

---

## 第四章

### 学期活动 “设计并制作一个能动态显示加速度大小的加速度计”

#### 一、活动名称

设计并制作一个能动态显示加速度大小的加速度计

#### 二、活动目的

1. 了解加速度的定义及加速度产生原因，培养学生科学思维。同时培养学生力与运动的物理观念。

2. 通过定义或产生原因设计测定加速度的方案，并按照设计实际制作加速度计，培养学生科学探究的素养。

3. 在制作、改进、完善的过程中记录成功之处，存在的缺陷及改进方法。培养学生实事求是，合作交流的科学态度与责任。

#### 三、活动内容

1. 设计、制作能动态显示加速度大小的加速度计。要求能在动态过程中进行测量，且能定量显示加速度的大小。并说明根据什么物理原理设计此加速度计。

2. 实际测量。利用自己制作的加速度计在地铁、汽车等交通工具上以及电梯中测量启动或者停止过程的加速度，将数据记录并处理。

3. 改进方案。在实际制作和测量中，或多或少肯定会遇到之前设计不合理的地方，改进自己的方案，并做记录。

4. 编写加速度计的使用说明书。说明书应包含主要器材和配件，结构示意图，使用场景与条件，及注意事项等。

5. 完成加速度计制作报告，并进行实物展示和交流。

#### 四、活动准备

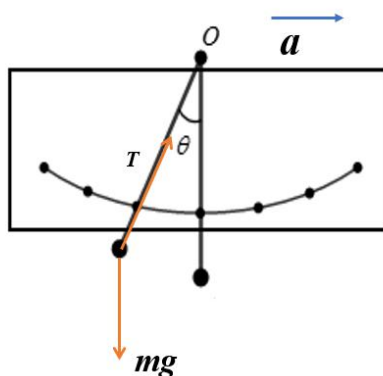
由加速度的定义以及牛顿第二定律，确定测量原理。准备相关的实验器材，如摆球、摆线、电子天平、弹簧测力计、重物、各种配件等。

#### 五、活动过程

##### 1. 设计实验方案

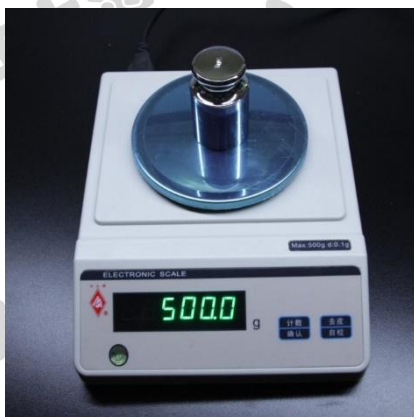
##### 参考方案一

利用摆球测量地铁加速度。如图所示，制作一个支架，将摆球悬挂于支架顶部  $O$  点，水平放置该装置于交通工具中，当小球相对静止时，根据牛顿第二定律可以计算出小球加速度  $a=g\tan\theta$ ，由于相对静止，车子的加速度与小球加速度相等。在以悬点为圆心的角度刻盘上按照公式  $a=g\tan\theta$  标出相应角度对应的加速度值 ( $g=10\text{m/s}^2$ )，例如  $\theta=0^\circ$  时， $a=0$ ； $\theta=30^\circ$  时， $a=5\text{m/s}^2$  等等，因此在稳定时可以直接读出加速度的值。



### 参考方案二

利用电子天平和重物测量电梯加速度。如图所示，利用超重和失重时，电子秤对重物的支持力会变大和变小，根据牛顿运动定律可以计算出加速度与力的定量关系，设支持力为  $N$ ，重物质量为  $m$ ，电梯加速度为  $a$ ，若以竖直向上为正方向，则由  $N - mg = ma$ ，得  $a = \frac{N}{m} - g$ 。若要从电子秤直接读出加速度，可以在放上重物后，利用去皮功能对电子秤调零，重物的质量精确控制为  $100\text{g}$ ，电子秤及重物组成了电梯加速度计。将整个装置放置于电梯地板，调零后启动电梯，此时电子秤显示的数值就是电梯加速度的值，如显示  $100\text{g}$ ，则加速度为  $10\text{m/s}^2$ ，如显示为  $-100\text{g}$ ，则加速度为  $-10\text{m/s}^2$ 。



### 参考方案三

利用手机自带的加速度传感器测量瞬时加速度。加速度传感器是一种能够测量加速度的传感器。通常由质量块、阻尼器、弹性元件、敏感元件和适调电路等部分组成。传感器在加速过程中，通过对质量块所受力的测量，利用牛顿第二定律获得加速度值。根据传感器敏感元件的不同，常见的加速度传感器包括电容式、电感式、应变式、压阻式、压电式等。方案二中的电子秤实质上就是应变式加速度传感器。由于智能手机中往往内置加速度传感器，因此只需要安装开源的 `phyphox` 应用程序，点击加速度（不含  $g$ ）选项，立即可以通过图标或者数值的显示方式实时测量加速度。



#### 参考方案四

利用开源硬件 ESP32 以及加速度传感器 ADXL345 实时测量加速度, 并通过蓝牙连接手机, 利用 phyphox 应用程序, 以图表或者数值的形式实时显示加速度。

2. 制作加速度计的使用说明, 尤其要说明该加速度计的使用条件。

例如参考方案一, 不能测量竖直方向的加速度, 因此不能用来测量电梯的加速度。并且由于达到稳定状态需要时间, 因此加速度变化不能太快。

参考方案二, 不能测量水平方向的加速度, 因此不能用来测量汽车的加速度。由于电子秤本身具有量程, 因此可以测量的加速度也有范围, 以量程为 1000g 的电子秤为例, 所放重物为 100g, 则加速度数值( $\text{m/s}^2$ )电子秤读数除以 10, 则加速度测量范围为  $-10\text{m/s}^2$  到  $100\text{m/s}^2$ , 向下的加速度不能超过重力加速度, 否则重物将处于自由落体状态。

参考方案三与四, 可以测量任意方向的加速度分量。测量量程取决于加速度传感器的量程。

3. 实地测量汽车和电梯的加速度。尽可能准确地记录, 汽车或电梯某段运动过程的加速度与时间的关系。

4. 根据实测结果调整, 改进或改变加速度计的设计和制作, 并重新测量。

5. 交流。展示实物, 阐述所制作加速度计的优缺点以及制作心得。

## 六、活动要点

这是一个制作类的活动, 要根据已有知识, 并考虑实际可行性, 制作一个实时动态显示加速度的装置。若采用类似方案一的原理时, 不能测量竖直方向的加速度, 并且需要较长的稳定时间, 因此在实际测量中, 如果加速度变化较快, 就会遇到一些问题。而采用类似方案二的原理时, 不能测量水平方向加速度, 而且由于可能处于完全失重状态, 在测量向下的加速度时不能超过一个重力加速度。方案三虽然可以直接动态测量加速度, 但是手机本身即是传感器又是显示器, 由于手机不能动, 因此读取数据时不会很方便。方案四并不要求手机固定, 只需要固定加速度传感器即可, 手机可以手持并进行操作与切换, 通过蓝牙将加速度传感器的数据发送至手机端, 实时显示各方向的加速度。

## 七、活动建议

本活动可以安排在学完牛顿运动定律这章内容之后。以小组为单位，要完成方案的原理设计、具体制作，以及交流介绍与实物展示。

要制作加速度计，必须要知道物体运动的加速度与物体受力的关系，深刻理解牛顿运动定律。由于加速度并不是能够直接测量的物理量，我们需要根据牛顿第二定律，通过测量质量和合外力间接得到加速度。

根据自己设计的加速度计的原理，从原理上推理出该仪器的使用条件。

活动要求能从加速度计上动态读出加速度大小，因此需要根据原理计算并处理后才能做到这一点。

在加速度计的制作过程中，必定会遇到一些实际的问题，要根据实际遇到的问题，对仪器做出相应改进和调整。

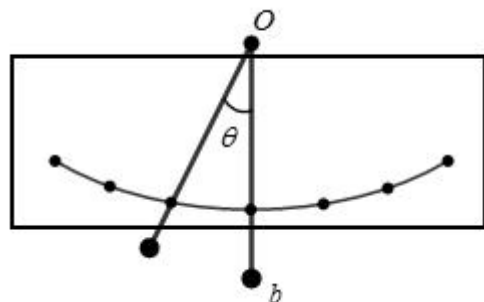
教师及学生可以通过对整个活动过程依照以下的物理核心素养评价指标的量表进行评价。

表 1.评价量表

学期活动	评价指标	表现标准	表现水平	
			自评	他评
设计并制作一个能动态显示加速度大小的加速度计	物理观念	知道物体运动的加速度与物体受力的关系，理解牛顿运动定律		
	科学思维	了解加速度产生的原因		
		知道加速度计测量加速度的原理		
		能为加速度计设置刻度		
		能对测量方案提出改进的建议		
	科学探究	能设计出可行的测量方案，测量方案有创意		
		能从加速度计上读出加速度的大小		
		能对测量数据进行验证		
		能清楚地整理出测量方案、测量条件、测量步骤、测量结果等		
		能用规范的物理语言、表格等交流设计、制作和测量的过程		
	科学态度与责任	在合作中尊重他人，帮助他人		
		乐于承担任务，积极投入活动		
		活动过程中坚持实事求是		

## 八、作业设计

1. 如图是一个自制列车加速度计，其构造是：一根轻细杆，下端固定一个金属小球，上端装在光滑的水平轴  $O$  上，杆可在竖直平面内左右摆动，用硬纸板作为刻度盘，放在杆摆动的平面上，并刻上刻度，可以直接读出加速度的大小和方向。硬纸上刻



度线  $b$  在经过  $O$  点的竖直线上，使用时加速度计右端朝列车前进的方向。若列车在水平直铁路上起动的某一时间段内，细轻杆稳定在  $Ob$  连线左侧并与  $Ob$  连线成  $\theta$  角的位置，则该段时间内列车加速度的大小为（ ）

- A.  $g \tan \theta$                       B.  $\frac{g}{\tan \theta}$                       C.  $g \sin \theta$                       D.  $g \cos \theta$

**【答案】**

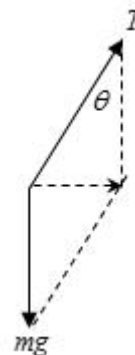
1. A

**【详解】** 小球受重力和细绳的拉力，受力如图

根据牛顿第二定律得： $mg \tan \theta = ma$

得： $a = g \tan \theta$

故选 A。



2021 年上海市高中物理  
(必修一)  
教师实验能力培训课程