

对单摆测定重力加速度实验的延伸思考

刘芳

重庆市兼善中学 中国重庆 400700

摘要: 单摆作为简谐运动的应用实例,对于研究简谐运动具有很强的代表性,而利用单摆的运动规律、运动周期测定重力加速度实验不仅是物理学中的一个基础实验,对进一步学习单摆的运动规律、运动周期,掌握简谐运动具有很大的推动作用。在单摆测定重力加速度实验的教学过程中,除了基本知识的掌握和应用之外,也要适度拓展学生的视野和学习的高度,让学生知其然,也知其所以然。

关键词: 单摆实验;延伸思考;拓展视野和高度

引言: 本文将从实验目的和实验误差两个方面深入讨论,多角度思考。同时,本文还将探讨重力加速度在各个领域的应用,介绍一些其他测定重力加速度的方法,如平衡法、自由落体法等,以便学生能够从多个角度理解重力加速度的测量和应用。最后,本文将强调在实验教学中,除了注重基本知识的掌握外,还应适度拓展学生的视野和学习的高度,培养学生的创新思维和批判性思维,以适应未来科学技术发展的需求。

实验目的:

一般性思考: 利用单摆测定当地的重力加速度,巩固和加深对单摆周期公式的理解。

延伸性思考: 测定当地的重力加速度的作用,单摆模型和周期公式的扩展应用

1. 了解地球表面重力加速度的分布对于地球物理学、航空航天技术及大地测量、地质勘探和资源开发等多个领域具有重要意义。

1.1. 地球物理学

地球物理学是研究地球物理现象和过程的科学,包括地震、重力、地磁等现象。地球表面重力加速度的分布是地球物理学研究的重要内容之一。

地球表面重力加速度的分布受到地球内部密度分布、自转、潮汐等多种因素的影响。通过研究地球表面重力加速度的分布,可以推断地球内部的结构和密度分布,进而了解地球的形成和演化过程。

在地球物理学中,通常会使用重力测量仪等设备对地球表面重力加速度进行测量,并结合其他地球物理数据,如

地震波数据、地磁数据等,进行综合分析和解释。^[1]

1.2. 航空航天技术

航空航天技术涉及航天器的设计、制造、发射、运行和回收等多个方面。地球表面重力加速度的分布对航空航天技术具有重要影响。

在航天器的设计和发射过程中,需要考虑地球表面重力加速度的变化对航天器轨道和姿态的影响。通过了解地球表面重力加速度的分布,可以更准确地计算航天器的轨道和姿态,确保航天器的安全发射和运行。

此外,地球表面重力加速度的分布还对航天器的着陆和回收过程产生影响。在着陆和回收过程中,需要根据地球表面重力加速度的分布来选择合适的着陆点和回收方案,确保航天器的安全着陆和回收。

1.3. 大地测量

大地测量是为建立和维持测绘基准与测绘系统而进行的确定位置、地球形状、重力场及其随时间和空间变化的测绘活动。了解地球表面重力加速度的分布是大地测量的重要任务之一。

地球表面重力加速度的分布对大地测量的精度和准确性具有重要影响。在大地测量中,需要考虑地球表面重力加速度的变化对测量结果的影响,并采取相应的措施进行修正和补偿。

通过了解地球表面重力加速度的分布,可以建立更精确的地球重力场模型,提高大地测量的精度和准确性。^[2]同时,地球表面重力加速度的分布还可以为地形测图和大型工程测量提供重要的参考数据。

1.4. 地质勘探和资源开发

资源分布推断:

地球表面重力加速度的异常变化通常与地下岩石体的密度分布有关。根据万有引力定律,重力加速度的变化可以间接揭示地下岩石体的密度分布,从而推断出矿产资源的赋存情况。

例如,在煤炭资源勘查中,通过测量地球表面上不同点的重力加速度,可以推断地下岩石体的密度分布情况,进而揭示煤炭等矿产资源的赋存情况。

勘探方法优化:

重力勘探是一种重要的地球物理勘探方法,它基于重力加速度的测量来推断地下岩石体的密度分布。^[3]了解重力加速度的分布有助于优化重力勘探的方法和技术,提高勘探的效率和准确性。

1.5. 日常生活和工程建设

建筑设计和施工:

在建筑设计和施工过程中,重力加速度是一个重要的物理参数。了解重力加速度的分布有助于设计师和工程师更准确地计算建筑物的结构和稳定性,确保建筑的安全性和耐久性。

例如,在高层建筑的设计中,需要考虑重力加速度对建筑物整体结构的影响,以及在地震等自然灾害下重力加速度的变化对建筑物安全性的影响。

交通和运输:

在交通和运输领域,重力加速度的分布对车辆和运输工具的运动和稳定性具有重要影响。了解重力加速度的分布有助于优化交通设计和运输计划,提高运输效率和安全性。

例如,在公路和铁路的设计中,需要考虑重力加速度对车辆行驶稳定性和制动距离的影响,以确保交通安全。

日常生活活动:

重力加速度是日常生活中无处不在的物理现象。了解重力加速度的分布有助于人们更好地理解重力对物体运动的影响,以及如何在日常生活中应用重力加速度的原理。

例如,在跳跃、投掷等运动中,了解重力加速度的作用可以帮助人们更好地掌握运动技巧和提高运动成绩。

因此测定重力加速度是一个重要且必须建立的知识,在高中物理在测定重力加速度还有很多方法,比如:平衡法、自由落体法、滴水法、平抛运动法、机械能守恒等。

(1) 平衡法(称重法):用弹簧测力计竖直挂一钩码,

使其处于静止状态,利用重力等于拉力,得: $g = \frac{G}{m}$

(2) 自由落体法:从高处由静止释放一重物,测出高度 h 及下落时间 t , $g = \frac{2h}{t^2}$

(3) 滴水法

① 让水滴落到垫起来的盘子上,可以听到水滴每次碰盘子的声音,仔细地调整水龙头的阀门,使第一滴水碰到盘子的瞬间,同时第二滴水正好从阀门处开始下落。^[4]

② 从听到某个水滴的声音时开始计时,并数“0”,以后每听到一次响声,顺次加1,直到数到“n”,计时停止,停表上时间为 t 。③ 用刻度尺量出水龙头滴水处到盘的距离为 h ,根据上述实验所得的数据,计算出重力加速度的值

$$g = \frac{2n^2h}{t^2}$$

(4) 平抛运动法:根据平抛运动的特点,水平方向上的位移 x 与时间 t 成正比,即 $x=vt$ (其中 v 为初速度, t 为时间)。由于实验中保持初速度不变,因此可以通过测量水平位移和时间来验证水平方向上的匀速直线运动。

在竖直方向上,根据自由落体运动的公式 $g = \frac{2h}{t^2}$ (其中 h 为高度, g 为重力加速度, t 为时间),可以通过测量小球下落的高度和时间来计算重力加速度 g 。

(5) 机械能守恒法:

设物体从高度 h 处自由下落,到达地面时速度为 v 。根据机械能守恒定律,有: $mgh = \frac{1}{2}mv^2$

将测量得到的 v 和 h 代入机械能守恒定律的公式中,解出 g 的值: $g = \frac{v^2}{2h}$

2. 单摆作为一种理想化的物理模型,常用于研究振动和波动的性质,被广泛应用于物理学、力学和工程学等领域。

2.1. 钟表制作:

摆钟机构:钟表中的摆轮机构应用了单摆原理。摆轮通过一定的摆长产生一定的摆动周期,从而实现时间的测量。摆钟的精确度和稳定性与单摆的振动周期密切相关。

精确计时:根据单摆振动周期公式,通过调节摆钟的长度,可以使摆钟的振动周期达到所需的精确值,从而确保

钟表的计时准确性。^[5]

2.2. 建筑物的抗震设计:

振动周期计算: 单摆振动周期公式可以用于计算建筑物的自由振动周期。这有助于工程师在抗震设计中选择合适的结构参数,提高建筑物的抗震性能。

抗震性能优化: 通过了解建筑物的振动周期,工程师可以评估建筑物在地震中的响应,并采取相应的措施来减少地震对建筑物的影响。

减震装置: 单摆也被用于减震装置中,比如一些建筑物或桥梁的阻尼系统。通过调整单摆的长度和质量,可以减少结构物在自然频率上发生共振的可能性,从而提高结构物的抗震性能。

单摆在地震检测中的间接应用

地震仪原理: 地震仪的原理与单摆类似,通过测量地震波引起的振动来记录地震信息。地震仪利用传感器(如加速度计)来记录地震波的运动,包括振动方向、振幅、频率等。

2.3. 科学研究和教学:

研究振动和波动: 单摆作为一种简单而有趣的物理模型,被广泛应用于振动和波动的研究中。通过观察单摆的运动规律,可以验证和验证物理学定律和公式。

教学工具: 在物理学教学中,单摆是一个重要的示例,可以帮助学生理解和掌握振动和波动的基本概念。通过调整摆长、质量和振幅等参数,学生可以亲身体验和观察振动现象,从而加深对振动力学原理的理解。

数学模型描述和分析: 单摆的摆动可以用一些数学模型来进行描述和分析,这对于物理学和工程学等科学领域的研究非常重要。单摆的运动方程可以通过拉格朗日方程或哈密顿方程来推导,并可以应用到其他类似的问题中。

2.4. 日常生活和装饰:

摆线时钟和装饰品: 单摆的原理可以应用于摆线时钟、摆动摆和摆风车等装饰品中,增添生活的趣味和美感。

科普工具: 单摆也可以用作科普工具,通过展示摆动物体的周期和频率等特性,向大众介绍物理学的知识和应用。

2.5. 工程应用:

防振系统设计: 单摆的振动特性可以用于设计和优化工程结构的防振系统,以减少振动、噪声和疲劳损伤等问题。

控制和自动化: 在某些控制系统中,如机械臂的运动控制,单摆的原理也被用来实现更精确和稳定的运动控制。

误差分析:

一般性思考:

1、本实验系统误差主要来源于单摆模型本身是否符合要求。即:悬点是否固定,是单摆还是复摆。球、线是否符合要求,振动是圆锥摆还是同一竖直平面内的振动以及测量哪段长度作为摆长等等。只要注意了上面这些方面,就可以使系统误差减小到远远小于偶然误差,达到忽略不计的程度。

2、本实验偶然误差主要来自时间(即单摆周期)的测量上。因此,要注意测准时间(周期),要从摆球通过平衡位置开始计时,并采用倒数计时计数的方法,不能多记或漏记振动次数。为了减小偶然误差,进行多次测量后取平均值。

3、本实验中长度(摆线长、摆球的直径)的测量时,读数读到毫米位即可(即使用游标卡尺测摆球直径也只需读到毫米位),时间的测量中,秒表读数的有效数字的末位在“秒”的十分位即可,秒表读数不需要估读。

延伸性思考:

1、实验器材的改进

高精度计时设备: 使用电子秒表或光电门等高精度计时设备来测量单摆的周期,以减少人为计时带来的误差。这些设备能够提供毫秒甚至微秒级别的计时精度,从而显著提高实验的准确性。

非接触式位移测量: 采用激光测距仪或超声波测距仪等非接触式位移测量设备来测量摆球的位移,以避免摆线与测量设备之间的接触摩擦对实验结果的影响。

可调节摆长装置: 设计一种可调节摆长的装置,通过电机或螺旋机构精确控制摆长的变化,从而方便地进行不同摆长下的实验,并减少手动调节摆长时可能引入的误差。

2、实验方法的创新

数据采集与分析软件: 开发专门的数据采集与分析软件,用于自动记录实验数据、计算周期和摆长,并进行误差分析和数据拟合。这样可以大大提高数据处理的效率和准确性。

图像处理技术: 利用高速摄像机拍摄单摆的运动过程,并通过图像处理技术提取摆球的位移和速度信息。这种方法可以实时、准确地记录单摆的运动状态,从而进一步提高实验的精度。

自动化控制系统: 建立自动化控制系统,通过计算机控制摆锤的释放和计时设备的启动,以减少人为操作带来的误差。同时,该系统还可以实时监测实验条件的变化,如温

度、湿度等，并自动调整实验参数以保持实验条件的稳定。

3、实验环境的优化

隔振措施：在实验室中采取隔振措施，如安装隔振台或悬挂式支架等，以减少外界振动对实验结果的影响。

温度控制：保持实验室内的温度稳定，以减少温度变化对摆线长度和摆球质量的影响。可以使用恒温箱或空调等设备来控制实验室内的温度。

空气流动控制：控制实验室内的空气流动，以减少空气阻力对摆球运动的影响。可以通过关闭门窗、使用空气净化器等措施来实现。

4、确保摆球在同一竖直平面内振动来避免圆锥摆效应，或者通过多次测量取平均值来减小随机误差。

例如：在改进实验中，采用双线摆取代原先的单线摆，即在单摆小球上连接两根细线，然后再次进行摆动，克服传统实验中单摆小球在摆动时出现的圆锥摆现象。在单摆小球的最低点处安装一个光电门，然后与计时器相连接，只要在实验开始前，在计时计数器中输入周期的次数，当小球开始摆动后，仪器便会自动计时。当50个周期结束之后，仪器中就会马上显示小球经历50个周期所用的时间，除以次数50，就可以得到一个稳定的周期值T。这样可以很好地避

免由于人工计数所带来的较大误差，而且测量数据十分的稳定，波动性很小。改进之后的实验中，测量得到的重力加速度g值会更加的稳定，而且不受摆线长短的影响，测量值更为准确，同时提高了实验的成功率，改进后实验的操作也更加简单和便捷。

参考文献：

[1]《用单摆测定重力加速度》实验导析.姜启时;[J]-《中学生数理化(高一版)》-2007-02-01

[2]《用单摆测定重力加速度》实验导析.李翔;[J]-《中学生数理化(高三版)》-2006-10-01

[3]单摆实验仪的改进.黄晓锋;梅掌荣;[J]-《物理与工程》-2012-10-15

[4]“单摆测当地重力加速度”实验浅析.石承纲;[J]-《中学生数理化(高二版)》-2011-01-01

[5]VBA技术在大地测量数据处理中的应用.刘晓云;卫玄焯;刘小鹏;赵大江;王建伟;[J]-《测绘技术装备》-2023-12-15

作者简介：

刘芳，男，汉，1982.08.17，重庆，本科，一级教师，物理教育