

(配粤教版)



与普通高中课程

标准实验教科书同步

物理

(选修3-5)

学习指导

广州市中学物理教研会 编

广州出版社

编写说明

高中新课程《物理（选修3-5）学习指导》是根据中华人民共和国教育部制订的《普通高中物理课程标准（实验）》要求，按照广州市地区使用的粤教版《普通高中课程标准实验教科书——物理（选修3-5）》的内容体系编写的，供广州市高二年级学生使用。

本书的编写，吸收了广大教师对《物理（必修）学习指导》的使用意见和实践经验，本书按教科书的章节编写，可以配合学习进度使用。每章节的栏目是围绕“引导学生养成良好的学习习惯，学会科学的思考方法，形成自主学习能力”的宗旨设计的。栏目设有“提出问题”、“学会方法”、“例题示范”、“变式讨论”、“自我测评”、“归纳总结”、“思维拓展”、“章末小结”和“达标练习”等。本书可用作课前的预习指引，也可用作课后的复习检测。教师可以根据教学情况指导学生使用。

参加本书研究和编写的有广州市中学物理教研会林任然、全汉炎、张晓红、熊锦明、何彪、张伟蓉、张艳玲、许覃、吕文彬等骨干教师。

随着对新课程实验的理解不断深入，教学经验的更多积累，我们将继续修订和完善本书的内容，请广大教师和学生提出宝贵的使用意见。在此，我们表示由衷的感谢。

广州市中学物理教研会

目 录

第一章 碰撞与动量守恒 (1)

第一节 物体的碰撞 (1)

第二节 动量 动量守恒定律 (1)

第三节 动量守恒定律在碰撞中的应用 (4)

第四节 反冲运动 (6)

第五节 自然界中的守恒定律 (8)

章末小结 (13)

达标练习(A 卷) (13)

达标练习(B 卷) (15)

第二章 波粒二象性 (18)

第一节 光电效应 (18)

第二节 光子 (20)

第三节 康普顿效应及其解释 (23)

第四节 光的波粒二象性 (25)

第五节 德布罗意波 (28)

章末小结 (30)

达标练习(A 卷) (30)

达标练习(B 卷) (32)

第三章 原子结构之谜 (34)

第一节 敲开原子的大门 (34)

第二节 原子的结构 (36)

第三节 氢原子光谱 (37)

第四节 原子的能级结构 (38)

章末小结 (40)

达标练习(A 卷) (41)

达标练习(B 卷) (43)

第四章 原子核 (46)

第一节 走进原子核 (46)

第二节 核衰变与核反应方程 (47)

第三节 放射性同位素 (49)

第四节 核力与结合能 (51)

第五节 裂变和聚变 (53)

第六节 核能利用 (56)

第七节 小粒子与大宇宙 (58)

章末小结 (60)

达标练习(A 卷) (60)

达标练习(B 卷) (62)

学段达标练习(A 卷) (65)

学段达标练习(B 卷) (68)

参考答案 (71)

第一章 碰撞与动量守恒

第一节 物体的碰撞

第二节 动量 动量守恒定律

【提出问题】

提出问题是思考能力发展的第一步，本栏目希望你把学习过程中提出的问题记录下来，形成思考力的成长轨迹。如果你暂时提不出问题，可以把老师，同学在课堂上的提问记录下来，看看别人是怎样提问的，提高自己的提问能力。

【学会方法】

1. 冲量是力对时间的累积，是过程量；动量是物体机械运动量的量度，是状态量。动量定理表明了力对时间的累积效果是使物体的动量发生改变。物体在相互作用时物体间有动量传递，但在系统外力的冲量为零时，物体系统的总动量将不改变，即动量守恒。

2. 注重提高分析综合能力和对实际问题进行抽象简化的能力，在处理问题时，必须明确题目所描述的物理过程，弄清物理现象发生的条件，并尽可能地用简洁的语言及数学公式把物理过程、物理条件表达出来，并将题设条件进行合理的抽象和简化。

3. 在应用动量守恒定律时要注意三点：（1）矢量性：一定要先规定正方向，凡是与规定的正方向一致的动量取正值，反向则取负值；（2）瞬时性：只要系统满足动量守恒定律的条件，在物体相互作用的任何一个瞬间，系统的总动量都守恒；（3）相对性：动量的表达与参照系的选择有关，通常以地面为参照系。对于应用动量守恒定律解题则要注意其成立的条件：

（1）物体不受外力作用；

（2）物体受外力作用，但合外力为零；

（3）物体受外力作用，合外力也不为零，但合外力远远小于物体间的相互作用力（即系统内力）；

（4）物体受外力作用，合外力也不为零，但在某一方向上合力为零，则物体在这一方向上动量守恒。

- A. 小车、木块、摆球的速度都发生变化, 分别变为 v_1 、 v_2 、 v_3 , 满足 $(M + m_0)V = Mv_1 + mv_2 + m_0v_3$
- B. 摆球的速度不变, 小车和木块的速度变 v_1 和 v_2 , 满足 $MV = Mv_1 + mv_2$
- C. 摆球的速度不变, 小车和木块的速度都变为 v , 满足 $MV = (M + m)v$
- D. 小车和摆球的速度都变为 v_1 , 木块的速度变为 v_2 , 满足 $(M + m_0)V = (M + m_0)v_1 + mv_2$

6. 一粒钢珠从静止状态开始自由下落, 然后陷入泥潭中. 若把在空中下落的过程称为过程 I, 进入泥潭直到停住的过程称为过程 II, 则 ()

- A. 过程 I 中钢珠动量的改变量等于重力的冲量
- B. 过程 II 中阻力的冲量的大小等于过程 I 中重力冲量的大小
- C. 过程 II 中钢珠克服阻力所做的功等于过程 I 与过程 II 中钢珠所减少的重力势能之和
- D. 过程 II 中损失的机械能等于过程 I 中钢珠所增加的动能

7. 半径相等的两个小球甲和乙, 在光滑水平面上沿同一直线相向运动. 若甲球的质量大于乙球的质量, 碰撞前两球的动能相等, 则碰撞后两球的运动状态可能是 ()

- A. 甲球的速度为零而乙球的速度不为零
- B. 乙球的速度为零而甲球的速度不为零
- C. 两球的速度均不为零
- D. 两球的速度方向均与原方向相反, 两球的动能仍相等

【归纳总结】

本栏目要求你用简洁的文字把本节学习的内容提炼出来, 形成概括能力和良好的学习习惯, 同时, 请你与同学讨论交流, 看看总结是否一致.

【思维拓展】

在纳米技术中需要移动或修补原子, 必须使速率约几百米每秒做热运动的原子几乎静止下来. 且能在一个小的空间区域内停留一段时间, 为此已发明了“激光致冷”的技术. 若把原子和入射光子(光其实是一份一份的, 就像一个一个的弹性小球, 有动量也有能量, 也能和粒子相互作用) 分别类比为一个小车和一个小球, 则“激光致冷”与下述的力学模型很类似. 一辆质量为 m 的小车(一侧固定一轻弹簧), 如图 1-1-1 所示以速度 v_0 水平向右运动, 一个动量大小为 P , 质量可以忽略的小球水平向左射入小车并压缩弹簧至最短, 接着被锁定一段时间 ΔT , 再解除锁定使小球以大小相同的动量 P 水平向右弹出, 紧接着不断重复上述过程, 最终小车将停下来. 设地面和车厢均光滑, 除锁定时间 ΔT 外, 不计小球在小车上运动和弹簧压缩、伸长的时间. 求:

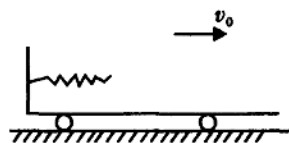


图 1-1-1

- (1) 小球第一次入射后再弹出时, 小车的速度的大小和这一过程中小车动能的减少量;

(2) 从小球第一次入射开始到小车停止运动经历的次数和时间?

第三节 动量守恒定律在碰撞中的应用

【提出问题】

【学会方法】

1. 在处理碰撞问题时,通常要抓住三项基本原则:

- (1) 碰撞过程中动量守恒原则.
- (2) 碰撞后系统动能不增原则.
- (3) 碰撞后运动状态的合理性原则.

碰撞过程的发生应遵循客观实际.如甲物追乙物并发生碰撞,碰前甲的速度必须大于乙的速度,碰后甲的速度必须小于、等于乙的速度或甲反向运动.

2. 处理“碰撞”类问题思路方法



解决“碰撞”问题大致分两类方法,即数学方法(如函数极值法、图像法等)和物理方法(参照物变换法、守恒法等).

说明:广义上的碰撞,物体间的相互作用力可以是弹力、分子力、电磁力、核力等,因此,碰撞可以是宏观物体间的碰撞,也可以是微观粒子间的碰撞.拓宽后的碰撞,除较长时间的碰撞题型外,还有非接触型碰撞和非弹力作用的碰撞.

【例题解析】

在原子核物理中,研究核子与核关联的最有效途径是“双电荷交换反应”.这类反应的前半部分过程和下述力学模型类似.两个小球A和B用轻质弹簧相连,在光滑的水平直轨道上处于静止状态.在它们左边有一垂直于轨道的固定挡板P,右边有一小球C沿轨道以速度 v_0 射向B球,如图1-3-1所示.C与B发生碰撞并立即结成一个整体D.在它们继续向左运动的过程中,当弹簧长度变到最短时,长度突然被锁定,不再改变.然后,A球与挡板P发生碰撞,碰后A、D都静止不动,A与P接触而不粘连.过一段时间,突然解除锁定(锁定及解除定均无机械能损失).已知A、B、C三球的质量均为 m .

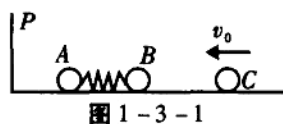


图 1-3-1

(1) 求弹簧长度刚被锁定后A球的速度.

(2) 求在 A 球离开挡板 P 之后的运动过程中, 弹簧的最大弹性势能.

【解析】(1) 设 C 球与 B 球粘结成 D 时, D 的速度为 v_1 , 由动量守恒有

$$mv_0 = (m + m)v_1$$

当弹簧压至最短时, D 与 A 的速度相等, 设此速度为 v_2 , 由动量守恒有

$$2mv_1 = 3mv_2$$

由上两式得 A 的速度: $v_2 = \frac{1}{3}v_0$

(2) 设弹簧长度被锁定后, 贮存在弹簧中的势能为 E_p , 由能量守恒有

$$\frac{1}{2}(2m)v_1^2 = \frac{1}{2}mv_2^2 + E_p$$

撞击 P 后, A 与 D 的动能都为零, 解除锁定后, 当弹簧刚恢复到自然长度时, 势能全部转变成 D 的动能, 设 D 的速度为 v_3 , 则有:

$$E_p = \frac{1}{2}(2m)v_3^2$$

以后弹簧伸长, A 球离开挡板 P, 并获得速度. 当 A、D 的速度相等时, 弹簧伸至最长. 设此时的速度为 v_4 , 由动量守恒有

$$2mv_3 = 3mv_4$$

当弹簧伸到最长时, 其势能最大, 设此势能为 E_p' , 由能量守恒有

$$\frac{1}{2}(2m)v_3^2 = \frac{1}{2}mv_4^2 + E_p'$$

解以上各式得:

$$E_p' = \frac{1}{36}mv_0^2$$

【自我测评】

1. 把一支枪固定在小车上, 小车放在光滑的水平桌面上. 枪发射出一颗子弹. 对于此过程, 下列说法中正确的有 ()

- A. 枪和子弹组成的系统动量守恒
- B. 枪和车组成的系统动量守恒
- C. 车、枪和子弹组成的系统动量守恒
- D. 车、枪和子弹组成的系统近似动量守恒, 因为子弹和枪筒之间有摩擦力. 且摩擦力的冲量甚小

2. A、B 两球在光滑水平面上沿同一直线、同一方向运动, A 球的动量是 $5\text{kg} \cdot \text{m/s}$, B 球的动量是 $7\text{kg} \cdot \text{m/s}$, 当 A 追上 B 球时发生碰撞, 则碰撞后 A、B 两球的动量的可能值是 ()

- A. $-4\text{kg} \cdot \text{m/s}$, $14\text{kg} \cdot \text{m/s}$
- B. $3\text{kg} \cdot \text{m/s}$, $9\text{kg} \cdot \text{m/s}$
- C. $-5\text{kg} \cdot \text{m/s}$, $17\text{kg} \cdot \text{m/s}$
- D. $6\text{kg} \cdot \text{m/s}$, $6\text{kg} \cdot \text{m/s}$

3. 矩形滑块由不同材料的上下两层粘结在一起组成, 将其放在光滑的水平面上. 质量为 m 的子弹以速度 v 水平射向滑块, 若射击上层, 则子弹恰好不射出; 若射击下层, 则子弹整个儿恰好嵌入, 则上述两种情况相比较 ()

- A. 两次子弹对滑块做的功一样多

- B. 两次滑块所受冲量一样大
 C. 子弹嵌入下层过程中, 系统产生的热量较多
 D. 子弹击中上层过程中, 系统产生的热量较多

4. 如图1-3-2所示, 质量分别为 m 和 $2m$ 的 A 、 B 两个木块间用轻弹簧相连, 放在光滑水平面上, A 靠紧竖直墙. 用水平力 F 将 B 向左压, 使弹簧被压缩一定长度, 静止后弹簧储存的弹性

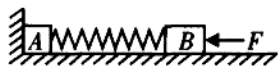


图1-3-2

势能为 E . 这时突然撤去 F , 关于 A 、 B 和弹簧组成的系统, 下列说法中正确的是 ()

- A. 撤去 F 后, 系统动量守恒, 机械能守恒
 B. 撤去 F 后, A 离开竖直墙前, 系统动量不守恒, 机械能守恒
 C. 撤去 F 后, A 离开竖直墙后, 弹簧的弹性势能最大值为 E
 D. 撤去 F 后, A 离开竖直墙后, 弹簧的弹性势能最大值为 $E/3$

5. 图1-3-3中带光滑圆弧槽的小车质量为 m , 放在光滑水平面上, 一质量也是 m 的铁块以速度 v 沿水平轨道向上滑去, 至某一高度后再向下返回, 则铁块回到小车右端时将 ()

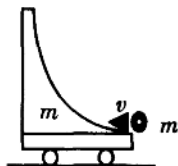


图1-3-3

- A. 以速度 v 作平抛运动
 B. 以小于 v 的速度作平抛运动
 C. 自由下落
 D. 静止于车上

【归纳总结】

【思维拓展】

据报道, 一辆轿车高速强行超车时, 与迎面驶来的另一辆轿车相撞, 两车相撞后连为一体, 两车身因碰撞挤压, 皆缩短了约 0.5m , 据测算相撞时两车速均约 108km/h , 试求: 碰撞过程中车内质量是 60kg 的人受到的平均冲击力约为多大? (运算过程及结果均保留两位有效数字.)

第四节 反冲运动

【提出问题】

【学会方法】

反冲运动：当一个物体向某一方向射出（或抛出）它的一部分时，这个物体的剩余部分将向相反方向运动。

(1) 反冲运动是相互作用的物体之间的作用力与反作用力产生的效果；

(2) 反冲运动的过程中，如果合外力为零或外力的作用远小于物体间的相互作用力，可利用动量守恒定律来处理；

(3) 研究反冲运动的目的是找反冲速度的规律，求反冲速度的关键是确定相互作用的物体系和其中各物体对地的运动状态。

【例题解析】

火箭发射前的总质量为 M ，燃料燃尽后的质量为 m ，火箭燃气的喷射速度为 v_1 ，求燃料燃尽后火箭的飞行速度 v 为多大？

【解析】在火箭发射过程中，由于内力远大于外力，所以动量守恒。

发射前的总动量为 0，发射后的总动量为 $(M-m)v_1 - mv$ （以火箭的速度方向为正方向）

$$\text{则：} (M-m)v_1 - mv = 0$$

$$\therefore v = \left(\frac{M}{m} - 1\right)v_1$$

燃料燃尽时火箭获得的最终速度由喷气速度及质量比 $\frac{M}{m}$ 决定。

【自我测评】

1. 如图 1-4-1 所示，滑槽 M_1 与滑块 M_2 紧靠在一起，静止于光滑水平面上，小球 m 从 M_1 的右上方无初速地下滑，当 m 滑到左方最高处时， M_1 将（ ）

A. 静止

B. 向左运动

C. 向右运动

D. 无法确定

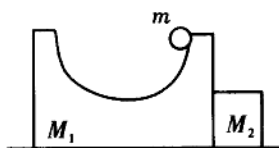


图 1-4-1

2. 如图 1-4-2 所示，物体 A 与物体 B 的质量均为 m ，物体 B 上挂一质量为 $\frac{m}{4}$ 的小球

C. A 与 B 在光滑的水平面上均以 $v = 1.8\text{m/s}$ 的速度相向运动，碰撞后 A、B 粘连在一起，碰撞时间极短，则 C 球在碰撞后达到最高点时的速度为（ ）

A. 0

B. 0.2m/s

C. 0.4m/s

D. 0.6m/s

3. 假设一小型宇宙飞船沿人造地球卫星的轨道在高空中做匀速圆周运动，如果飞船沿与其速度相反的方向抛出一个物体 A，则下列说法正确的是（ ）

A. A 与飞船都可能按原轨道运动

B. A 与飞船不可能都按原轨道运动

C. A 运行的轨道半径若减小，则飞船运行的轨道半径一定增加

D. A 可能沿地球半径方向竖直下落，而飞船运行的轨道半径将增大

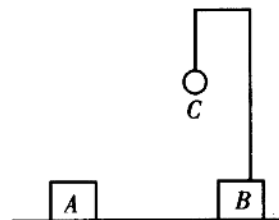


图 1-4-2

4. 一静止的质量为 M 的原子核，以相对地的速度 v 放射出一质量为 m 的粒子后，原子

核剩余部分作反冲运动的速度大小为 ()

- A. $\frac{Mv}{m}$ B. $\frac{mv}{M-m}$ C. $\frac{M-m}{m}v$ D. $\frac{M+m}{m}v$

5. 采取下列哪些措施有利于增加喷气式飞机的飞行速度 ()

- A. 使喷出的气体速度增大 B. 使喷出的气体温度更高
C. 使喷出的气体质量更大 D. 使喷出的气体密度更小

6. 火箭喷气发动机每次喷出 $m=200\text{g}$ 的气体, 喷出气体相对地的速度 $v=1000\text{m/s}$, 设火箭初质量 $M=300\text{kg}$, 发动机每秒喷气 20 次, 在不考虑地球引力及空气阻力的情况下, 火箭发射 1 秒末的速度是 ()

- A. 13.6m/s B. 14.6m/s C. 15.6m/s D. 16.6m/s

【归纳总结】

【思维拓展】

质量为 4t 的火箭, 其喷出气体对地的速度为 500m/s , 它至少每秒喷出质量为多少的气体, 才能开始上升? 如果要以 2m/s^2 的加速度上升, 则每秒应喷出多少气体? 火箭上升后, 由于继续喷气, 火箭质量将逐渐变小, 如果喷气对地速度保持不变, 要维持不变的上升加速度, 则每秒喷出的气体的质量应如何变化? (g 取 10m/s^2)

第五节 自然界中的守恒定律

【提出问题】

【学会方法】

能量守恒: 能量是物理学中最重要的物理量之一, 而且具有多种多样的形式, 各种形式的能量可以相互转化但总能量不变.

动量守恒: 动量守恒定律通常是对相互作用的物体所构成的系统而言的. 适用于任何形式的运动, 因此常用在系统发生作用前后运动状态的变化.

物理学中各种各样的守恒定律, 本质上就是某种物理量保持不变. 守恒定律其实正是自

自然界和谐统一规律的体现。

所谓对称,其本质也是具有某种不变性.物理规律的每一种对称性(即不变性)通常都相应于一种守恒定律.对称和守恒这两个重要概念是紧密地联系在一起的.

能量与物质运动的状态相对应,在物体间发生相互作用的过程中,物体的运动状态通常要发生变化,所以物体的能量一般也要发生转化,而能量的转化一般要通过做功来实现,这就是常说的“功是能量转化的量度”的物理本质.多年来能量问题一直在高考中占有非常重要的地位.要解答能量类题目常用到下面的原理:

1. 物体所做的总功等于物体动能的增量,即 $W_{\text{总}} = \Delta E_K$ (动能定理)
2. 重力(或弹簧弹力)对物体所做的功等于物体重力势能(或弹性势能)增量的负值,即 $W_{\text{重}} = -\Delta E_P$.
3. 电场力对电荷所做的功等于电荷电势能增量的负值,即 $W_{\text{电}} = -\Delta E_{\text{电}}$.
4. 除重力(或弹簧弹力)以外的力对物体所做的功等于物体机械能的增量,即 $W_{\text{其它}} = \Delta E_{\text{机}}$ (功能原理)
5. 当除重力(或弹簧弹力)以外的力对物体所做的功为零时,有 $\Delta E_{\text{机}} = 0$,即机械能守恒.
6. 一对滑动摩擦力做功与内能变化的关系是:“摩擦所产生的热”等于滑动摩擦力跟物体间相对路程的乘积,即 $Q = fd_{\text{相对}}$. 一对滑动摩擦力所做的功的代数和总是负值,它表示除了有机能在两个物体间转移以外,还有一部分机械能转化为内能,这就是“摩擦生热”的实质.

7. 安培力做功对应着电能与其他形式的能相互转化,即 $W_{\text{安}} = \Delta E_{\text{电}}$.

安培力做正功,对应着电能转化为其他能(如电动机模型);克服安培力做功,对应着其他能转化为电能(如发电机模型);且安培力做功的绝对值,等于电能转化的量值.

8. 能量转化和守恒定律. 对于所有参与相互作用的物体所组成的系统,其每一个物体的能量的数值及形式都可能发生变化,但系统内所有物体的各种形式能量的总和保持不变.

理解能量转化与守恒定律时应注意(1)某种形式能的减少,一定存在其他形式能的增加,且减少量等于增加量;(2)某个物体能量的减少,一定存在其他物体能量的增加,且减少量等于增加量.

【例题解析】

一、力学中的能量问题

例1. 如图1-5-1所示,在一光滑的水平面上有两块相同的木板B和C,重物A(视为质点)位于B的右端,A、B、C的质量相等,现A和B以同一速度滑向静止的C,B与C发生正碰.碰后B和C



图1-5-1

粘在一起运动,A在C上滑行,A与C有摩擦力.已知A刚好滑到C的右端而未掉下.试问:从B、C发生正碰到A移至C的右端期间,C所走过的距离是C板长度的多少倍?

【解析】设A、B、C的质量均为 m . 碰撞前A与B的共同速度为 v_0 ,碰撞后B与C的共同速度为 v_1 . 因碰撞前后A的速度不变,对B、C,由动量守恒定律得 $mv_0 = 2mv_1$

设A滑至C的右端时,三者共同速度为 v_2 . 对A、B、C,由动量守恒定律得 $2mv_1 + mv_0 = 3mv_2$

设 A 与 C 间的动摩擦因数为 μ , 从发生碰撞到 A 移至 C 的右端时, C 所走过的距离为 s , 对 B 、 C , 由动能定理得 $\mu mgs = \frac{(2m)v_2^2}{2} - \frac{(2m)v_1^2}{2}$

设 C 的长度为 l , 对 A 由动能定理有 $\mu mg(s+l) = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2}$

联立解得 $\frac{s}{l} = \frac{7}{3}$

二、热学中的能量问题

例2. 如图1-5-2所示, 密闭绝热容器内有一绝热的具有一定质量的活塞, 活塞的上部封闭着气体, 下部为真空, 活塞与器壁的摩擦忽略不计. 置于真空中的轻弹簧的一端固定于容器的底部, 另一端固定在活塞上. 弹簧被压缩后用绳扎紧, 此时弹簧的弹性势能为 E_p (弹簧处在自然长度时的弹性势能为零). 现绳突然断开, 弹簧推动活塞向上运动, 经过多次往复运动后活塞静止, 气体达到平衡态. 经过此过程 ()

- A. E_p 全部转换为气体的内能
- B. E_p 一部分转换成活塞的重力势能, 其余部分仍为弹簧的弹性势能
- C. E_p 全部转换成活塞的重力势能和气体的内能
- D. E_p 一部分转换成活塞的重力势能, 一部分转换为气体的内能, 其余部分仍为弹簧的弹性势能

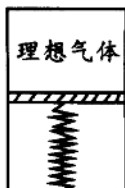


图1-5-2

【解析】因开始弹簧处于压缩状态, 断开绳后经过多次往复运动后活塞静止, 气体达到平衡, 此时活塞的位置一定高于初始位置. 因能量的转化只能是弹簧的弹性势能. 活塞的重力势能及气体的内能. 根据能量守恒可得弹簧的弹性势能的减少转化为活塞的重力势能及气体的内能. 弹簧静止后, 由于气体压强及活塞重力而有一定程度压缩, 具有一部分弹性势能, 故选择D答案.

【答案】D.

三、电学中的能量问题

例3. 一平行板电容器的电容为 C , 两板间的距离为 d , 上板带正电, 电荷量为 Q , 下板带负电, 电荷量也为 Q , 它们产生的电场在很远处的电势为零. 两个带异号电荷的小球用一绝缘刚性杆相连, 小球的电荷量都为 q , 杆长为 l , 且 $l < d$. 现将它们从很远处移到电容器内两板

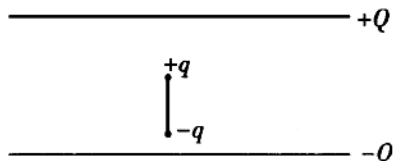


图1-5-3

之间, 处于图1-5-3所示的静止状态 (杆与板面垂直), 在此过程中电场力对两个小球所做的总功的大小等于多少? (设两球移动过程中极板上电荷分布情况不变) ()

- A. Qlq/Cd
- B. 0
- C. $Qq(d-l)/Cd$
- D. Clq/Qd

【解析】将两个带异号电荷的小球从无穷远电势为零处移到电容器内两板之间, 电场力对两个小球所做的功的均等于它们电势能的变化.

$$\begin{aligned} \text{即 } W &= |E| = |E_1 + E_2| \\ &= |q(0 - \varphi_1) + (-q)(0 - \varphi_2)| \\ &= |q(\varphi_2 - \varphi_1)| \\ &= |q\Delta U| \end{aligned}$$

而 $\Delta U = Ql/Cd$ 得 $W = Qlq/Cd$, 故A选项正确.

四、磁学中的能量问题

例4. 如图1-5-4所示, 水平的平行虚线间距为 $d = 50\text{cm}$, 其间有 $B = 1.0\text{T}$ 的匀强磁场. 一个正方形线圈边长为 $l = 10\text{cm}$, 线圈质量 $m = 100\text{g}$, 电阻为 $R = 0.020\Omega$. 开始时, 线圈的下边缘到磁场上边缘的距离为 $h = 80\text{cm}$. 将线圈由静止释放, 其下边缘刚进入磁场和刚穿出磁场时的速度相等. 取 $g = 10\text{m/s}^2$, 求: (1) 线圈进入磁场过程中产生的电热 Q .

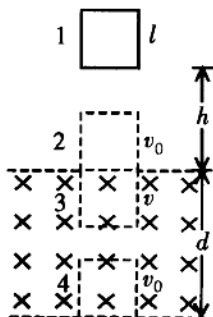


图1-5-4

(2) 线圈下边缘穿越磁场过程中的最小速度 v .

【解析】(1) 由于线圈完全处于磁场中时不产生电热, 所以线圈进入磁场过程中产生的电热 Q 就是线圈从图中2位置到4位置产生的电热, 而2、4位置动能相同, 由能量守恒 $Q = mgd = 0.50\text{J}$

(2) 3位置时线圈速度一定最小, 而线圈从1位置到2位置和3位置到4位置的过程中, 只有重力做功, 由机械能守恒定律得 $v_0^2 = 2gh$, 有 $v_0^2 - v^2 = 2g(d-l)$, 得 $v = 2\sqrt{2}\text{m/s}$

【自我测评】

1. 太阳放出的大量中微子向地球飞来, 但实验测出的数目只有理论值的三分之一, 三分之二的中微子失踪之谜, 一直困扰着科学家, 后来科学家发现中微子在向地球传播的过程中衰变为一个 μ 子和一个 τ 子, 若在衰变中发现 μ 子速度方向与中微子原来的方向一致, 则 τ 子的运动方向 ()

- A. 可能与 μ 子同方向
- B. 可能与 μ 子反方向
- C. 不一定与 μ 子在同一条直线上
- D. 一定与 μ 子在同一条直线上

2. 文艺复兴时期意大利的达·芬奇 (Leonardo da Vinci, 1452-1519) 设计如图1-5-5所示的装置. 他设计时认为, 在轮子转动过程中, 右边的小球总比左边的小球离轮心更远些, 在两边不平衡的力矩作用下会使轮子沿箭头方向转动不息, 而且可以不断地向外输出能量. 但实验结果却是否定的. 达·芬奇敏锐地由此得出结论: 永动机是不可能实现的. 下列有关的说法中正确的是 ()

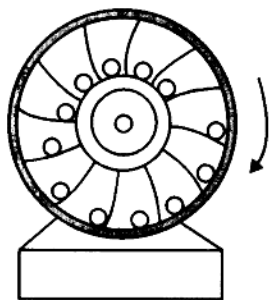


图1-5-5

- A. 如果没有摩擦力和空气阻力, 该装置中就能永不停息地转动, 并在不消耗能量的同时不断地对外做功
- B. 如果没有摩擦力和空气阻力, 忽略碰撞中能量的损耗, 并给它一个初速度就能永不停息地转动, 但在不消耗能量的同时, 并不能对外做功
- C. 右边所有小球施加于轮子的动力矩并不大于左边所有小球施于轮子的阻力矩, 所以不可能在不消耗能量的同时, 不断地对外做功
- D. 在现代科学技术比较发达的今天, 这种装置可以实现它永不停息的转动, 在不消耗其它能量的基础上, 而且还能源源不断地对外做功

3. 有一种硬气功表演, 表演者平卧地面, 将一大石板置于他的身体上, 另一人将重锤

举到高处并砸向石板, 假设重锤与石板撞击后二者具有相同的速度, 石板被砸碎, 而表演者却安然无恙, 但表演者在表演时总是尽量挑选质量较大的石板. 对这一现象, 下列说法中正确的是 ()

- A. 重锤在与石板撞击过程中, 重锤与石板的总机械能守恒
- B. 石板的质量越大, 石板获得的动量就越小
- C. 石板的质量越大, 石板所受到的打击力就越小
- D. 石板的质量越大, 石板获得的速度就越小

4. 假设 NaCl 蒸气中存在由钠离子 Na^+ 和氯离子 Cl^- 靠静电相互作用构成的单个氯化钠 NaCl 分子, 若取 Na^+ 与 Cl^- 相距无限远时其电势能为零, 一个 NaCl 分子的电势能为 -6.1eV , 已知使一个中性钠原子 Na 最外层的电子脱离钠原子而形成钠离子 Na^+ 所需的能量 (电离能) 为 5.1eV , 使一个中性氯原子 Cl 结合一个电子形成氯离子 Cl^- 所放出的能量 (亲和能) 为 4.8eV , 由此可算出, 在将一个 NaCl 分子分解成彼此远离的中性钠原子 Na 和中性氯原子 Cl 的过程中, 外界供给的总能量等于 _____ eV.

5. 一质量为 M 的长木板静止在光滑水平桌面上. 一质量为 m 的小滑块以水平速度 v_0 从长木板的一端开始在木板上滑动, 直到离开木板. 滑块刚离开木板时的速度为 $v_0/3$. 若把该木板固定在水平桌面上, 其它条件相同, 求滑块离开木板时的速度 v .

【归纳总结】

【思维拓展】

利用空间探测器可对地球及其他天体进行探测, 若探测器从极远处迎面飞向行星, 探测器从行星旁绕过时, 由于行星的引力作用, 使探测器的运动速率增大, 这种现象称之为“弹弓效应”, 在航天技术中“弹弓效应”是用来增大人造天体运动速率的一种有效方法. 以太阳为参考系, 质量为 m 的探测器以速率 v_0 飞向质量为 M 的行星, 此时行星的速率为 u_0 , 方向与 v_0 相反. 当探测器绕过行星远离行星到极远处, 速率为 v , 此时行星的速率为 u , v 和 u 的方向相同, 由于 $m \ll M$, v_0 、 v 、 u_0 、 u 的方向可视为相互平行, 运动过程中动量守恒, 动能也守恒.

(1) 在 $m \ll M$ 的条件下, 写出用 v_0 、 u_0 表示探测器离行星极远处的速率 v ;

(2) 若上述行星是质量为 $M = 5.67 \times 10^{26}\text{kg}$ 的土星, 其速率为 $u_0 = 9.6\text{km/s}$, 而探测器的质量 $m = 150\text{kg}$, 迎向土星的速度 $v_0 = 10.4\text{km/s}$, 则由于“弹弓效应”, 该探测器绕过土星后的速率将增为多大?

章末小结

本章内容包括动量和冲量两个基本概念及动量定理、动量守恒定律及能量守恒定律等基本规律. 本章解题要用到的基本规律有:

动量定理: 物体所受外力的总冲量等于其动量增量. $I_{\text{合}} = \Delta P = mv_t - mv_0$

动能定理: 物体所受外力做的总功等于其动能增量. $W_{\text{合}} = \Delta E_k = \frac{1}{2}mv_t^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$

动量守恒条件:

- (1) 系统不受外力或所受合外力为零.
- (2) 系统某方向上不受外力或所受合外力为零, 该方向上系统动量守恒.
- (3) 作用时间极短或内力 $\gg$ 外力, 系统动量近似守恒.

机械能守恒条件: 系统只有重力 (或弹力) 做功.

碰撞问题遵守原则:

- (1) 动量守恒原则.
- (2) 可行性原则. (如: 碰后同向运动, 后物速度一定小于或等于前物速度)

(3) 能量守恒原则. $\frac{P_A^2}{2m_A} + \frac{P_B^2}{2m_B} \geq \frac{P'_A{}^2}{2m_A} + \frac{P'_B{}^2}{2m_B}$

功能关系: 功是能量转化的量度. (力做了多少功就有与其对应的多少能量发生改变)

重力所做的功等于重力势能的减少量. $W_G = -\Delta E_p$

除重力之外的力所做的功等于机械能的增量. $W_{\text{其他}} = \Delta E_{\text{机}}$

达标练习 (A 卷)

一、选择题

1. 在以下几种运动中, 相等的时间内物体的动量变化相等的是 ()
 - A. 匀速圆周运动
 - B. 自由落体运动
 - C. 平抛运动
 - D. 单摆的摆球沿圆弧摆动
2. 关于物体的动量, 下列说法哪些是正确的 ()
 - A. 物体的动量越大, 其惯性越大
 - B. 同一物体的动量越大, 其速度一定越大
 - C. 物体的动量越大, 其受到的作用力一定越大
 - D. 动量的方向一定是沿物体运动的方向
3. 某消防队员从一平台上跳下, 下落 2m 后双脚触地, 接着他用双脚弯曲的方法缓冲, 使自身重心又下降了 0.5m, 后双脚触地, 地面对他双脚的平均作用力估计为 ()
 - A. 自身所受重力的 2 倍
 - B. 自身所受重力的 5 倍
 - C. 自身所受重力的 8 倍
 - D. 自身所受重力的 10 倍
4. 静止在湖面的小船上有两个人分别向相反方向水平抛出质量相同的小球, 甲向左抛, 乙向右抛. 甲先抛, 乙后抛, 抛出后两小球相对岸的速率相等, 则下列说法中正确的是 ()

- A. 两球抛出后, 船往左以一定速度运动, 乙球受到冲量大一些
B. 两球抛出后, 船往右以一定速度运动, 甲球受到的冲量大一些
C. 两球抛出后, 船的速度为零, 甲球受到的冲量大一些
D. 两球抛出后, 船的速度为零, 两球所受到的冲量相等

5. 如图 1-A-1 所示, 质量为 0.5 kg 的小球在距离地面高 20 m 处以一定的初速度向左平抛, 落在以 7.5 m/s 的速度沿光滑水平面向右匀速行驶的敞篷小车中, 车底涂有一层油泥, 车与油泥的总质量为 4 kg , 设小球在落到车底前瞬间速度是 25 m/s , 则当小球与小车相对静止时, 小车的速度是 ()

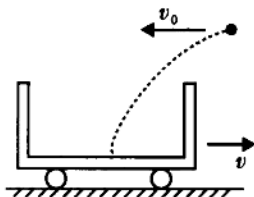


图 1-A-1

- A. 5m/s
B. 4m/s
C. 8.5m/s
D. 9.5m/s

6. 一个质量为 m 的物体做竖直上抛运动, 测得物体从开始抛出到落回抛出点所经历的时间为 t , 若该物体升高的高度为 H , 所受空气阻力的大小恒为 f , 则下列结论正确的是()

- A. 在时间 t 内, 该物体所受重力冲量为零
- B. 在时间 t 内, 上升过程中空气阻力对物体的冲量值小于下落过程中空气阻力对物体的冲量值
- C. 在时间 t 内, 该物体动量增量的数值大于初动量值
- D. 在时间 t 内, 物体机械能的减小量等于 $2H$

二、填空题

7. 以初速度 v_0 竖直上抛一个质量为 m 的小球, 不计空气阻力, 则小球上升到最高点的一半时间内的动量变化为_____, 小球上升到最高点的一半高度内的动量变化为_____ (选竖直向下为正方向).

8. 在光滑水平面上有一静止的物体. 现以水平恒力甲推这一物体, 作用一段时间后, 换成相反方向的水平恒力乙推这一物体. 当恒力乙作用时间与恒力甲作用时间相同时, 物体恰好回到原处, 此时物体的动能为 32 焦, 则在整个过程中, 恒力甲做的功等于_____焦, 恒力乙做的功等于_____焦.

三、计算题

9. 质量为 M 的小物块 A 静止在离地面高 h 的水平桌面的边缘, 质量为 m 的小物块 B 沿桌面向 A 运动并以速度 v_0 与之发生正碰 (碰撞时间极短). 碰后 A 离开桌面, 其落地点离出发点的水平距离为 L . 碰后 B 反向运动. 求 B 后退的距离. 已知 B 与桌面间的动摩擦因数为 μ , 重力加速度为 g . (设 B 不离开桌面)

10. 如图 1-A-2 所示, 一对杂技演员 (都视为质点) 乘秋千 (秋千绳处于水平位置) 从 A 点由静止出发绕 O 点下摆, 当摆到最低点 B 时, 女演员在极短时间内将男演员沿水平方向推出, 然后自己刚好能回到高处 A. 求男演员落地点 C 与 O 点的水平距离 s. 已知男演员质量 m_1 , 和女演员质量 m_2 之比 $\frac{m_1}{m_2} = 2$, 秋千的质量不计, 秋千的摆长为 R , C 点比 O 点低 $5R$.