

《基础物理实验》实验报告

实验名称 气轨上弹簧振子的简谐振动及瞬时速度的测定 指导教师 纪爱玲
姓名 徐昕妍 学号 2023K8009970008 分班分组及座号 1-10-5 号(例: 1-04-5号)
实验日期 2024 年 12 月 9 日 实验地点 716 调课/补课 ☐ 是 成绩评定

1 实验目的

1. 观察简谐振动现象,测定简谐振动的周期。
2. 求弹簧的倔强系数 \bar{k} 和有效质量 \bar{m}_0
3. 观察简谐振动的运动学特征。
4. 验证机械能守恒定律。
5. 用极限法测定瞬时速度。***
6. 深入了解平均速度和瞬时速度的关系。

2 实验器材

气垫导轨、滑块、附加砝码、弹簧、U型挡光片、平板挡光片、数字毫秒计、天平等等。

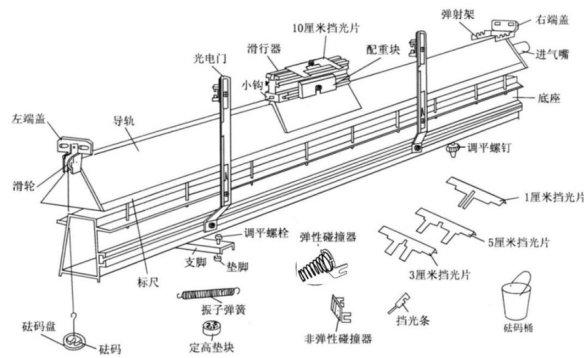


图 1: 气垫导轨示意图及各部件

3 实验原理

3.1 弹簧振子的简谐运动

设质量为 m_1 的滑块处于平衡位置,每个弹簧的伸长量为 x_0 ,当 m_1 距平衡点 x 时, m_1 只受弹性力 $k_1(x+x_0)$ 与 $k_1(x-x_0)$ 的作用,其中 k_0 是弹簧的倔强系数。根据牛顿第二定律,其运动方程为

$$-k_1(x+x_0) - [-k_1(x-x_0)] = mx''$$

$$\omega_0 = \sqrt{k/m}$$

$$m = m_0 + m_1$$

$$T = 2\pi/\omega_0$$

两边平方得

$$T^2 = 4\pi^2(m_1 + m_0)/k \quad (1)$$

3.2 简谐运动的运动学特征描述

$$v = \frac{dx}{dt} = A\omega_0 \cos(\omega_0 t + \phi_0) \quad (2)$$

消去时间 t , 即可得到:

$$v^2 = \omega^2(A^2 - x^2) \quad (3)$$

即当 $x=A$ 时, $v=0$; 当 $x=0$ 时, $v=\pm A\omega_0$, 此时 v 取最大值。

3.3 简谐振动的机械能

振动动能为

$$E_k = \frac{1}{2}(m_1 + m_0)v^2 \quad (4)$$

系统的弹性势能为

$$E_p = \frac{1}{2}kx^2 \quad (5)$$

系统的机械能为

$$E = E_p + E_k = \frac{1}{2}KA^2 \quad (6)$$

3.4 瞬时速度的测定

在实验中, 在倾斜的气轨上, 于 A 点处放置一光电门, 在滑块上先后安装上挡光距离不同的 U 形挡光片, 使各挡光片的第一挡光边距 A 点为 l 。滑块每次自 P 点由静止开始下滑, 分别测出相应的挡光时间 Δt 及挡光距离 Δs 。设滑块由静止下滑距离 l 后的瞬时速度为 v_0 (即第一挡光时滑块的瞬时速度), 则有:

$$\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = v_0 + \frac{a}{2}\Delta t \quad (7)$$

其中 a 为滑块在 A 附近的加速度。

4 实验内容

1. 学会光电门测速和测周期的使用方法。
2. 调节气垫导轨至水平状态, 通过测量任意两点的速度变化, 验证气垫导轨是否处于水平状态。
3. 测量弹簧振子的振动周期并考察振动周期和振幅的关系。滑块的振幅 A 分别取 10.0、20.0、30.0、40.0 cm 时, 测量其相应振动周期。

- 研究振动周期和振子质量之间的关系。在滑块上加骑码(铁片)。对一个确定的振幅(如取 $A=40.0\text{ cm}$)每增加一个骑码测量一组 T 。
- 研究速度和位移的关系。在滑块上装上 U 型挡光片,可测量速度。
- 研究振动系统的机械能是否守恒。固定振幅(如取 $A=40.0\text{ cm}$),测出不同 x 处的滑块速度,由此算出振动过程中经过每一个 x 处的动能和势能,并对各 x 处的机械能进行比较,得出结论。
- 研究平均速度与瞬时速度的关系,利用外推法求出瞬时速度。在气轨下面只有一个螺丝的那一端,小心将气轨抬起来,把垫块放到这个螺丝的下面。测量具有不同 Δs 的挡光片距离 A 点为 50 cm 处从静止开始自由下滑,从 A 点开始在 Δs 所用的时间 Δt ,求出平均速度 \bar{v} ,作 $\bar{v}-\Delta t$ 图和 $\bar{v}-\Delta s$ 图,将图线线性外推法求出瞬时速度 V_0 。
- 通过改变气轨的倾斜角度 θ (增加垫块数量),重复上述实验。
- 通过改变 A 点到 P 点的距离 l (设置 60 cm 处),重复上述实验。

5 实验结果与数据处理

5.1 仪器的调试

经过粗调和细调测量两点速度,保证误差小于 0.5% ,实验数据如下:

$V_1(\text{cm/s})$	$V_2(\text{cm/s})$	误差 (%)
48.33	48.24	0.186
22.37	22.28	0.402
12.17	12.14	0.247

表 1: 实验仪器的调试

由上表可知,无论从哪个方向来看,滑块的速度改变量都控制在了 0.5% 以内,在实验误差允许的范围内,基本上可以认为气垫导轨处于水平的状态。

5.2 研究振幅与周期的关系

滑块的振幅 A 分别取 $10.0, 20.0, 30.0, 40.0\text{ cm}$,测量其相应的振动周期。数据如下:

	10cm	20cm	30cm	40cm
T1(ms)	1551.61	1551.56	1551.56	1551.60
T2(ms)	1551.92	1551.52	1551.36	1551.67
T3(ms)	1551.12	1551.66	1551.57	1551.72
T4(ms)	1551.83	1551.35	1551.45	1551.83
T5(ms)	1551.75	1551.54	1551.57	1551.83
T(ms)	1551.65	1551.53	1551.50	1551.73

表 2: 测量弹簧振子的振动周期并考察振动周期和振幅的关系

由表可知,振幅改变后周期无明显变化。因此,基本上可以认为,在实验误差允许的范围内,本子实验的结果与理论预期的“简谐运动周期与振幅无关,只与弹簧的倔强系数和系统的有效质量有关”这一结论拟合得很好。实验很成功。

5.3 研究振动周期和振子质量之间的关系

保持振幅为 40cm, 在振子上加砝码改变阵子质量, 测量周期, 数据如下:

m(g)	232.67	220.33	244.91	257.44	270.12
T1(ms)	1593.71	1552.54	1636.34	1674.71	1715.95
T2(ms)	1593.76	1552.60	1635.69	1674.72	1716.02
T3(ms)	1594.10	1552.71	1636.09	1674.63	1715.81
T4(ms)	1593.94	1552.81	1636.08	1674.86	1715.90
T5(ms)	1594.03	1552.62	1636.08	1674.68	1716.08
T6(ms)	1593.88	1552.92	1636.26	1675.15	1716.05
T7(ms)	1593.97	1552.88	1636.16	1675.19	1715.94
T8(ms)	1594.03	1552.89	1636.31	1674.98	1716.16
T9(ms)	1594.16	1552.82	1636.38	1674.93	1716.11
T10(ms)	1594.19	1552.78	1636.26	1674.86	1716.08
T(ms)	1593.98	1552.76	1636.17	1674.87	1716.01

表 3: 研究振动周期和振子质量之间的关系

然后进行单位转换, 并使用 origin 软件绘制 $T^2 - m$ 曲线, 如下图所示。

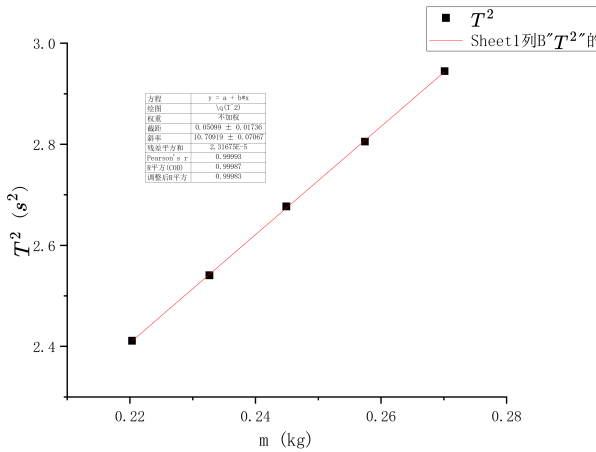


图 2: $T^2 - m$ 曲线图

将结果进行线性拟合发现 $R^2 = 0.99987$, 二者非常符合线性关系, 实验成功。

由公式 $T^2 = \frac{4\pi^2}{k} m_1 + \frac{4\pi^2}{k} m_0$ 和最小二乘拟合直线的斜率和截距可计算得倔强系数:

$$k = \frac{4\pi^2}{10.90919} = 3.686 N/m$$

弹簧有效质量:

$$m_0 = \frac{0.05099}{10.90919} = 4.674 g$$

5.4 研究速度与位移的关系

控制振幅为 40cm, 改变光电门位置, 测量滑块运动距平衡位置分别为 10cm, 15cm, 20cm, 25cm, 30cm 时的速度。考虑到阻尼的作用, 这里只取第一次经过光电门的速度值。

	10cm	15cm	20cm	25cm	30cm
V1(cm/s)	51.52	48.90	46.17	41.82	35.45
V2(cm/s)	51.44	48.95	46.25	41.79	35.15
V3(cm/s)	51.26	50.20	46.25	40.70	34.12
V4(cm/s)	51.41	49.35	46.22	41.44	34.91

表 4: 研究速度和位移的关系

绘制 $v^2 - x^2$ 曲线,进行最小二乘拟合,得到如下结果:

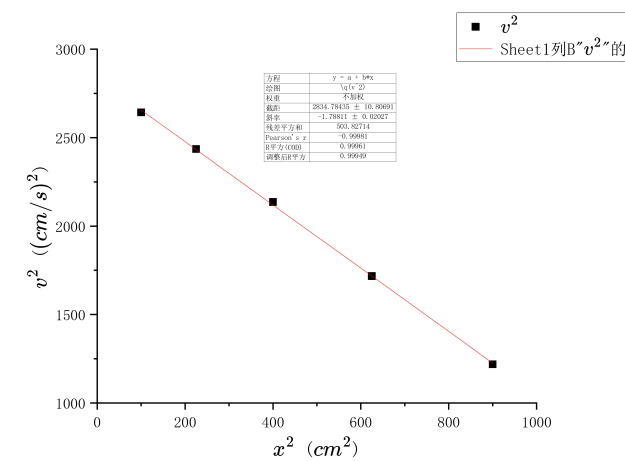


图 3: $v^2 - x^2$ 曲线图

由图可知, v^2 与 x^2 成线性关系,斜率 $k = -\omega_0^2 = -1.78811$,计算得 $\omega_0 = 1.3372s^{-1}$
由截距为 $A^2\omega_0^2$ 计算得

$$A = \sqrt{\frac{2834.78435}{1.78811}} = 39.816cm$$

振幅测量相对误差

$$\eta = \frac{|39.816 - 40|}{40} = 0.46\%$$

可见实验结果符合理论值,实验成功。

5.5 研究振动系统机械能是否守恒

用天平测量此时滑块和 U 形挡光片的质量和,为 $m_1=227.13g$ 。根据此前实验结果, $k = 3.686N/m, m_0 = 4.674g$,故有效质量为 $m = m_1 + m_0 = 231.804g$ 。

由公式

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2, E_p = \frac{1}{2}kx^2$$

计算得动能和系统势能,整理得如下数据:

	0.1m	0.15m	0.2m	0.25m	0.3m
V/(m/s)	1.1798	1.092	0.9565	0.7468	0.3472
Ek(J)	0.161327244	0.138208963	0.106037842	0.064639732	0.013971736
Ep(J)	0.01843	0.0414675	0.07372	0.1151875	0.16587
E(J)	0.179757244	0.179676463	0.179757842	0.179827232	0.179841736

表 5: 研究振动系统机械能是否守恒

由上表计算出的机械能可知，机械能几乎不变，在误差允许范围内可以认为该实验的结论支持机械能守恒定律的正确性。

5.6 求弹簧倔强系数

改变弹簧振子的振幅 A ，求得相应的 V_{max} ，进而求得 k ，并与前面求得的 k 进行比较。实验数据如下表所示：

	10cm	15cm	20cm	25cm	30cm
$V_{max1}(cm/s)$	13.95	21.22	27.68	35.36	41.07
$V_{max2}(cm/s)$	14.08	20.93	27.17	35.25	41.12
$V_{max3}(cm/s)$	14.04	21.06	27.58	35.03	41.19
$V_{max4}(cm/s)$	14.02	21.07	27.48	35.21	41.13

表 6: 研究弹簧振子的倔强系数

绘出 $V^2 - A^2$ 图像，得如下结果：

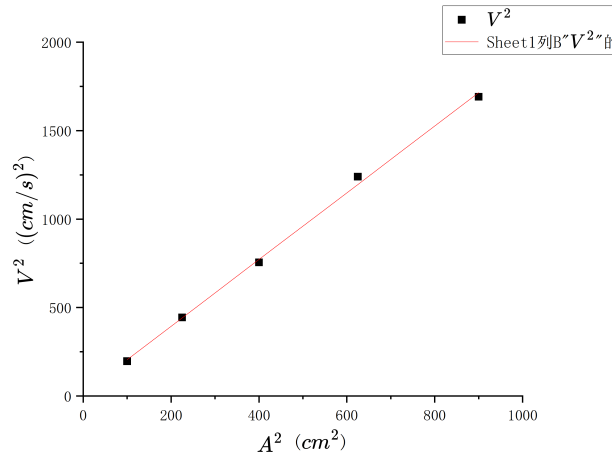


图 4: $V^2 - A^2$ 图像

由图可知，二者呈线性关系，已知 $m=231.804g$ ，计算得 $k=m\omega_0^2=3.674N/m$ ，此前得到的结果为 $3.686N/m$ ，计算相对误差得

$$\eta = \frac{|3.674 - 3.686|}{3.686} = 0.33\%$$

可见实验结果较符合。

5.7 测定瞬时速度

5.7.1 测量不同 U 挡光片通过光电门所用时间

保持 AP 距离为 50cm，测得数据如下：

挡光片宽度 (cm)	$\Delta t_1(ms)$	$\Delta t_2(ms)$	$\Delta t_3(ms)$	$\Delta t_4(ms)$	$\Delta t_5(ms)$	$\Delta t(ms)$
1 (cm)	30.74	30.79	30.96	30.67	30.90	30.81
2 (cm)	93.44	93.81	93.89	93.56	93.42	93.62
3 (cm)	157.37	156.38	156.32	157.48	157.45	157.00
4 (cm)	323.29	324.42	326.31	323.02	323.81	324.17

表 7: 不同挡光片测定瞬时速度

将相关数据化为国际单位制，整理如下。

$\Delta t(s)$	0.03081	0.09362	0.15700	0.32417
$\Delta s(m)$	0.01	0.03	0.05	0.10
$\bar{v}(m/s)$	0.3246	0.3204	0.3185	0.3085

表 8: 整理后数据

根据数据作出 $\Delta v - \Delta t$ 图和 $\Delta v - \Delta s$ 图。所得结果如下：

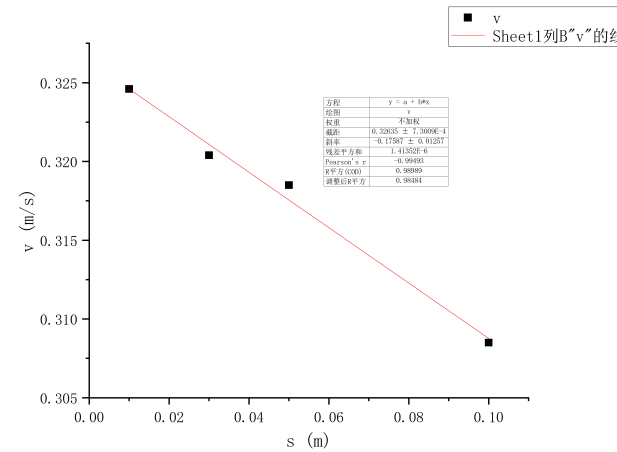


图 5: $\bar{v} - \Delta s$ 图像

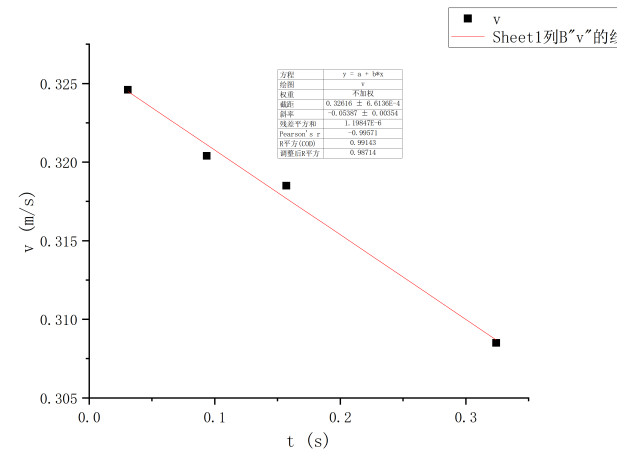


图 6: $\bar{v} - \Delta t$ 图像

取 $\Delta t \rightarrow 0$, 由 $\bar{v} - \Delta t$ 图可知, 截距为 0.32616, 即瞬时速度为 0.32616m/s。

保持 AP 距离为 50cm, 在气垫导轨一侧垫两个垫片, 测定瞬时速度。实验数据如下图所示:

挡光片宽度 (cm)	$\Delta t_1 (ms)$	$\Delta t_2 (ms)$	$\Delta t_3 (ms)$	$\Delta t_4 (ms)$	$\Delta t_5 (ms)$	$\Delta t (ms)$
1 (cm)	21.66	21.57	21.58	21.61	21.65	21.61
3 (cm)	65.45	65.58	65.77	65.78	65.21	65.56
5 (cm)	110.05	110.44	110.29	110.29	110.44	110.30
10 (cm)	226.29	227.32	227.84	227.08	225.82	226.87

表 9: 测定瞬时速度(原始数据)

$\Delta t(s)$	0.02161	0.06556	0.11030	0.22687
$\Delta s(m)$	0.01	0.03	0.05	0.10
$\bar{v}(m/s)$	0.4627	0.4576	0.4533	0.4407

表 10: 测定瞬时速度(整理后的数据)

Figure 1: A scatter plot showing the relationship between time t (s) on the x-axis and velocity v (m/s) on the y-axis. The data points are represented by black squares, and a red line represents the linear fit. The legend indicates that the black squares represent v and the red line represents the fit for 'Sheet1列A~v~的拟合'.

The following table provides the statistical results for the linear fit:

方程	$y = a + bx$
斜率	b
截距	a
标准误差	$0.46497 \pm 2.192596 \times 10^{-4}$
置信度	-0.10049 ± 0.00108
残差平方和	1.311867×10^{-7}
F Pearson χ^2	-0.999275
平方总平方	0.99965
调整平方	0.999626

图 7: $\bar{v} - \Delta t$ 图像

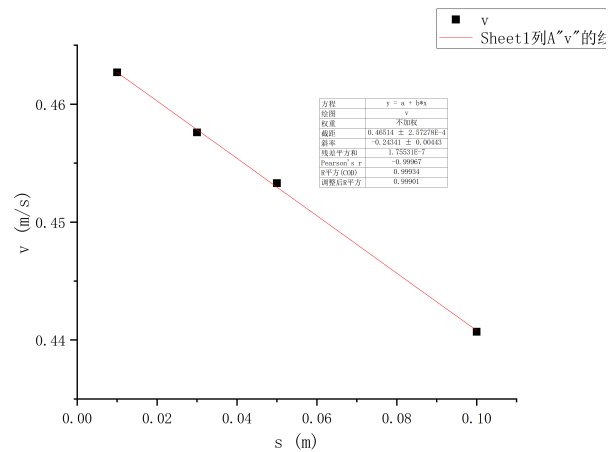


图 8: $\bar{v} - \Delta s$ 图像

外推法:

取 $\Delta t \rightarrow 0$, 由 $\bar{v} - \Delta t$ 图可知, 截距为 0.465, 即瞬时速度为 0.465m/s。

5.7.3 改变 AP 距离测量不同 U 挡光片通过光电门所用的时间

将 AP 距离改为 60cm, 测定瞬时速度, 实验数据如下:

挡光片宽度 (cm)	$\Delta t_1 (ms)$	$\Delta t_2 (ms)$	$\Delta t_3 (ms)$	$\Delta t_4 (ms)$	$\Delta t_5 (ms)$	$\Delta t (ms)$
1(cm)	19.79	19.84	19.79	19.84	19.81	19.81
3(cm)	59.86	59.74	59.63	59.80	59.71	59.75
5(cm)	100.97	100.85	100.55	100.86	100.78	100.80
10(cm)	206.57	206.00	205.45	205.35	205.81	205.84

表 11: 测定瞬时速度 (原始数据)

将相关数据化为国际单位制, 整理如下:

$\Delta t (s)$	0.01981	0.05975	0.10080	0.20584
$\Delta s (m)$	0.01	0.03	0.05	0.10
$\bar{v} (m/s)$	0.5048	0.5021	0.4960	0.4858

表 12: 测定瞬时速度 (整理后的数据)

绘出 $\bar{v} - \Delta t$ 图和 $\bar{v} - \Delta s$ 图, 结果如下:

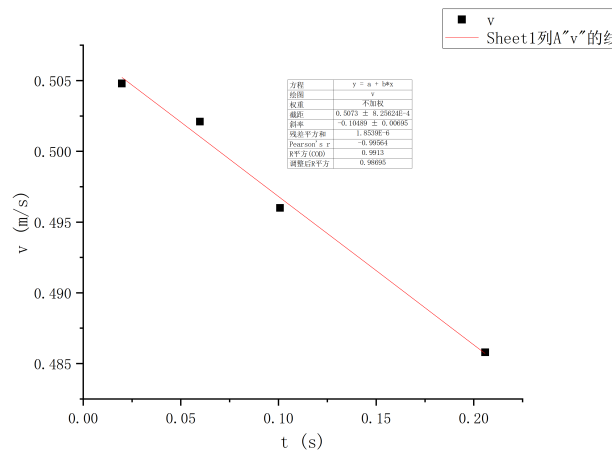


图 9: $\bar{v} - \Delta t$ 图像

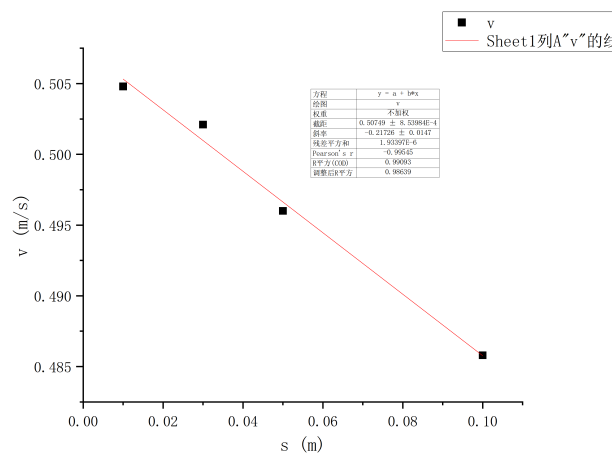


图 10: $\bar{v} - \Delta s$ 图像

外推法:

取 $\Delta t \rightarrow 0$, 由 $\bar{v} - \Delta t$ 图可知, 截距为 0.507, 即瞬时速度为 0.507m/s。

6 补充实验: 落球法测量液体粘滞系数

小球在液体中所受粘滞阻力为

$$f = 3\pi\eta vd \quad (8)$$

其中 d 为小球直径, η 为液体的黏度, v 是小球在流体中运动时相对于流体的速度。

当小球刚开始下落时, 速度较小, 所受粘滞力较小, 做加速运动, 当速度达到 v_0 时, 重力浮力粘滞力三力平衡, 小球做匀速直线运动, 此时

$$G = F + f$$

即

$$mg = \rho_0 g V + 3\pi\eta v_0 d \quad (9)$$

代入小球体积 $V = \frac{4}{3}(\frac{d}{2})^3$ 得

$$\eta = \frac{(\rho - \rho_0)gd^2}{18v_0(1 = 2.4d/D)} \quad (10)$$

经实验,获得数据如下:

$d = 1.2 \pm 0.02mm, l = 20cm, t = 25$ 摄氏度

t(s)	26.62	26.94	27.09
------	-------	-------	-------

表 13: 测量时间

计算得收尾速度为 $7.44m/s$, 蓖麻油密度为 $0.95 \times 10^3 kg/m^3$, 小球密度约为 $7.8 \times 10^3 kg/m^3$, 管道直径为 $0.026m$, 最终计算得 $\eta = 6.45 \times 10^{-4}$, 单位换算得 $\eta = 0.645 Pa \cdot s$, 与国家标准的蓖麻油 25 摄氏度时的黏度 $0.621 Pa \cdot s$ 相比, 相对误差为 3.86%, 实验结果较符合。

7 思考题

1. 仔细观察, 可以发现滑块的振幅是不断减小的, 那么为什么还可以认为滑块是做简谐振动? 实验中应如何尽量保证滑块做简谐振动?

答: (1) 滑块的振幅是不断减小是因为存在滑块与导轨间的摩擦力和滑块与空气间的空气阻力。之所以仍认为滑块作简谐振动, 是因为气垫导轨的摩擦相对还是较小的。虽然实际运动是欠阻尼简谐运动, 但耗散不太大, 近似可以认为是简谐运动。

(2) 使用气垫导轨以尽可能地消除滑动摩擦; 使用劲度系数较大的弹簧, 使得阻尼的影响尽量小。

2. 试说明弹簧的等效质量的物理意义, 如不考虑弹簧的等效质量, 则对实验结果有什么影响?

答: 弹簧具有一定的质量, 也会随着滑块的运动而运动, 因而在随滑块伸缩时也参与了系统的动势能的转化。所谓“等效质量”, 就是对运动弹簧的每一部分进行微元再积分, 将其等效成一个完全随滑块运动的物体所对应的质量。

如果不考虑等效质量, 用质量和周期计算劲度系数时结果会偏小, 计算总机械能结果也会偏小。

3. 测量周期时, 光电门是否必须在平衡位置上? 如不在平衡位置会产生什么不同的效果?

答: 理论上, 光电门不是必须在平衡位置上。即便不在平衡位置, 测量也无差别。实际上, 系统能量存在耗散现象, 因而弹簧振子的振幅不断减小。这一点我们已经在实验过程中观察到了。所以一方面, 如果光电门偏离平衡位置过远, 那么弹簧振子经过若干次振动后, 振幅一旦小于光电门到平衡位置的距离, 则便无法再继续测量; 另一方面, 若实际测量时光电门不在平衡位置, 则由于滑块和导轨间存在阻尼, 虽然光电门的位置是绝对的, 但对于滑块而言, 它并不是振动周期的同一个位置。这会造成较大的测量误差。

4. 气垫导轨如果不水平, 是否能进行该实验?

答: 如果气垫导轨不水平, 重力分量会在导轨方向上产生额外的加速度, 这会改变系统的恢复力, 进而影响周期。同时由于不水平导致的额外摩擦和空气阻力可能会增加系统的非保守力, 使得系统的总机械能逐渐减少, 表现为振幅随时间减小。由于重力分量在非水平方向上的影响, 弹簧的势能与振子的动能之间的转换关系可能会发生变化, 影响机械能的测量。

5. 使用平板形挡光片和两个光电门, 如何测量滑块通过倾斜气轨上某一点的瞬时速度?

答:

(a) 可以将平板形挡光片拼接成 U 形挡光片, 使用已知方法。

(b) 测量滑块通过两个光电门的时间间隔求得滑块通过这一段的平均速度, 然后改变两个光电门之间的距离, 得到多组数据, 然后绘制 $v\Delta t$ 曲线并且线性拟合, 截距即为瞬时速度。

6. 气垫导轨如果不水平, 对瞬时速度的测定有什么影响?

答: 若气垫导轨倾斜, 可能会导致滑块也有一定程度的倾斜, 并且倾斜角与气垫导轨不同, 导致滑块与气垫导轨之间的摩擦力较大, 但是实际实验中, 气垫导轨本身就是通过倾斜, 使滑块获得初始速度的。

7. 每次测量滑块和 U 型挡光片总质量不同是否对瞬时速度测定有影响?

答: 理论上讲, 滑块下滑的加速度恒为 $g\sin\theta$, 与滑块总质量无关, 因此对瞬时速度的测定无影响。但实际实验中, 如果滑块总质量变大时, 那么滑块与气垫导轨间的距离更小, 滑块与气垫导轨的摩擦阻尼和空气粘滞阻尼会增大, 导致测得的速度偏小。事实上, 在开展实验的过程中, 能听见相对较大的滑块与导轨摩擦的声音。在气垫导轨倾角较小时, 此现象尤为明显。

8 总结

本次实验接触到了气垫导轨这一仪器。使用该仪器的主要难点在于调平。调平分为粗调和细调两部分。粗调即粗略调整调平螺丝, 将滑块至于气垫导轨上, 直至滑块不左右滑动。这一步非常耗时, 且要求耐心, 经过反复调试才勉强达到效果。随后进行细调, 在导轨上放置两个光电门, 测量经过光电门的速度, 直至速度误差在 0.5% 内。

通过本次实验尤其是调平环节, 我体会到了实验过程中严谨、认真和耐心的重要性, 也感受到了科研人员严谨耐心的精神品质。希望这些感悟能一直提醒我, 助我在科研道路上前行。

9 实验原始数据记录表

见后附图。



基础物理实验原始数据记录

实验名称 气轨上弹簧振子的简谐振动及瞬时速度的测定 地点 教学楼 716

学生姓名 徐昕 学号 分班分组座号 1-10-5 号 (例: 1-04-5 号)

实验日期 2021 年 12 月 9 日 成绩评定 教师签字 红霞

1. 试验仪器的调试

V1 (cm/s)	V2 (cm/s)	误差%
48.33	48.24	0.186
22.37	22.28	0.402
12.17	12.14	0.247

2. 测量弹簧振子的振动周期并考察振动周期和振幅的关系

滑块的振幅 A 分别取 10.0, 20.0, 30.0, 40.0cm 时, 测量其相应振动周期

	10cm	20cm	30cm	40cm
T1 (ms)	1551.61	1551.56	1551.56	1551.60
T2 (ms)	1551.96	1551.52	1551.36	1551.67
T3 (ms)	1551.12	1551.66	1551.57	1551.72
T4 (ms)	1551.83	1551.35	1551.45	1551.83
T5 (ms)	1551.75	1551.54	1551.57	1551.83
T (ms)	1551.65	1551.53	1551.50	1551.73

3. 研究振动周期和振子质量之间的关系

滑块的振幅 A 取 40.0cm

m (g)	1 232.67	2 220.33	3 244.91	4 257.44	5 270.12
T1 (ms)	1593.71	1552.54	1636.09	1674.71	1715.95
T2 (ms)	1593.76	1552.60	1636.09	1674.72	1716.02
T3 (ms)	1594.10	1552.71	1636.09	1674.63	1715.81
T4 (ms)	1593.94	1552.81	1636.08	1674.86	1715.90
T5 (ms)	1594.03	1552.62	1636.09	1674.60	1716.08
T6 (ms)	1593.88	1552.92	1636.26	1675.15	1716.05
T7 (ms)	1593.97	1552.88	1636.16	1675.19	1715.94
T8 (ms)	1594.03	1552.89	1636.31	1674.93	1716.16
T9 (ms)	1594.16	1552.82	1636.38	1674.93	1716.11
T10 (ms)	1594.19	1552.78	1636.26	1674.86	1716.08
T (ms)					



4. 研究速度和位移的关系

滑块的振幅 A 取 40.0cm

	10cm	15cm	20cm	25cm	30cm
V1 (cm/s)	51.52 20.25	48.90	46.17	41.32	35.45
V2 (cm/s)	51.44 20.25	48.90 48.15	46.25	41.79	35.15
V3 (cm/s)	51.26 20.25	48.90 50.20	46.25	40.70	34.12
V (cm/s)					

5. 研究振动系统的机械能是否守恒

滑块的振幅 A 取 40.0cm $m=227.13g$

	10cm	15cm	20cm	25cm	30cm
V (cm/s)	117.98 10.25	109.20 109.20	95.65 95.65	74.63 74.63	34.72
Ek (J)					
Ep (J)					
E (J)					

6. 改变弹簧振子的振幅 A, 测相应的 V_{max} , 由 $V_{max}^2-A^2$ 关系求 k, 与实验内容 3 的结果进行比较

	10cm	15cm	20cm	25cm	30cm
V_{max1} (cm/s)	13.95 13.95	21.22	27.60	35.36	41.07 41.07
V_{max2} (cm/s)	14.08	20.93	27.17	35.25	40.40 41.12
V_{max3} (cm/s)	14.04	21.06	27.58	35.03	41.19
V_{max} (cm/s)					

7. 实验中可能用到的其他相关参数

滑块的质量:

条型挡光片质量:

U 型挡光片质量:



8. 测定瞬时速度，测量不同 U 挡光片通过光电门所用的时间（AP 距离为 50cm），计算平均速度。

挡光片宽度 (cm)	Δt_1 (ms)	Δt_2 (ms)	Δt_3 (ms)	Δt_4 (ms)	Δt_5 (ms)	Δt (ms)
1 (cm)	30.74	30.79	30.96	30.67	30.90	
3 (cm)	93.44	93.81	93.89	93.56	93.42	
5 (cm)	157.37	156.38	156.32	157.48	157.45	
10 (cm)	323.29	324.42	326.31	323.02	323.81	

9. 测定瞬时速度，改变导轨倾斜角度，测量不同 U 挡光片通过光电门所用的时间（AP 距离为 50cm），计算平均速度。

挡光片宽度 (cm)	Δt_1 (ms)	Δt_2 (ms)	Δt_3 (ms)	Δt_4 (ms)	Δt_5 (ms)	Δt (ms)
1 (cm)	21.66	21.57	21.58	21.61	21.65	
3 (cm)	65.45	65.58	65.77	65.78	65.21	
5 (cm)	110.05	110.44	110.29	110.29	110.44	
10 (cm)	226.29	227.32	227.84	227.58	225.82	

10. 测定瞬时速度，改变 AP 距离为 60cm，测量不同 U 挡光片通过光电门所用的时间，计算平均速度。

挡光片宽度 (cm)	Δt_1 (ms)	Δt_2 (ms)	Δt_3 (ms)	Δt_4 (ms)	Δt_5 (ms)	Δt (ms)
1 (cm)	19.79	19.84	19.79	19.84	19.81	
3 (cm)	59.66	59.74	59.63	59.80	59.71	
5 (cm)	100.97	100.85	100.55	100.86	100.78	
10 (cm)	206.57	206.00	205.45	205.35	205.81	

