

专题20 力学实验

01专题网络 · 思维脑图...错误!未定义书签。

► 高考解密44... 错误!未定义书签。

02考情分析 · 解密高考. 错误!未定义书签。

► 考向预测 错误!未定义书签。

03高频考点 · 以考定法. 错误!未定义书签。

考向1:力学验证类实验 10

考向2:力学探究类实验 12

考向: 3:力学创新类实验 14

技巧解密(..... 错误!未定义书签。

04核心素养 · 难点突破 错误!未定义书签。

05创新好题 · 轻松练...错误!未定义书签。

一、常用测量仪器的读数 1

二、纸带、频闪照片及光电门类实验. 1

三、“弹簧、橡皮条”类实验 2

四、平抛类实验..... 3

五、探究向心力大小与半径、角速度、质量的关系4

六、力学创新实验 4

新情境1:光电门类创新实验..... 24

新情境2:DIS 类创新类实验 26

新情境3:频闪照相类实验... 28

考点内容	要求	学习目标
常用测量仪器的读数	II	1. 掌握游标卡尺和螺旋测微器的测量和读数方法； 2. 掌握利用打点计时器、频闪照片和光电门测量物体的瞬时速度； 3. 掌握弹簧、橡皮筋类测量弹力的大小问题； 4. 掌握利用平抛运动规律验证碰撞、守恒类问题； 5. 掌握探究向心力大小与半径、加速度、质量的关系的数据处理方法； 6. 掌握力学创新类题型的实验分析和数据处理问题；
纸带、频闪照片集光电门实验	III	
弹簧、橡皮条类实验		
平抛类实验	II	
探究向心力大小与半径、角速度、质量的关系	I	
力学创新实验	III	

一、常用测量仪器的读数

1. 常用实验仪器的读数

(1) 毫米刻度尺的读数：精确到毫米，估读一位。

(2) 游标卡尺的读数

游标尺				测量结果(游标尺上第n个刻度线与主尺上的某刻度线对齐时)/mm
刻度格数	刻度总长度/mm	每小格与1毫米的差值/mm	精确度/mm	
10	9	0.1	0.1	主尺上读的毫米数+0.1n
20	19	0.05	0.05	主尺上读的毫米数+0.05n
50	49	0.02	0.02	主尺上读的毫米数+0.02n

(3) 螺旋测微器的读数：测量值=固定刻度整毫米数+0.5 mm(判断半毫米刻度线是否露出)十可动刻度读数(含估读)×0.01 mm。

二、纸带、频闪照片及光电门类实验

1. 纸带类实验的一般类型

	测量重力加速度	探究加速度与物体受力、物体质量的关系	验证机械能守恒定律
图示			
说明	<p>“纸带”类实验三个关键点：</p> <p>(1) 区分计时点和计数点：计时点是指打点计时器在纸带上打下的点，计数点是指测量和计算时在纸带上所选取的点。要注意“每五个点取一个计数点”与“每隔四个点取一个计数点”的取点法是一样的；</p> <p>(2) 涉及打点计时器的实验均是先接通电源，打点稳定后，再释放纸带；</p> <p>(3) 实验数据处理可借助图像，充分利用图像斜率、截距等的物理意义</p>		

(2) 频闪照片的数据处理方法同纸带类似。

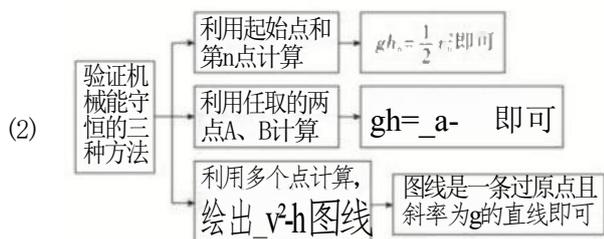
(3) 光电门中遮光板宽度除以遮光时间即为研究对象在遮光过程的平均速度，因为遮光时间一般较短，所以此速度可看作此过程某一时刻的瞬时速度。

(4) 实验中需要测量速度或加速度时，往往需要用到打点计时器或频闪照相或光电门。

2. 纸带或频闪照片的处理方法

3. 相关实验的几个注意事项

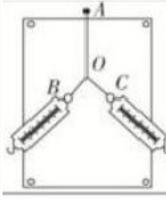
(1) 探究物体加速度与物体受力、物体质量关系的实验中，补偿阻力的方法是垫高有打点计时器的一端，接通电源，给小车一个初速度，使小车能匀速下滑。另外，小车在长木板上做匀加速直线运动时，绳上的拉力并不等于悬挂物的重力，只有当 $M \gg m$ 时，绳上的拉力才近似等于悬挂物的重力。如果绳上连接着力传感器或测力计，则可直接读出绳上的拉力，不要求 $M \gg m$ 。



三、“弹簧、橡皮条”类实验

1. 实验类型

实验	探究弹簧弹力和形变量的关系	探究两个互成角度的力的合成规律
----	---------------	-----------------

图示		
注意事项	(1) 实验中不能挂过多的钩码，防止弹簧超过弹性限度； (2) 画图像时，不要连成“折线”，而应让尽量多的数据点坐落在直线上或均匀分布在直线两侧	(1) 每次拉伸后结点O的位置必须保持不变； (2) 记下每次各力的大小和方向； (3) 画力的图示时应选择适当的标度

注：(1) 验证动量守恒定律和一些创新性实验也可能用到弹簧或橡皮条。

(2) 进行“弹簧、橡皮条”类实验时注意不要超过弹簧或橡皮条的弹性限度。

2. “探究弹簧弹力与形变量的关系”实验的两点注意

(1) 对“探究弹簧弹力与形变量的关系”的实验题目，不要忽视弹簧自身重力对实验的影响，若实验时弹簧竖直悬挂，形变量应是总长度减去弹簧不挂钩码时竖直悬挂的长度，而不是减去水平放置时的长度。

(2) F-x 和 F-l 图线的特点(x 为弹簧形变量，l 为弹簧长度)

① F-x 图线为一条过原点的直线，而 F-l 图线为一条倾斜直线，但不过原点，在 l 轴上的截距表示弹簧的原长。

② F-x 图线和 F-l 图线的斜率均表示弹簧的劲度系数。

③ F-x 图线和 F-l 图线发生弯曲的原因是弹簧超出了弹性限度。

3. “探究两个互成角度的力的合成规律”实验的基本思路

在误差允许的范围内，保证两个力的作用效果同第三个力的作用效果相同。

四、平抛类实验

1. 在“探究平抛运动的特点”实验、“验证动量守恒定律”实验中，以及一些创新性实验的步骤中涉及平抛运动过程的实验中，涉及平抛运动过程的处理方法是正交分解，水平方向按匀速直线运动的规律处理，竖直方向按自由落体运动的规律处理。

2. “探究平抛运动的特点”实验的操作关键

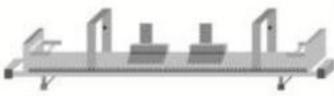
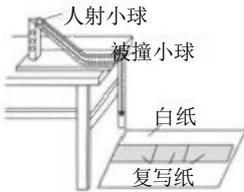
(1) 应保持斜槽末端的切线水平，钉有坐标纸的木板竖直，并使小钢球的运动靠近坐标纸但不接触。

(2) 小钢球每次必须从斜槽上同一位置无初速度滚下，斜槽的粗糙程度对该实验没有影响，在斜槽上释放小钢球的高度应当适当，使小钢球以合适的水平初速度抛出。

(3) 坐标原点(小钢球做平抛运动的起点)不是槽口的端点，应是小钢球在槽口时球心在坐标纸上的水平投影点。

3. 验证动量守恒定律的四种常用方案

实验	利用气垫导轨完成一维碰撞实验	用两摆球碰撞验证动量守恒定律	在光滑桌面上两车碰撞验证动量守恒定律	利用斜槽上滚下的小球验证动量守恒定律
----	----------------	----------------	--------------------	--------------------

装置				
测量值	滑块速度的测量 $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$	摆球速度的测量 $v = \sqrt{2gh}$	小车速度的测量 $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$	速度与平抛运动的水平位移成正比

五、探究向心力大小与半径、角速度、质量的关系

1. 本实验应用的探究方法是控制变量法

- (1) 控制两物体的质量和转动半径相同，探究向心力大小与转动角速度的定量关系。
- (2) 控制两物体的质量和转动角速度相同，探究向心力大小与转动半径的定量关系。
- (3) 控制两物体的转动半径和角速度相同，探究向心力大小与物体质量的定量关系。

2. 实验误差分析

- (1) 污渍、生锈等使小球的质量、转动半径变化，带来的误差。
- (2) 仪器不水平带来的误差。
- (3) 标尺读数不准带来的误差。
- (4) 皮带打滑带来的误差。

3. 用图像法判断一个量和另一个量是否成正比时，应画出这两个物理量间的关系图像，在误差允许的范围内，若图像为一条过原点的直线，则说明这两个物理量成正比；图像法判断一个量和另一个量是否成反比时，不应画这两个物理量间的关系图像，而应画一个量和另一个量的倒数的图像，在误差允许的范围内，若图像为一条过原点的直线，则说明这两个物理量成反比。

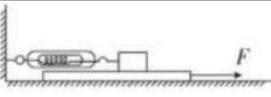
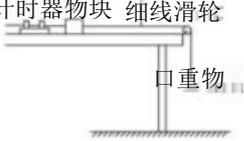
六、力学创新实验

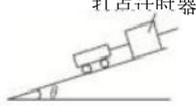
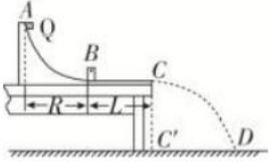
1. 创新实验的特点及求解的基本思路

创新实验涉及实验仪器和原理的创新、实验方案和方法的创新，此类实验题要用“已有的知识”“学过的实验方法”“已会用的仪器”，通过知识迁移和能力迁移，进行解答。

求解类实验的基本思路

2. 测定动摩擦因数的实验类型

实验方法	创新思维	实验原理
	将研究运动物体转化为研究静止物体	利用 $F_m = F_r = \mu F_n$ 求 μ
打点计时器物块 细线滑轮 	让物块先做加速运动，当重物掉到地面上之后物块做匀减速直线运动	减速运动中，利用逐差法求加速度，利用 $F = \mu mg = ma$ 进一步求 μ

	将动摩擦因数的测量转化为角度和加速度的测量	利用 $a = g \sin \theta - \mu g \cos \theta$ 求 μ (a 通过逐差法求解)
	将动摩擦因数的测量转化为加速度的测量	利用 $v_B - v = 2as$ 求加速度，再利用动力学知识 $\mu = \frac{mg - (m+M)a}{Mg}$
	将动摩擦因数的测量转化为速度的测量，并营造多过程切入水平滑动情景	A→B 的末速度由 B 处的光电门测出；C→D 过程中，物块 Q 做平抛运动；B→C 过程中，只有摩擦力对物块 Q 做功，利用 $W = -\mu mgL = E_{kc} - E_{kg}$ ，进一步求 μ

【典例1】(2024·浙江·高考真题)如图1所示是“探究加速度与力、质量的关系”的实验装置。

(1) 该实验中同时研究三个物理量间关系是很困难的，因此我们采用的研究方法是_____；

- A. 放大法 B. 控制变量法 C. 补偿法

(2) 该实验过程中操作正确的是_____；

- A. 补偿阻力时小车未连接纸带
 B. 先接通打点计时器电源，后释放小车
 C. 调节滑轮高度使细绳与水平桌面平行

(3) 在小车质量_____ (选填“远大于”或“远小于”)槽码质量时，可以认为细绳拉力近似等于槽码的重力。上述做法引起的误差为_____ (选填“偶然误差”或“系统误差”)。为减小此误差，下列可行的方案是_____；

- A. 用气垫导轨代替普通导轨，滑块代替小车
 B. 在小车上加装遮光条，用光电计时系统代替打点计时器
 C. 在小车与细绳之间加装力传感器，测出小车所受拉力大小

(4) 经正确操作后获得一条如图2所示的纸带，建立以计数点0为坐标原点的x轴，各计数点的位置坐标分别为0、 x_1 、...、 x_6 。已知打点计时器的打点周期为T，则打计数点5时小车速度的表达式 $v = \underline{\hspace{2cm}}$ ；小车的

加速度的表达式是_____。

- A. $a = \frac{x_6 - 2x_3}{(15T)^2}$ B. $a = \frac{x_6 - 2x_3}{(3T)^2}$ C. $a = \frac{x_5 + x_4 - (x_3 + x_2)}{(10T)^2}$

【答案】 B B 远大于 系统误差 C $\frac{x_6 - x_4}{10T}$ A

【详解】(1) [1] 该实验中同时研究三个物理量间关系是很困难的，因此我们可以控制其中一个物理量不变，研究另外两个物理量之间的关系，即采用了控制变量法。

故选B。

(2)[2]A. 补偿阻力时小车需要连接纸带，一方面是需要连同纸带所受的阻力一并平衡，另外一方面是通过纸带上的点间距判断小车是否在长木板上做匀速直线运动，故A错误；

B. 由于小车速度较快，且运动距离有限，打出的纸带长度也有限，为了能在长度有限的纸带上尽可能多地获取间距适当的数据点，实验时应先接通打点计时器电源，后释放小车，故B正确；

C. 为使小车所受拉力与速度同向，应调节滑轮高度使细绳与长木板平行，故C错误。

故选B。

(3) [3] 设小车质量为M，槽码质量为m。对小车和槽码根据牛顿第二定律分别有 $F=Ma, mg-F=ma$

联立解得 $F = \frac{Mmg}{m+M}$

由上式可知在小车质量远大于槽码质量时，可以认为细绳拉力近似等于槽码的重力。

[4] 上述做法引起的误差是由于实验方法或原理不完善造成的，属于系统误差。

[5] 该误差是将细绳拉力用槽码重力近似替代所引入的，不是由于车与木板间存在阻力(实验中已经补偿了阻力)或是速度测量精度低造成的，为减小此误差，可在小车与细绳之间加装力传感器，测出小车所受拉力大小。

故选C。

(4) [6] 相邻两计数点间的时间间隔为 $t=5T$

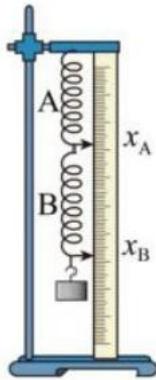
打计数点5时小车速度的表达式为 $v = \frac{x_6 - x_4}{2t} = \frac{x_6 - x_4}{10T}$

[7] 根据逐差法可得小车加速度的表达式是 $a = \frac{x_6 - x_3 - x_3}{(3t)^2} = \frac{x_6 - 2x_3}{(15T)^2}$

故选A。

【典例2(2023·浙江·统考高考真题) 如图所示，某同学把A、B两根不同的弹簧串接竖直悬挂，探究A、B弹簧弹力与伸长量的关系。在B弹簧下端依次挂上质量为m的钩码，静止时指针所指刻度 x_A 、 x_B 的数据如表。

钩码个数	0	1	2	
x_A/cm	7.75	8.53	9.30	
x_B/cm	16.45	18.52	20.60	



钩码个数为1时，弹簧A 的伸长量 $\Delta x_A =$ _____ cm, 弹 簧 B 的伸长量 $\Delta x_B =$ _____ cm, 两

根弹簧弹性势能的增加量 ΔE 。 _____ mg($\Delta x_A + \Delta x_B$) (选填 “=”、“<”或 “>”)。

【答案】 0.78 1.29 <

【详解】 [1] 钩码个数为1时，弹簧A 的伸长量 $\Delta x_A = 8.53\text{cm} - 7.75\text{cm} = 0.78\text{cm}$

[2] 弹簧B 的伸长量 $\Delta x_B = 18.52\text{cm} - 16.45\text{cm} - 0.78\text{cm} = 1.29\text{cm}$

[3] 根据系统机械能守恒定律可知两根弹簧的重力势能减少量等于弹簧增加的弹性势能和空气阻力的热能

【典例3】 (2023 · 福建 · 统考高考真题) 某小组用图(a) 所示的实验装置探究斜面倾角是否对动摩擦因数产生影响。所用器材有：绒布木板、滑块、挡光片、米尺、游标卡尺、光电门、倾角调节仪等。实验过程如下：

(1) 将绒布平铺并固定在木板上，然后将光电门A、B 固定在木板上。用米尺测量A、B 间 距 离L；

(2) 用游标卡尺测量挡光片宽度d，示数如图(b) 所示。该挡光片宽度d= _____ mm

(3) 调节并记录木板与水平面的夹角 θ ，让装有挡光片的滑块从木板顶端下滑。记录挡光片依次经过光电门A和B的挡光时间 Δt_A 和 Δt_B ，求得挡光片经过光电门时滑块的速度大小 v_A 和 v_B 。某次测得 $\Delta t_A = 5.25 \times 10^{-3}\text{s}$ ，则 $v_A =$ _____ m/s (结果保留3位有效数字)

(4) 推导滑块与绒布间动摩擦因数 μ 的表达式，可得 $\mu =$ _____ (用L、 v_A 、 v_B 、 θ 和重力加速度大小g表示)，利用所得实验数据计算出 μ 值；

(5) 改变 θ 进行多次实验，获得与 θ 对应的 μ ，并在坐标纸上作出 $\mu - \theta$ 关系图像，如图(c) 所示；

(6) 根据上述实验，在误差允许范围内，可以得到的结论为 _____ - θ

【答案】 5.25 1.00 $\tan \theta - \frac{v_B^2 - v_A^2}{2gL \cos \theta}$ 斜面倾角对动摩擦因数没有影响

【详解】 (2) [1] 该挡光片宽度 $d = 5\text{mm} + 5 \times 0.05\text{mm} = 5.25\text{mm}$

(3) [2] 根据时间极短的平均速度近似等于瞬时速度，挡光片经过光电门 A 的速度

$$v_A = \frac{d}{\Delta t_A} = \frac{5.25 \times 10^{-3}}{5.25 \times 10^{-3}} \text{ m/s} = 1.00 \text{ m/s}$$

(4) [3] 挡光片依次经过光电门 A 和 B, 由动能定理可得 $\frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2 = mgL \sin \theta - \mu mgL \cos \theta$, 解得

$$\mu = \tan \theta - \frac{v_B^2 - v_A^2}{2gL \cos \theta}$$

(5) [4] 根据图像可知, 动摩擦因数并不随角度的变化而发生变化, 所以可以得到的结论为斜面倾角对动摩擦因数没有影响。

【典例4】(2023 · 北京 · 统考高考真题)用频闪照相记录平抛小球在不同时刻的位置, 探究平抛运动的特点。

(1) 关于实验, 下列做法正确的是_____ (填选项前的字母)。

- A. 选择体积小、质量大的小球 B. 借助重垂线确定竖直方向
C. 先抛出小球, 再打开频闪仪 D. 水平抛出小球

(2) 图1所示的实验中, A 球沿水平方向抛出, 同时B 球自由落下, 借助频闪仪拍摄上述运动过程。图2为某次实验的频闪照片, 在误差允许范围内, 根据任意时刻A、B两球的竖直高度相同, 可判断A球竖直方向做_____运动; 根据_____, 可判断A球水平方向做匀速直线运动。

(3) 某同学使小球从高度为0.8m 的桌面水平飞出, 用频闪照相拍摄小球的平抛运动(每秒频闪25次), 最多可以得到小球在空中运动的_____个位置。

(4) 某同学实验时忘了标记重垂线方向, 为解决此问题, 他在频闪照片中, 以某位置为坐标原点, 沿任意两个相互垂直的方向作为x轴和y轴正方向, 建立直角坐标系xOy, 并测量出另外两个位置的坐标值(x₁, y₁)、(x₂, y₂), 如图3所示。根据平抛运动规律, 利用运动的合成与分解的方法, 可得重垂线方向与y轴间夹角的正切值为_____。

【答案】 ABD 自由落体运动 A 球相邻两位置水平距离相等 10 $\frac{|x_2 - 2x_1|}{y_2 - 2y_1}$

【详解】(1) [1] A. 用频闪照相记录平抛小球在不同时刻的位置, 选择体积小质量大的小球可以减小空气阻力的影响, A 正确;

B. 本实验需要借助重垂线确定竖直方向, B 正确;

CD. 实验过程先打开频闪仪, 再水平抛出小球, C 错误, D 正确。

故选ABD。

(2) [2] [3] 根据任意时刻A、B两球的竖直高度相同, 可以判断出A 球竖直方向做自由落体运动; 根据A球相邻两位置水平距离相等, 可以判断A球水平方向做匀速直线运动。

(3) [4] 小球从高度为0.8m 的桌面水平抛出, 根据运动学公式

解得 $t=0.4s$

频闪仪每秒频闪25次, 频闪周期

$$T = \frac{1}{25} s = 0.04s$$

故最多可以得到小球在空中运动个数为 $\frac{t}{T} = 10$

(4) [5] 如图 x 、 y 。分别表示水平和竖直方向, 设重垂线方向 y_0 与 y 轴间的夹角为 θ , 建立坐标系存在两种情况, 如图所示

当建立的坐标系为 x 、 y 时, 则 x 轴方向做匀减速运动, 根据逐差法计算加速度有 $x_2 - 2x_1 = -g \sin \theta (2T)^2$ y 轴方向在 $y_2 - 2y_1 = g \cos \theta (2T)^2$, 联立解得 $\tan \theta = \frac{x_2 - 2x_1}{y_2 - 2y_1}$

当建立的坐标系为 x_2 、 y_2 时, 则 x 轴方向做匀加速运动, 根据逐差法计算加速度有 $x_2 - 2x_1 = g \sin \theta (2T)^2$ y 轴方向在 $y_2 - 2y_1 = g \cos \theta (2T)^2$, 联立解得 $\tan \theta = \frac{x_2 - 2x_1}{y_2 - 2y_1}$

综上所述, 重垂线方向与 y 轴间夹角的正切值为 $\tan \theta = \frac{|x_2 - 2x_1|}{y_2 - 2y_1}$

【典例5】(2023 · 天津 · 统考高考真题) 某同学利用图示的气垫导轨实验装置验证机械能守恒定律, 主要实验步骤如下:

- A. 将桌面上的气垫导轨调至水平;
- B. 测出遮光条的宽度 d
- C. 将滑块移至图示位置, 测出遮光条到光电门的距离 l
- D. 由静止释放滑块, 读出遮光条通过光电门的遮光时间 Δt
- E. 秤出托盘和砝码总质量 m_1 ,

滑块(含遮光条)的质量 m_2

已知当地重力加速度为 g , 回答以下问题(用题中所给的字母表示)

- (1) 遮光条通过光电门时的速度大小为 _____;
- (2) 遮光条由静止运动至光电门的过程, 系统重力势能减少了 _____, 遮光条经过光电门时, 滑块、托盘和砝码的总动能为 _____;
- (3) 通过改变滑块的释放位置, 测出多组 l 、 Δt 数据, 利用实验数据绘制 $(\frac{d}{\Delta t})^2 - l$ 图像如图。若图中直线的斜率近似等于 _____, 可认为该系统机械能守恒。

【答案】 $\frac{d}{\Delta t}$ $m_1 g l$ $\frac{1}{2}(m_1 + m_2)(\frac{d}{\Delta t})^2$ $\frac{2m_1 g}{m_1 + m_2}$

【详解】(1) [1] 小车通过光电门时的速度为 $v = \frac{d}{\Delta t}$

(2) [2]从释放到小车经过光电门，这一过程中，系统重力势能减少量为 $\Delta E_p = mgl$

[3]从释放到小车经过光电门，这一过程中，系统动能增加量为 $\Delta E_k = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)\left(\frac{d}{\Delta t}\right)^2$

(3) [4]改变 l ，做多组实验，做出如图以 l 为横坐标。以 $\left(\frac{d}{\Delta t}\right)^2$ 为纵坐标的图像，若机械能守恒成立有

$$m_1 gl = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)\left(\frac{d}{\Delta t}\right)^2 \quad \text{整理有} \quad \left(\frac{d}{\Delta t}\right)^2 = \frac{2m_1 g}{m_1 + m_2} \cdot l$$

可知，若图中直线的斜率近似等于 $\frac{2m_1 g}{m_1 + m_2}$ 可认为该系统机械能守恒。

【典例6】 (2023 · 重庆 · 统考高考真题) 某实验小组用单摆测量重力加速度。所用实验器材有摆球、长度可调的轻质摆线、刻度尺、50分度的游标卡尺、摄像装置等。

(1) 用游标卡尺测量摆球直径 d 。当量爪并拢时，游标尺和主尺的零刻度线对齐。放置摆球后游标卡尺示数如图甲所示，则摆球的直径 d 为 _____ mm。

(2) 用摆线和摆球组成单摆，如图乙所示。当摆线长度 $l = 990.1 \text{ mm}$ 时，记录并分析单摆的振动视频，得到单摆的振动周期 $T = 2.00 \text{ s}$ ，由此算得重力加速度 g 为 _____ m/s^2 (保留3位有效数字)。

(3) 改变摆线长度 l ，记录并分析单摆的振动视频，得到相应的振动周期。他们发现，分别用 l 和 $l + \frac{d}{2}$ 作为摆长，这两种计算方法得到的重力加速度数值的差异大小 Δg 随摆线长度 l 的变化曲线如图所示。由图可知，该实验中，随着摆线长度 l 的增加， Δg 的变化特点是 _____，原因是 _____。

【答案】 19.20 9.86 随着摆线长度 l 的增加， Δg 逐渐减小 随着摆线长度 l 的增加，则 $l + \frac{d}{2}$

越接近于 l ，此时计算得到的 g 的差值越小

【详解】 (1) [1]用游标卡尺测量摆球直径 $d = 19 \text{ mm} + 0.02 \text{ mm} \times 10 = 19.20 \text{ mm}$

(2) [2]单摆的摆长为 $L = 990.1 \text{ mm} + \frac{1}{2} \times 19.20 \text{ mm} = 999.7 \text{ mm}$

根据 $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ ，可得 $g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}$ ，带入数据 $g = \frac{4 \times 3.14^2 \times 0.9997}{2^2} \text{ m/s}^2 = 9.86 \text{ m/s}^2$

(3) [3][4]由图可知，随着摆线长度 l 的增加， Δg 逐渐减小，原因是随着摆线长度 l 的增加，则 $l + \frac{d}{2}$ 越接近于 l ，此时计算得到的 g 的差值越小。

考向1:力学验证类实验

1. (2023 · 湖北 · 模拟预测) 某同学用如图甲所示的装置验证动能定理。已知滑块(带挡光条)的质量为 M 、钩码的质量为 $m(m \leq M)$ ，挡光条的宽度为 d 。实验步骤如下：

①给气垫导轨充气，调整导轨水平，且轻细绳与导轨平行，待稳定后由静止释放滑块；

②测得挡光条通过光电门的时间为 t ，挡光条中心到光电门的距离为 x ，逐渐增大 x ，测量挡光条通过光电门的时间。（已知当地重力加速度的大小为 g ）

(1)如图乙所示，用20分度的游标卡尺测量挡光条的宽度，挡光条的宽度为_____cm。

(2)实验数据如表格所示：

x (cm)	10	20	25	30	35
t (s)	0.0412	0.0293	0.0261	0.0238	0.0220
$\frac{1}{t}$ (s^{-1})	24	34	38	42	45
$\frac{1}{t^2}$ (s^{-2})	589	1165	1468	1765	2066

观察表格并结合实验原理，为了准确地验证动能定理，当直角坐标系的纵坐标为 x 时，横坐标应为_____（填“ $\frac{1}{t}$ ”或“ $\frac{1}{t^2}$ ”），请你结合表格中的数据，先在横、纵坐标轴上标记合适的标度，再在图丙中描点画图_____，拟合图线后观察图线的特点，并写出图线的函数关系式_____（用题目中给出的符号表示）。

(3)有同学提出本实验可以采用不同质量的钩码，从同一位置释放的方式，观察钩码质量与时间的关系来验证动能定理，请问是否合适？为什么？_____

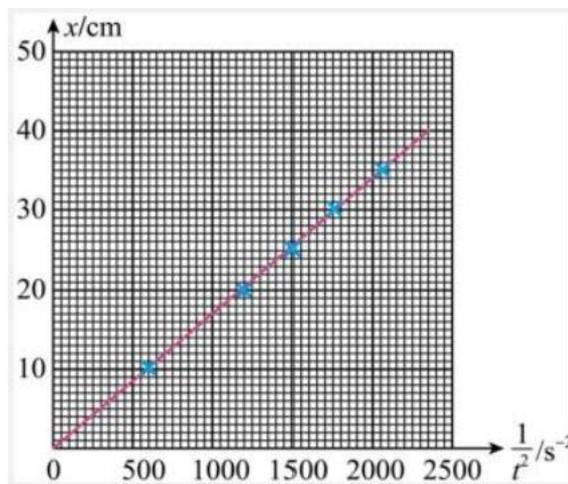
【答案】

1.655

$\frac{1}{t^2}$

$$x = \frac{Md^2}{2mg} \cdot \frac{1}{t^2}$$

见



解析

【详解】(1)[1]游标卡尺上主尺读数为16 mm,20分度游标尺一格代表0.05 mm,游标尺读数为0.05 mm×11=0.55mm则挡光条的宽度为 $d=16$ mm+0.55mm=16.55mm=1.655cm

(2)[2][3][4]由题意可知 $m < M$ ，可近似认为 mg 等于滑块所受合外力大小，若满足 $mgx = \frac{1}{2}M \frac{d^2}{t^2}$ 则可验证动能定理，因此横坐标应为 $\frac{1}{t^2}$ ，根据表中数据，描点作图，得到 $x - \frac{1}{t^2}$ 图线如图所示

图线的函数关系式 $x = \frac{Md^2}{2mg} \cdot \frac{1}{t^2}$

(3) [5]不合适,若滑块的质量不满足远大于钩码的质量,滑块所受合外力不能用钩码重力代替。

2. (2023 · 陕西 · 校联考一模)如图所示的实验装置可以用来验证机械能守恒定律,弹簧上端连接一个力传感器,力传感器固定在铁架台横梁上,弹簧下端连接一枚钢球。钢球上固定一个挡光片,钢球和挡光片总质量为 m 。调整两个光电门的位置,使得钢球由静止释放后能够通过光电门A和光电门B。测出光电门A、B与弹簧自然状态时最下端距离分别为 Δx_1 、 Δx_2 ,重力加速度 g 。

(1)用螺旋测微器测量光电门挡光片厚度如图所示,则光电门挡光片厚度 $d =$ _____ mm.

(2)实验过程中测得遮光片经过光电门A、B时力传感器的读数分别为 F_1 、 F_2 ,遮光片经过光电门A、B时的挡光时间分别为 Δt_1 、 Δt_2 ,若 $\Delta t_2 < \Delta t_1$,则表明小球从A到B过程动能_____ (填“增加”或“减少”)

(3)小球从光电门A运动到光电门B的过程中,由于弹簧弹力与伸长量成正比,可用平均力计算克服弹力所做的功 $W =$ _____;然后根据实验数据得出小球机械能减少量 ΔE ,比较 W 和 ΔE ,若两者在误差范围内近似相等,则小球和弹簧组成的系统机械能守恒。

【答案】 2.040/2.041 增加 $\frac{(F_1 + F_2)(\Delta x_2 - \Delta x_1)}{2}$

【详解】(1) [1]螺旋测微器的分度值为0.01mm,则遮光片厚度为 $d = 2\text{mm} + 4.0 \times 0.01\text{mm} = 2.040\text{mm}$ 由于最后一位是估读,所以读数为2.040mm或2.041mm均可。

(2) [2]钢球经过光电门的速度 $v = \frac{d}{\Delta t}$

d 为挡光片的宽度,因为挡光时间 $\Delta t_2 < \Delta t_1$,所以钢球经过A的速度小于经过B的速度,所以小球从A到B,动能增加了。

(3) [3]小球从光电门A运动到光电门B的过程中,弹性势能改变量

$$W = \bar{F}x = \frac{(F_1 + F_2)}{2}(\Delta x_2 - \Delta x_1) = \frac{(F_1 + F_2)(\Delta x_2 - \Delta x_1)}{2}$$

考向2:力学探究类实验

3. (2023 · 广西南宁 · 南宁三中校考模拟预测)某学习小组利用如图甲所示的装置做实验,探究弹簧弹力与形变量的关系。

(1)某次实验得到如图乙所示弹力 F 与弹簧长度 l 的关系图像(弹簧质量忽略不计),该弹簧原长 $l =$ _____ cm.

(2)换弹簧再次实验,得到图丙所示弹力 F 与弹簧伸长量 x 之间的关系图像(弹簧质量忽略不计),由图丙可知劲度系数较大的是_____弹簧(选填“A”或“B”);还可算出B弹簧的劲度系数为_____ N/m。

(3) 对比图乙和图丙这两种作图方式, 求劲度系数时, P 同学认为以弹簧长度作为横坐标更准确, Q 同学认为以弹簧伸长量作为横坐标更准确, L 同学认为两种方式一样准确。你认同哪位同学的说法? _____ (选填“P 同学”, “Q 同学” 或者“L 同学”)

【答案】 4 A 10 L 同学

【详解】 (1) [1] 根据图乙所示弹力 F 与弹簧长度 l 关系图线可知, 当弹力为零时弹簧的长度即为弹簧原长, 即 $l_0 = 4\text{cm}$

(2) [2][3] 根据胡克定律 $F = kx$

可知, 图象的斜率表示劲度系数的大小, 由此可得, 劲度系数较大的是 A 弹簧, B 弹簧的劲度系数为

$$k = \frac{\Delta F}{\Delta x} = \frac{2.5}{0.25} \text{N/m} = 10\text{N/m}$$

(3) [4] 两种方式作出的图的斜率相同, 劲度系数相同, 两种方式一样准确, L 同学说法对。

4. (2023 · 山东潍坊 · 统考二模) 某同学利用如图甲所示的实验装置探究合外力做功与物体动能改变量之间的关系。

实验步骤如下:

① 用游标卡尺测量遮光条的宽度 d , 测得小车(含遮光条)的质量为 M , 用刻度尺测出两光电门中心间的距离为 L . 调节滑轮高度, 让细线与木板始终平行. 已知重力加速度为 g ;

② 挂上沙桶, 调节木板的倾角, 使小车沿木板下滑时通过甲、乙两光电门的遮光时间相同;

③ 取下沙桶, 测得沙和沙桶的总质量为 m . 将小车从木板上端由静止释放, 分别记录小车通过两光电门甲、乙时的遮光时间 t_1 、 t_2 ;

④ 改变沙桶总质量和木板倾角, 重复步骤②③;

⑤ 进行数据处理。

回答下列问题:

(1) 游标卡尺示数如图乙所示, 则遮光条的宽度 $d =$ _____ cm ;

(2) 取下沙桶后, 小车加速运动过程中受到的合外力大小为 _____ (用所给物理量符号表示);

(3) 若小车下滑过程中满足表达式 _____ (用所给物理量符号表示), 则说明合外力做的功等于动能的改变量。

【答案】 0.530 mg $mgL = \frac{Md^2}{2} \left(\frac{1}{t_2^2} - \frac{1}{t_1^2} \right)$

【详解】 (1) [1] 遮光条的宽度 $d = 0.5\text{cm} + 0.05\text{mm} \times 6 = 0.530\text{cm}$;

(2) [2] 挂上沙桶, 调节木板的倾角, 使小车沿木板下滑时通过甲、乙两光电门的遮光时间相同; 遏制小车