

做好期中考卷分析 完善期末备考策略——实验部分

北京市第一七一中学教师 苑红霞

期中考试是高三复习中的一个重要节点,通常标志着力学复习告一段落,即将进入电磁学以及期末的总复习。无论成绩是否理想,考生都要认真分析本次考试的试卷,为下一阶段的复习积累经验。

试卷分析绝对不是机械式地听讲评,似懂非懂写一遍正确答案,而是要通过错题分析自己在哪些知识点的落实上欠缺、哪些方法的运用不够灵活、哪些具体的题型没有思路,或者是将一些自己常常在考试中出现的审题问题、粗心问题导致的理解错误或者细节错误等,都分类记录下来,然后给出弥补的措施和方案。比如针对知识点落实欠缺方面的措施,要重新进行相关知识的梳理;梳理知识的过程具体来说就是系统复习,概念、规律要弄清楚,总结要点并记录下来以便定期复习。以下通过几道具体的考题分析提出一些备考策略的建议。

海淀区和朝阳区期中考试实验类题目中都有一个实验考查“验证动量守恒定律”,以下通过相关试题比较两份试卷针对“动量守恒”的深入考查。

【海淀11题(2)】若两球碰撞为弹性碰撞,则OM、OP、ON还应满足ON-OM _____ OP(选填“>”“=”“<”)。

【朝阳16题(3)】某同学在实验中记录了三个落地点对应距离的比值,以下两组数据中可能正确的一组是_____。

- A. OM:OP:ON=1.0:1.3:3.1
- B. OM:OP:ON=1.0:1.5:2.3

这两个问题都是对“弹性碰撞和非弹性碰撞”知识的考查,考生在复习动量章节时研究过一维碰撞的弹性碰撞和非弹性碰撞,从应试角度应该记住了相关的结论:“若弹性碰撞,相对靠近速度(大小)等于相对远离速度(大小);若非弹性碰撞,相对靠近速度大于相对远离速度。”海淀的设问比较直接,而且只考查了弹性碰撞,相对而言比较简单。考生只需要将速度转换为距离即可:ON-OM与OP的比较相当于相对远离速度与相对靠近速度的比较,因此很容易知道是相等的关系。朝阳题目对于弹性碰撞和非弹性碰撞都进行了考查,而且设问又以比值方式呈现,很新颖,难度大,如果考生备考不充分,很难临场发挥。如何才能备考充分呢?考生不仅要针对“验证动量守恒”实验,对于“弹性碰撞和非弹性碰撞”的理论知识也要深入研究、充分复习,因为理论和实验是相辅相成的。下面给出系统梳理实验和碰撞理论知识的案例。

验证动量守恒实验相关考点及拓展问题梳理

1. 给出半径相等的两个小球(不需要测量半径),为什么要求半径相等?

解答:两个小球半径相等为了实现正碰。

2. 为什么可以用水平射程替代水平速度?

解答:小球离开斜槽末端做平抛运动,竖直方向满足 $y = \frac{1}{2}gt^2$,下落高度一定,则运动时间相同;且水平方向满足 $x = vt$,水平位移与平抛初速度成正比。因此可以用水平射程替代水平速度。

3. 为什么调节斜槽末端水平?

解答:保证小球离开斜槽末端做平抛运动,竖直方向满足 $y = \frac{1}{2}gt^2$,下落高度一定,运动时间相同;水平方向满足 $x = vt$,水平位移与平抛初速度成正比。因此可以用水平射程替代水平速度。

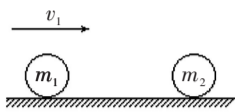
4. 是否要求轨道光滑?

解答:不需要。同一组实验小球从同一个位置由静止释放即可,保证碰撞之前速度相同。

5. 为进一步研究碰撞是否为弹性碰撞,还需要满足什么条件?

解答: $m_1 \cdot OP^2 = m_1 \cdot OM^2 + m_2 \cdot ON^2$ 或者 $OP = ON - OM$

6. 在实验中,为了让A球碰后沿原方向运动,应满足A球的质量 m_1 大于B球的质量 m_2 ,试推理说明。



解答:方法一:质量为 m_1 的小球以速度 v_1 碰撞静止的小球 m_2 ,设碰后速度为 v_1' 、 v_2' 。动量守恒,动能不能增。

$$\begin{cases} m_1 v_1 = m_1 v_1' + m_2 v_2' \\ \frac{1}{2} m_1 v_1^2 \geq \frac{1}{2} m_1 v_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2'^2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow v_1 - 0 \geq v_2' - v_1'$$

(相对靠近速度大于等于相对远离速度,即:恢复系数小于等于1)

$$\Rightarrow v_1' \geq \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_1$$

又: $m_1 > m_2$

碰后A球的运动方向不改变。

方法二:比较法

若发生弹性碰撞,动碰静模型中,大质量碰小质量,碰后A球的运动方向不改变,根据记忆的公式很容易得到。如果不是弹性碰撞,弹性碰撞已经是入射小球改变速度最多的情况,因此若发生非弹性碰撞,碰后A球的运动方向不改变。

方法三:反证法

设碰前A球的动量为 p_0 ,动能为 E_{k0} ,碰后A球的动量为 p_1 ,动能为 E_{k1} ,B球动量为 p_2 ,动能为 E_{k2} 。取碰前A球的运动方向为正方向,根据动量守恒定律有: $p_0 = p_1 + p_2$ 。

假设碰后A球反弹或静止,则 $p_1 \leq 0$,所以 $p_2 \geq p_0$,即 $\sqrt{2m_2 E_{k2}} \geq \sqrt{2m_1 E_{k0}}$ 。又因为 $m_1 > m_2$,所以 $E_{k2} \geq E_{k0}$ 。碰撞过程中损失的机械能 $\Delta E = E_{k0} - E_{k1} - E_{k2} < 0$,不符合实际,假设不成立,即碰后A球的运动方向不改变。

7. 更换弹性不好的材料,小球落点的关系可能是怎样的?

解答:可以设想碰撞非常接近完全非弹性碰撞,那么最前方的落点是入射小球单独落下时的位置;后面两个落点分别是碰撞之后两个小球的。

碰撞理论知识

1. **定义:**两个物体在极短时间内发生相互作用的过程。
2. **特点:**作用时间极短,一般都满足内力远大于外力,系统的动量守恒。

3. **分类:**

方式一:正碰:碰前碰后速度沿一条直线;斜碰:碰前碰后速度不共线。

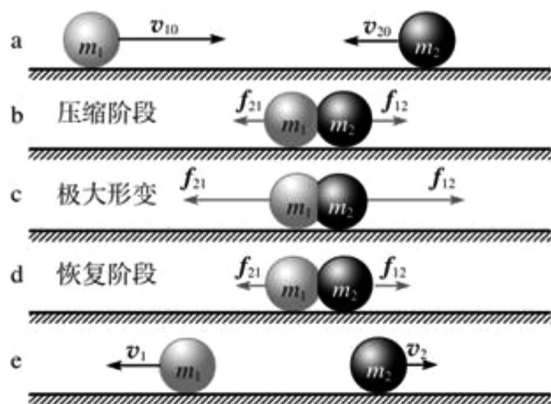
方式二:碰撞又分弹性碰撞、非弹性碰撞、完全非弹性碰撞三种。

一般的碰撞分为压缩阶段和恢复阶段。

4. **正撞研究**

(1) **弹性碰撞**

【例13】设在光滑水平面上,质量为 m_1, m_2 的小球以速度 v_{10}, v_{20} 发生弹性碰撞,碰后速度为 v_1, v_2 。碰撞前后两小球均在同一直线上运动。求 v_1, v_2 的大小。



【答案】

$$v_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_{10} + \frac{2m_2}{m_1 + m_2} v_{20}, v_2 = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} v_{20} + \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_{10}$$

【解析】根据动量守恒定律和机械能守恒定律可得

$$m_1 v_{10} + m_2 v_{20} = m_1 v_1 + m_2 v_2 \quad ①$$

$$\frac{1}{2} m_1 v_{10}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{20}^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 \quad ②$$

把①②变形

$$m_1(v_{10} - v_1) = m_2(v_2 - v_{20}) \quad ③$$

$$m_1(v_{10}^2 - v_1^2) = m_2(v_2^2 - v_{20}^2) \quad ④$$

$$④/③, \text{得到 } v_{10} + v_1 = v_2 + v_{20} \quad ⑤$$

$$\text{此式进一步改写成: } v_{10} - v_{20} = v_2 - v_1 \quad ⑥$$

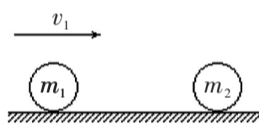
观察表达式,不难发现:⑥式等号左侧是以小球2为参考系小球1相对于2的靠近速度;等号右侧是以小球1为参考系小球2相对于1的远离速度。因此:相对靠近速度等于相对远离速度(大小)是弹性碰撞的重要结论。

联立①⑤,可得 $v_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_{10} + \frac{2m_2}{m_1 + m_2} v_{20}$

$$v_2 = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} v_{20} + \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_{10}$$

结论的记忆方法:把每一个小球当一次入射小球写出“动碰静”弹性碰撞碰后的速度结论,再把此小球当成被碰球写出表达式的第二个部分。

若“一动碰一静”,设:在光滑水平面上,质量为 m_1 的小球以速度 v_1 碰撞静止的小球 m_2 ,为弹性碰撞,碰后速度为 v_1', v_2' 。碰撞前后两小球均在同一直线上运动。求 v_1', v_2' 的大小。



$$\begin{cases} m_1 v_1 + 0 = m_1 v_1' + m_2 v_2' \\ 0 + \frac{1}{2} m_1 v_1^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2'^2 \end{cases}$$

得 $v_1 = v_2' - v_1'$ 相对靠近速度等于相对远离速度(大小)

$$\begin{cases} v_1' = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_1 \\ v_2' = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_1 \end{cases}$$

① $m_1 > m_2$: $v_1' > 0, v_2' > 0$ 碰后两球速度方向相同, $m_1 \gg m_2$: $v_1' = v_1$;

② $m_1 = m_2$: $v_1' = 0, v_2' = v_1$ 碰后两球交换速度;

③ $m_1 < m_2$: $v_1' < 0, v_2' > 0, m_1 \ll m_2$: $v_1' = -v_1$ 。

(2) **非弹性碰撞:**系统动量守恒;动能有损失。

(3) **完全非弹性碰撞:**系统动量守恒,动能损失最大。

完全非弹性碰撞作为碰撞过程的一个特例,它是所有碰撞过程的另一种极端的情况:形变完全不能够恢复;机械能损失达到最大。正因为完全非弹性碰撞具备了“形变完全不能够恢复”,所以在遵从上述的动量守恒定律外,还具有:碰撞双方碰后的速度相等的特征,即 $v_1' = v_2'$ 。

由此即可把完全非弹性碰撞后的速度 v_1' 和 v_2' 表示为 $v_1' = v_2' = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$ 。

(4) **判定碰撞可能性问题的分析思路**

①判定碰撞前后系统动量是否守恒。

②判定碰撞前后动能是否满足 $E_{k'} \leq E_{k0}$ 。关于动能不增的原则也可以用恢复系数来衡量,即:相对远离速度小于等于相对靠近速度。

③判定物理情景是否可行。如追碰后,后球在原方向的速度不可能大于前球的速度。

以上案例是关于碰撞的理论和实验方面的备考方案。对于一轮复习,考生一定要细致和全面,一些实验可以用问题串的方式梳理知识点、考点;理论知识的梳理则注重概念的引入、规律的得出和应用等方面,形式不用拘泥,可以多样。