## 答案

1. （1） ① 在 方向，因为小球不受力的作用，所以影子做匀速直线运动；

在 方向，因为小球仅受重力的作用，初速度为 ，所以影子做初速度为零的匀加速直线运动。

          ② ；方向与 方向成 角

【解析】如图，此时 方向的影子速度

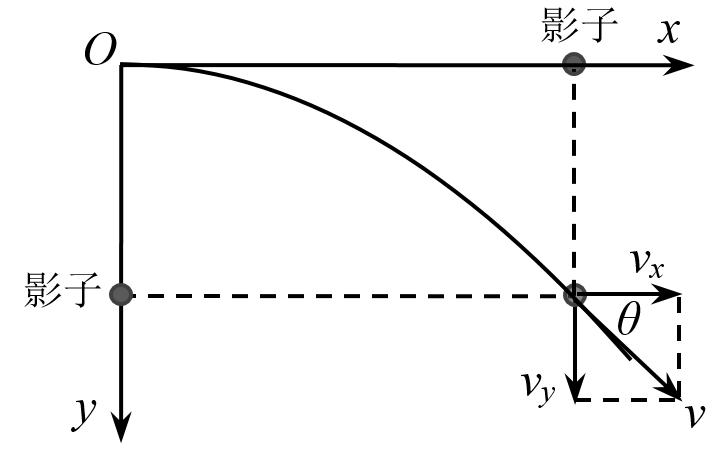
方向的影子速度

小球的速度

代入数据解得

；

速度方向与 方向成 角



    （2） ① 以小球 为研究对象，设它经过平衡位置 时的速度为 ，当它从 运动到最大位移处，根据机械能守恒有 ，由此得 。

由题中实验可知，小球 在 方向上的“影子”的速度时刻与小球 的相等， 经过 点的速度 与 经过最低点的速度相等，即小球 做匀速圆周运动的线速度也为 。小球 振动的周期与小球 做圆周运动的周期相等。

根据圆周运动周期公式，小球 的运动周期

联立 两式得小球 的运动周期

所以小球 的振动周期也为

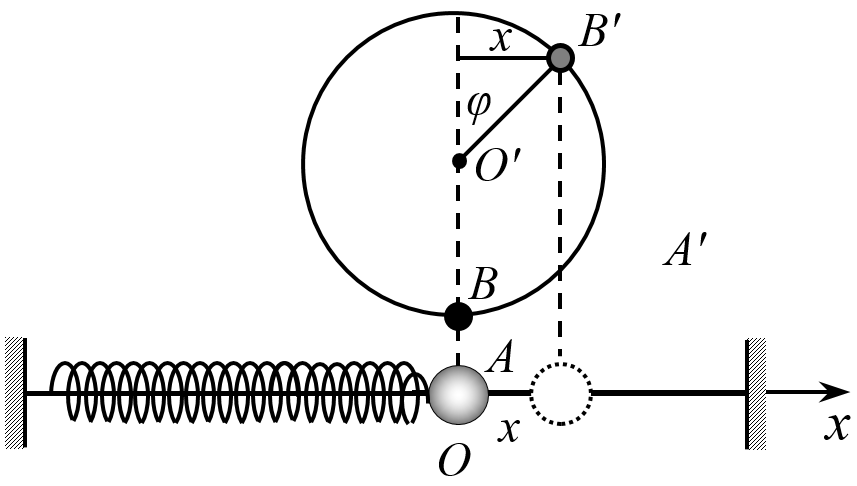
          ② 设小球 做圆周运动的角速度为 。

设小球 从 向右运动、小球 从最高点向右运动开始计时，经过时间 ，小球 与 的连线与竖直方向成 角，小球 在 方向上的位移

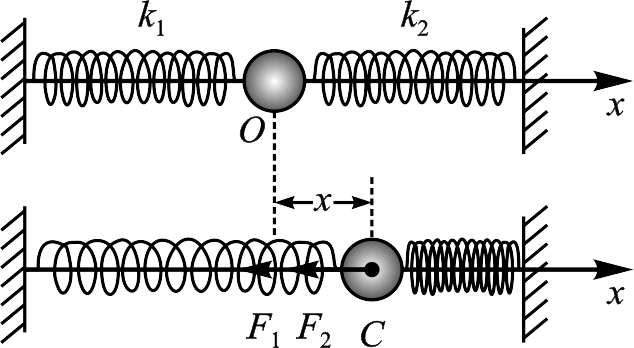
根据 ，联立以上各式得

由题中实验可知 在 方向上的“影子”和 在任何瞬间都重合。

即小球 的位移规律也为 ，其中 、 、 为常量。所以，小球 的运动是简谐运动。



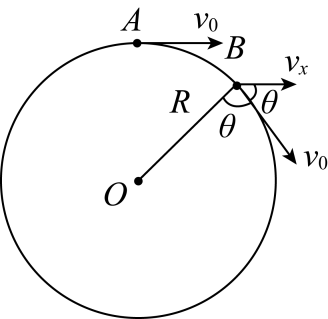
2. （1） 当小球向右运动到任意位置 ，离开 的位移为 ，此时小球受到两个弹力 、 ，方向沿 轴负方向，如图所示。两个力的合力即为小球的回复力，即 其中 为常数，所以 与 成正比。回复力 沿 轴负方向，位移 沿 轴正方向， 与 方向相反。由此证明小球所做的运动是简谐运动；



    （2） 当小球从平衡位置 运动到任意位置 时，设此时小球的速度为 根据能量守恒

整理后得

其中常数 与两个弹簧的劲度系数和小球的质量有关；



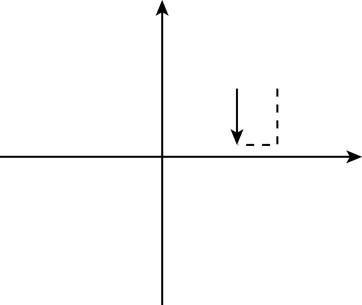
    （3） 质点从 点运动到 点，在 点将速度分解，如图所示。 点速度 沿 正方向，所以 即为 方向上经过平衡位置 点的速度 点速度沿 方向的分量为

点在 方向的投影

将以上两式两边平方并相加

整理后得

因 和 均不变，所以式中 为一常数，常数与小球做匀速圆周运动的速度和半径有关。所以小球在 方向上的分运动符合简谐运动这一特证。



3. （1） ① 见解析

【解析】单摆受力分析

          ② 见解析

【解析】

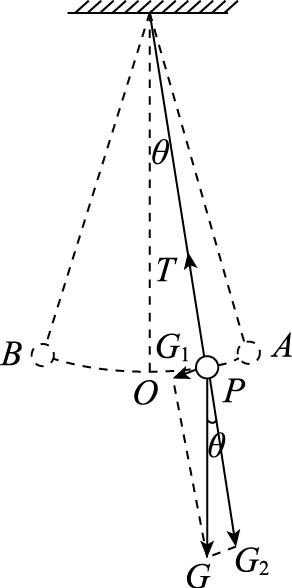
当 很小时， 等于 角对应的弧长与半径的比值

当 很小时，弧长 近似等于弦长，即摆球偏离平衡位置的位移

振动系数

代入简谐运动周期公式：

单摆周期公式：。



    （2） 见解析

【解析】图乙中，摆球受到的重力 、电场力 和摆线拉力 ，与重力场中的单摆类比，等效的“重力”

，

带入单摆周期公式：

图丙中，摆球受到的重力 、洛伦兹力 和摆线拉力 ，与重力场中的单摆类比，洛伦兹力始终沿摆线方向，不产生回复力的效果

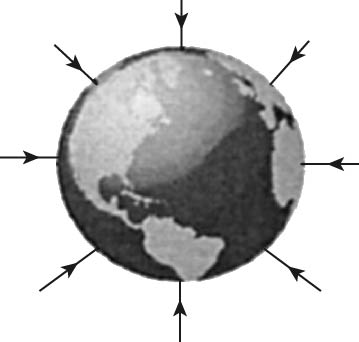
单摆周期与重力场中相同，。

    （3） ① 处在重力场中某点的物体所受的重力与物体质量的比值，叫做该点的重力场强度。用 表示，定义式：

两种场的共同点：

①都是一种看不见的特殊物质；②场强都是矢量，既有大小，又有方向；③两种场力做功都与路径无关，可以引入“势”的概念；④保守力做功的过程，都伴随着一种势能的变化；⑤都可以借助电场线（重力场线）、等势面（等高线）来形象描述场；

          ② 如图为重力场分布情况。

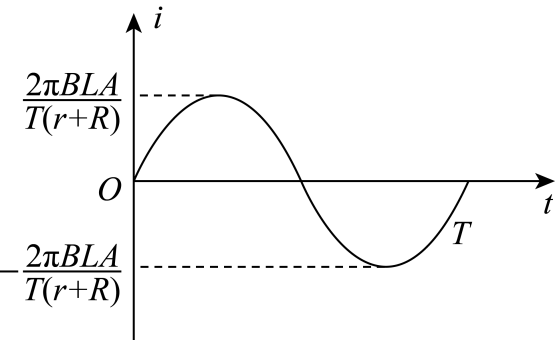


4 （1） ① 小球在 轴方向的速度 、加速度 、合外力 。

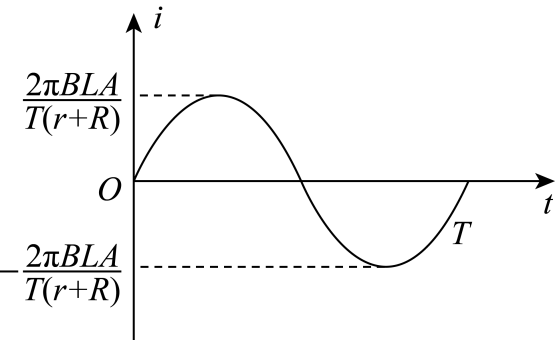
【解析】对匀速圆周运动，线速度 ，向心加速度 ，合外力 。在 轴方向上，有： 、 、 。

          ② ；

【解析】小球在 轴方向上为简谐运动，故 ，所以 。

    （2） ① 

【解析】流过 的电流是正（余）弦交流电。



          ② 。

【解析】将导体棒的运动看作是匀速圆周运动的分运动，可得导体棒切割磁感线的最大速度 ，由 可得：，

电流强度有效值：，

根据焦耳定律可得：，

联立以上各式，得 。

5. （1）

【解析】 与 之间为匀强电场 ，

得：

    （2） ①

【解析】加速运动过程中，经过 处场强最大

由牛顿第二定律：；

得：

          ②

【解析】设 与 之间的电势差为

由动能定理：

得：

设 与 之间的电势差为 ：

设向左运动的最远处距 处的距离为 ，电场强度大小为

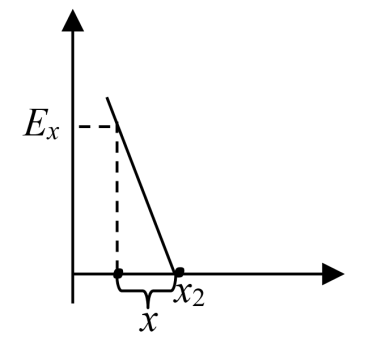
带电小球由位置 处到最远处的过程：

根据动能定理：

得：

所以：

    （3） 如图：



设距 处左侧距离为 处的电场强度大小为

小球在距 处左侧距离为 处所受电场力大小为 ：

由图可知：（ 为常量）

所以：

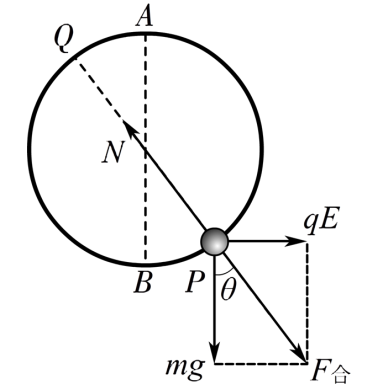
小球在 处左侧所受电场力方向总指向 （向右）

小球在 处左侧相对于 处的位移总背离 （向左）

综上可知：电场力 的大小与 成正比，方向与 方向相反。小球向左的运动是简谐运动的一部分，振动周期与振幅无关，小球从 处向左运动再返回的时间是简谐运动的半个周，因此以 为初速度的时间仍为 。

6. （1） ①

【解析】当小球静止在 点时，小球的受力情况如图所示，



则有

所以

          ② 小球的初速度应大于 。

【解析】当小球做圆周运动时，可以等效为在一个“重力加速度”为 的“重力场”中运动。

若要使小球能做完整的圆周运动，则小球必须能通过图中的 点。

设当小球从 点出发的速度为 时，小球到达 点时速度为零。

在小球从 运动到 的过程中，根据动能定理有

所以

即小球的初速度应大于  。

    （2）

【解析】在圆环运动的过程中，圆环受向下的重力 、水平方向的洛伦兹力 、细杆的弹力 和摩擦力 ，其中 一直与运动方向相反，且摩擦力的大小 。

方法一：

圆环从开始向上运动到回到出发位置的过程中，取竖直向上为正方向，根据动量定理有

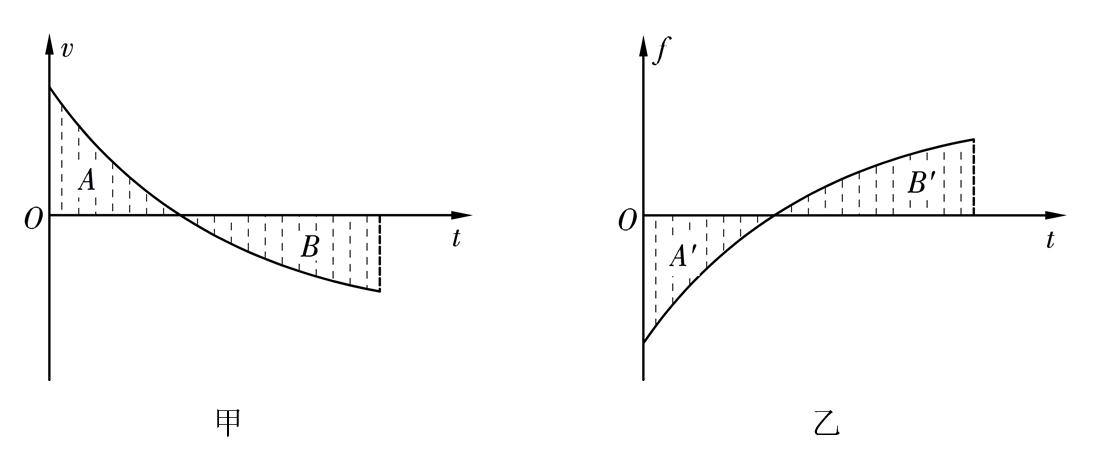
而 ，所以

方法二：

圆环向上运动的过程中做减速运动，加速度 （越来越小）。

圆环向下运动的过程中做加速运动，加速度 （越来越小）。

圆环从开始向上运动到回到出发位置的过程中，其速度 随时间 的变化关系如图甲所示（取竖直向上为正方向），图中图线与 轴所围面积表示圆环在对应时间内通过的路程，而圆环向上运动和向下运动所经位移大小相同，所以图中区域 与区域 面积相等。



在运动过程中，圆环所受摩擦力 ，与v成正比，所以其所受摩擦力 随时间 的变化关系应与图甲相似，但方向相反，如图乙所示，图中区域 与区域 的面积也相等。

而在 图中，图线与 轴所围面积表示对应时间内阻力 的冲量，所以整个过程中 的总冲量 。

在整个过程中，根据动量定理有

所以

7. （1） 或

【解析】若只存在水平向右的匀强电场，带电微粒受到重力、电场力作用，在竖直平面内做匀变速曲线运动。带电微粒沿水平方向的分运动为匀加速直线运动，其加速度

设带电微粒运动到荧光屏处所需时间 ，根据运动学公式有

解得

带电微粒沿竖直方向的分运动为自由落体运动，位移

所以带电微粒打在荧光屏上的位置坐标为 或

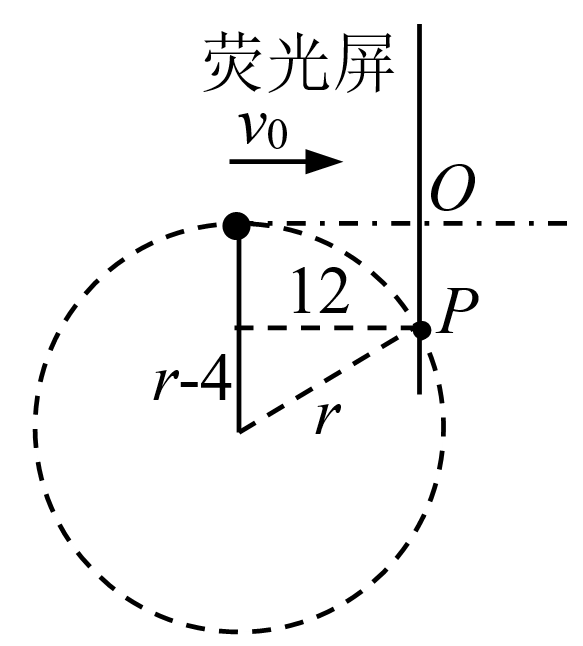
      （2） ①

【解析】当电场与磁场的方向均竖直向上，带电微粒受到重力、电场力、洛仑兹力作用，

带电微粒所受重力大小

方向竖直向下带电微粒所受电场力大小

方向竖直向上洛仑兹力垂直于纸面向外，带电微粒在水平面内做匀速圆周运动，打在荧光屏上的 点，如图所示。



根据几何知识有

解得轨道半径

由牛顿第二定律有

解得磁感应强度

            ② 见解析

【解析】若使带电微粒打在荧光屏的正中央，

方法一：可使电场强度 ，方向竖直向上；磁场方向水平向右（或水平向左）。带电微粒不受洛仑兹力，所受重力与电场力平衡，带电微粒水平向右匀速直线运动到荧光屏。

方法二：可以使电场方向竖直向下，磁场方向垂直于纸面向里，电场强度与磁感应强度的大小满足 关系，带电微粒所受洛仑兹力与重力、电场力的合力平衡，带电微粒水平向右匀速直线运动到荧光屏。

方法三：可以使电场方向竖直向上，磁场方向垂直于纸面向外，电场强度与磁感应强度的大小满足 关系，使带电微粒所受电场力与重力、洛仑兹力的合力平衡，带电微粒水平向右匀速直线运动到荧光屏。

8. （1） ①

【解析】根据万有引力定律和牛顿第二定律有：

解得 。

            ②

【解析】由运动学公式可知，

解得

。

      （2） ① 模型 中，设电子和原子核的速度分别为 对于电子绕核的运动，根据库仑定律和牛顿第二定律有

解得：

模型 中，设电子和原子核的速度分别为 、 ，电子的运动半径为 ，原子核的运动半径为 。根据库仑定律和牛顿第二定律

对电子有：，解得

对于原子核有 ，解得

系统的总动能：

即在这两种模型中，系统的总动能相等。

            ② 模型 中，根据库仑定律和牛顿第二定律有

，解得

模型 中，电子和原子核的周期相同，均为

根据库仑定律和牛顿第二定律

对电子有 解得

对原子核有 解得

因 ，将以上两式代入，可解得

所以有

因为 ，可得 ，所以采用模型 更简单方便。