所以它们都具有引力。

牛顿对涡流的认识是错误的, 我们需要重新来认识和发展笛卡尔的涡旋理论, 还给这位伟大的法国先知应有的荣誉。