

摘要：本文通过控制变量法，依次对单摆的周期与摆幅关系、周期与摆球质量关系、周期与摆长关系进行了探究，记录实验数据并根据所学知识对数据进行处理。最后通过查阅相关资料验证实验所得结果。

关键词：单摆 单摆周期 控制变量法

一、背景与意义

可以发现,在大型的钟下面会有一个钟摆,它们有的质量大,有的质量小,摆幅有的会大,有的会小,绳长也是不一致的,随着时间的推移,运动的幅度明显变化。那么,影响它们摆动快慢的因素有哪些呢?

钟摆属于单摆的一种。所以,本文通过控制变量法研究单摆周期的影响因素。

二、过程与方法

本文通过控制变量法依次研究摆幅、摆球质量、摆长对单摆周期的影响。

实验一：测试单摆的运动是否随着时间的推移而改变

实验二：单摆的周期和摆幅的关系

实验三：单摆的周期和摆球质量的关系

实验四：单摆的周期和摆长的关系

最后通过理论计算验证试验结果。

2.1 测试单摆的运动是否随着时间的推移而改变

【实验猜想】

单摆的运动不会随时间的推移而改变

【实验原理】

在一个细线上悬挂一个重物,在重力作用下在铅垂平面内来回摆动,摆动不同次数后按下秒表,然后进行规律总结。

【实验器材】

重物、细绳、秒表

【实验步骤】

1. 首先对实验器材进行测验：推动摆,查看摆是否能正常摆动,并符合实验要求。
2. 挂上铁球,并将摆置于某高度(与初始位置的细绳形成 θ 角),松开手同时按下秒表,分别在摆动 5 次,10 次,15 次,20 次时读出实验数据
3. 计算每摆 5 次所用时间
4. 重复 3 次上述实验步骤,并做好记录



【数据记录与处理，分析】

记录单摆每五个周期所用的时间(铁球，绳长 45cm，另 $\sin\theta = 3.2/45$)

次数	0-5 次	5-10 次	10-15 次	15-20 次
第一组	6.87s	6.15s	6.48s	6.76s
平均值	1.37s	1.28s	1.30s	1.35s
第二组	6.72s	6.44s	6.52s	6.63s
平均值	1.34s	1.29s	1.30s	1.66s
第三组	6.72s	6.65s	6.52s	6.71s
平均值	1.34s	1.33s	1.30s	1.34s

【实验过程分析】

通过上述数据，发现在质量、摆幅、绳长一定的条件下，单摆每摆 5 次的平均周期几乎是一样的。但是，单摆的摆动幅度却小了很多。所以随着时间的推移，单摆的摆幅会慢慢减小，但是即使摆幅减小，却不影响单摆的周期。那么，单摆周期是否真的与摆幅大小无关呢？

2.2 单摆的周期和摆幅的关系

【实验猜想】

在摆球质量、摆长一定的条件下，单摆周期与摆幅无关。

【实验原理】

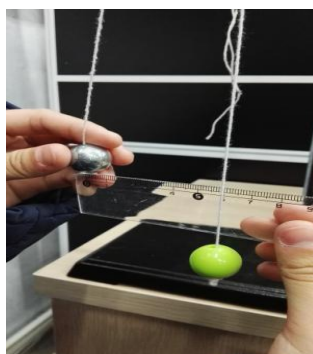
在细线上悬挂一个摆球，将摆球拉到某一高度静止释放，摆球在重力作用下来回摆动，测量其摆动十五次后的时间，计算周期平均值。改变 θ 角的大小，重复实验。

【实验器材】

铁架台、摆球、细绳、秒表

【实验步骤】

1. 挂上铁球，并将铁球置于某高度（与初始位置的细绳形成 θ 角），静止释放铁球的同时按下秒表，铁球摆动十五次后记录摆球所用时间。
2. 分别使 $\sin\theta = 2/45, 4/45, 6/45, 8/45$ 进行实验。
3. 重复 3 次上述实验步骤，并做好记录。



【数据记录与处理】

单摆摆动十五次所用时间

摆幅	铁球 1	铁球 2	铁球 3
2/45	19.52s	19.15s	19.93s
平均值	1.30s	1.28s	1.33s
4/45	19.66s	19.41s	20.69s
平均值	1.31s	1.29s	1.38s
6/45	20.06s	19.72s	20.09s
平均值	1.34s	1.32s	1.34s
8/45	19.62s	19.93s	20.66s
平均值	1.31s	1.33s	1.38s

【数据分析】

通过上述数据，发现在摆球质量、摆长一定的条件下，不同摆幅下单摆周期近似相同，所以单摆周期与摆幅无关。

2.3 摆的周期和单摆质量的关系

【实验猜想】

在摆幅、摆长一定的条件下，单摆周期与摆球质量无关。

【实验原理】

在细线上悬挂一个摆球，将摆球拉到某一高度静止释放，摆球在重力作用下来回摆动，测量其摆动十五次后的时间，计算周期平均值。改变摆球质量，重复实验。

【实验器材】

重物、细绳、秒表

【实验步骤】

1. 挂上铁球，并将摆置于某高度（与初始位置的细绳形成 θ 角， $\sin\theta = 3.2/45$ ），静止释放摆球同时按下秒表，记录单摆摆动十五次以后的运动时间。
2. 将铁球取下，挂上等体积塑料球，再次将摆置于相同高度（与初始位置的细绳形成 θ 角， $\sin\theta = 3.2/45$ ），静止释放摆球同时按下秒表，记录单摆摆动十五次以后的运动时间。
3. 重复实验，并做好记录

【数据记录与处理】

	第一次	第二次	第三次	第四次
铁球	19.79s	19.50s	19.93s	20.21s
平均值	1.32s	1.30s	1.33s	1.35s
塑料球	20.31s	20.34s	19.50s	20.37s
平均值	1.35s	1.36s	1.30s	1.36s

【数据分析】

通过上述数据，发现在摆幅、摆长一定的条件下，单摆周期与摆球质量无关。

2.4 摆的周期和摆的绳长的关系

【实验猜想】

在摆幅、摆球质量一定的条件下，单摆周期与摆长有关。

【实验原理】

在不同长度的细线上分别悬挂重物，测量其摆动十五次的时间并记录。

【实验器材】

重物、细绳、秒表

【实验步骤】

1. 挂上铁球，并将摆置于一定高度（与初始位置的细绳形成 θ 角），静止释放摆球同时按下秒表，记录单摆摆动十五次以后的运动时间。
2. 改变绳子的长度分别为 25cm, 50cm, 75cm, 100cm，控制摆幅一致重复上述实验步骤，并做好记录
3. 为避免实验偶然性，将铁球换成塑料球，重复实验。

【数据记录与处理】

铁球在摆长不同情况下摆动十五次的时间（与竖直方向呈 θ 度角， $\sin\theta = 16/125$ ）



次数	25cm	50cm	75cm	100cm
第一次	15.03s	21.19s	25.75s	29.82s
第二次	14.81s	21.00s	25.85s	29.44s
第三次	14.84s	21.00s	25.59s	29.63s
第四次	14.91s	20.91s	25.84s	29.51s
第五次	14.97s	20.88s	25.77s	29.50s

塑料球在不同摆长情况下摆动十五次后周期的平均值（与竖直方向呈 θ 度角， $\sin\theta = 16/125$ ）

次数	25cm	50cm	75cm	100cm
第一次	1.00s	1.41s	1.72s	1.99s
第二次	0.99s	1.40s	1.72s	1.96s
第三次	0.99s	1.40s	1.71s	1.98s
第四次	0.99s	1.46s	1.72s	1.97s
第五次	1.00s	1.39s	1.72s	1.97s
平均值	0.99s	1.41s	1.72s	1.97s

【数据分析】

通过上述数据，可知在摆幅、摆球质量一定的条件下，单摆周期与摆长有关，摆长越长，摆动越慢，那么它们之间存在怎样的定量关系呢？

三、结果与分析

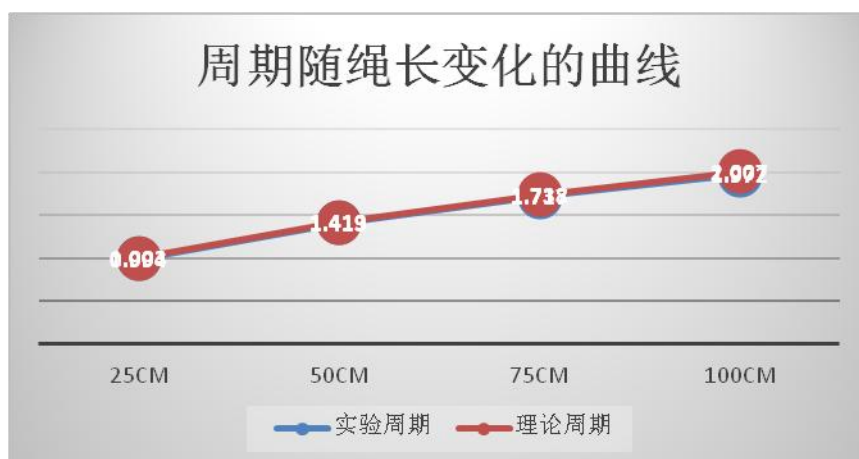
查阅相关资料后，我们发现，在非常小的振幅（角度）下，单摆做简谐运动的周期跟摆长的平方根成正比，跟重力加速度的平方根成反比，跟振幅、摆球的质量无关。在满足偏角 $<10^\circ$ 的条件下，单摆的周期：

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

根据公式我们得出了单摆在我们所取绳长情况下的理论值，数值如下所示（ g 取 9.8m/s^2 ，数值保留到小数点的后三位）

	25cm	50cm	75cm	100cm
理论值	1.003s	1.419s	1.738s	2.007s

根据理论值的分析，我们实验所得出的大部分数据还是符合周期的公式的，所以，我们进行了取平均值的方法，绘制了单摆摆动周期随绳长变化的图像



根据图像分析，实验值和理论值的图像几乎是重合的，可以发现，我们的实验过程还是比较成功的，也可以从公式中看出，单摆的周期与摆幅，摆球质量都是没有关系的。

四、结论与讨论

单摆的运动在理论上是平面的，可是我们在实验过程中会发现，其实单摆并没有一直在同一个平面上运动，而是有一定的转动。所以我们所研究的单摆，并不是平面单摆，而是一种空间单摆，但为了研究的方便，我们近似看成平面单摆。

由于实验数据比较繁琐，在计算周期时我们近似取了两位小数，这样会造成数据有一定程度的偏差。在秒表计时时，会有一定反应时间的偏差。

在本次试验过程中，我发现，仅仅简单的一个钟摆，在生活中也很常见。对此进行探究后，可以发现蕴含着这么多的物理知识，物理并不是什么高深的东西，它是来源于生活，应用于生活的，对于生活中的现象进行不断地探索与研究，就可以发现其中的奥秘。

参考文献:

[1]http://baike.baidu.com/link?url=CISQeP1YoyS2XErhdD6dHjsOTivMai8aW_ZwEtWbqCR-3X2MDNpQOodUH2mrndgHxr_TXUIXTyoqHOM1coEmMTg9G6JOwnWYrgI_apEu9v_——百度百科, 钟摆.2016.3.5

[2]http://baike.baidu.com/link?url=HywHyYsj4x0cSn0Ww0bToHH3S2u0U_GyHobftvT2yAY2DBXSSxuzCC2ij6FzJdc7TH0N3q63_TmOoJI5n_wPN_——百度百科, 单摆.2016.3.5

[3]<http://baike.baidu.com/view/60680.htm>——百度百科, 简谐运动.2016.3.5

附录:

原始实验数据

实验一

次数	5次	10次	15次	20次 (sinθ=30°, 摆长 75cm)
铁球第一次	6.9	13.02	19.50	26.6
铁球第二次	6.2	13.16	19.69	26.31
铁球第三次	6.7	13.37	19.87	26.0

实验二 (sinθ=30°, 摆长 50cm)

次数	1	2	3	4	5
铁球	17.25	13.15	19.93	17.77	19.50
塑料球	17.46	19.91	20.67	20.31	20.34
铁球	20.06	17.72	20.07	17.93	20.21
塑料球	19.62	17.93	20.16	17.50	20.37

实验三 (sinθ=30°, 摆长 100cm)

次数	1	2	3	4	5
铁球	15.02	19.81	19.89	19.71	19.97
塑料球	21.17	21.00	21.00	20.91	20.88
铁球	25.75	25.85	25.57	25.84	25.77
塑料球	27.82	27.44	27.63	27.51	27.50

实验四 (sinθ=30°, 摆长 15cm)

次数	1	2	3	4	5
铁球	15.02	19.81	19.89	19.71	19.97
塑料球	21.17	21.00	21.00	20.91	20.88
铁球	25.75	25.85	25.57	25.84	25.77
塑料球	27.82	27.44	27.63	27.51	27.50