黄冈精典讲练
高二物理
上册

需要全本请访问 www.ertongbook.

目　录

第八章　动量 …… 1
8.1　冲量和动量 …… 1
8.2　动量定理 …… 11
8.3　动量守恒定律 …… 23
8.4　动量守恒定律的应用 …… 36
8.5　反冲运动　火箭 …… 54
本章总结 …… 65
本章综合测试 …… 70
第九章　机械振动 …… 76
9.1　简谐运动 …… 76
9.2　振幅、周期和频率 …… 89
9.3　简谐运动的图像 …… 102
9.4　单摆 …… 115
*9.5　相位(略) …… 127
9.6　简谐运动的能量　阻尼振动 …… 127
9.7　受迫振动　共振 …… 139
本章总结 …… 149
本章综合测试 …… 156
第十章　机械波 …… 162
10.1　波的形成和传播 …… 162
10.2　波的图像 …… 171
10.3　波长、频率和波速 …… 187
10.4　波的衍射 …… 199
10.5　波的干涉 …… 205
*10.6　驻波(略) …… 216
10.7　多普勒效应 …… 216
10.8　次声波和超声波 …… 224
本章总结 …… 232
本章综合测试 …… 237
期中测试题 …… 243

第十一章　分子热运动　能量守恒 …… 249
11.1　物体是由大量分子组成的 …… 249
11.2　分子的热运动 …… 258
11.3　分子间的相互作用力 …… 264
11.4　物体的内能　热量 …… 272
11.5　热力学第一定律　能量守恒定律 …… 281
11.6　热力学第二定律 …… 289
11.7　能源　环境 …… 289
本章总结 …… 296
本章综合测试 …… 298
第十二章　固体、液体和气体 …… 301
12.8　气体的压强 …… 301
12.9　气体的压强、体积、温度间的关系 …… 311
第十三章　电场 …… 317
13.1　电荷　库仑定律 …… 317
13.2　电场　电场强度 …… 328
13.3　电场线 …… 337
13.4　静电屏蔽 …… 347
13.5　电势差　电势 …… 355
13.6　等势面 …… 365
13.7　电势差与电场强度的关系 …… 371
13.8　电容器的电容 …… 377
13.9　带电粒子在匀强电场中的运动 …… 384
13.10　静电的利用和防止 …… 394
本章总结 …… 395
本章综合测试 …… 398
期末测试题 …… 403

第八章 动 量

8.1 冲量和动量

学法导引

冲量和动量是物理学很重要的概念.要学好本节,首先要通过对一些基本生活现象的分析,来明确力、时间、质量和速度的概念以及为什么还要引入冲量和动量的概念;其次要把握冲量和动量这两个概念的内涵,弄清过程量与状态量的区别,注意区分单个力的冲量与合力的冲量、动量与速度、动量与动能的差别与联系;再次要将数学中平面向量知识运用于物理之中,学会计算一维情况下物体的动量增量.

知识要点精讲

1. 冲量

(1)定义:在物理学中,力 F 和该力作用时间 t 的乘积 Ft 叫做该力的冲量.用符号 I 表示,即 $I = Ft$.

(2)冲量是矢量,冲量的方向是由力的方向决定的.如果力的方向是不变的,则冲量的方向跟力的方向相同;如果力的方向是变化的,则冲量的方向要由下节动量定理来确定.

(3)冲量的单位:牛·秒,符号是 N·s.

(4)冲量是描述力 F 对作用时间 t 的累积效果.

(5)冲量的运算:遵循平行四边形法则.对于恒力的冲量可直接运用公式 $I = Ft$ 计算,对于变力的冲量可用下节的动量定理或图像的办法来求.

2. 动量

(1)定义:在物理学中,物体的质量 m 和速度 v 的乘积 mv 叫做物体的动量.用符号 p 表示,即 $p = mv$.

(2)动量的瞬时性:通常说物体的动量是指物体在某一时刻的动量.计算时应取物体在该时刻的瞬时速度.

(3)动量是矢量.动量的方向与物体的瞬时速度方向相同.

(4)动量的相对性:选择不同的参考系,同一运动物体的动量可能不同,通常情况下,物体的动量都是相对于地面参考系的动量.

(5)动量的单位:kg·m/s.注意:1N·s = 1kg·m/s.

(6)动量与动能的关系:$p = \sqrt{2mE_k}$.

(7)动量的变化:$\Delta p = p_2 - p_1$ p_1 为初动量,p_2 为末动量.如果在一条直线上,则可先设定一个正方向,p_1 和 p_2 反方向与正方向一致的取正值,相反的取负值.运算结果 Δp 是正值,则说明 Δp 的方向与设定的正方向一致;运算结果 Δp 是负值,则说明 Δp 的方向与设定的正方向相反.如果不在一条直线上则要用平行四边形法则进行运算.

思维整合

【重点】 本节重点是正确理解冲量和动量的概念.

【难点】 本节难点表现在动量、冲量以及动量增量的计算都是矢量运算.

【易错点】 $I = Ft$ 中 F 为恒力,易当成变力计算,此外经常易忽略冲量、动量以及动量增量的方向性.

精典例题再现

【解析重点】

例1 有一质量 $m = 2\text{kg}$ 的物体,从倾角 $\theta = 37°$ 的斜面顶端由静止开始滑至底端,历时 2 秒,如图 8 – 1 – 1 所示,设物体与斜面间的动摩擦因数 $\mu = 0.2$,求物体所受的各个力在这段时间内的冲量以及 2 秒末时物体的动量?(取 $g = 10\text{m/s}^2$).

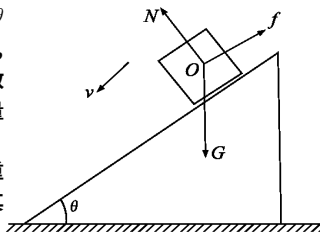


图 8 – 1 – 1

[解析] 物体受三个力作用,它们分别为:重力、支持力和滑动摩擦力,见图 8 – 1 – 1 所示.其中:

重力 $G = mg = 2 \times 10\text{N} = 20\text{N}$,

支持力 $N = mg\cos\theta = 2 \times 10 \times 0.8\text{N} = 16\text{N}$,

滑动摩擦力 $f = \mu N = 0.2 \times 16\text{N} = 3.2\text{N}$.

它们的冲量分别为:

重力的冲量 $I_1 = mgt = 2 \times 10 \times 2\text{N·s} = 40\text{N·s}$,方向竖直向下.

支持力的冲量 $I_2 = Nt = mg\cos\theta \cdot t = 2 \times 10 \times 0.8 \times 2\text{N·s} = 32\text{N·s}$,方向垂直于斜面向上.

摩擦力的冲量 $I_3 = f \cdot t = \mu mg\cos\theta \cdot t = 0.2 \times 2 \times 10 \times 0.8 \times 2\text{N·s} = 6.4\text{N·s}$ 方向沿斜面向上.

需要全本请访问 www.ertongbook.

又由牛顿第二定律有：$a = (mg\sin\theta - \mu mg\cos\theta)/m$　代入数据可以得出 $a = 4.4\text{m/s}^2$.所以 2 秒末物体的速度为：$v = at = 4.4 \times 2\text{m/s} = 8.8\text{m/s}$.

故 2 秒末物体的动量为：$p = mv = 2 \times 8.8\text{kg}\cdot\text{m/s} = 17.6\text{kg}\cdot\text{m/s}$.方向沿斜面向下.

点拨　以上各力都是恒力，故可用定义式 $I = Ft$ 来求冲量，冲量的方向与力的方向一致.若是变力则不能用 $I = Ft$ 来求，这时就必须用下一节的动量定理来求.动量具有瞬时性、矢量性、相对性，一定是某一时刻时的动量，方向为瞬时速度的方向.

想一想　合力的冲量如何求？是否等于上述三个冲量的代数和？

【剖析难点】

例 2　一物体质量为 2kg，沿直线运动，t_1 时刻速度 $v_1 = 10\text{m/s}$，方向向右，如果在 t_2 时刻，物体的速度为：①$v_2 = 15\text{m/s}$，方向向右；②$v'_2 = 5\text{m/s}$，方向向右；③$v''_2 = 5\text{m/s}$，方向向左.试求这三种情况下物体的动量增量.

[解析]　物体的动量是矢量，方向是该时刻物体的瞬时速度的方向.动量的增量为末动量减初动量，也是矢量.当初、末动量在一条直线上时，可以先设定一个正方向，把矢量运算转化为代数运算.本题取向右方向为正方向，则有：

初动量

$$p_1 = mv_1 = 2 \times 10\text{kg}\cdot\text{m/s} = 20\text{kg}\cdot\text{m/s}.$$

末动量

$$p_2 = mv_2 = 2 \times 15\text{kg}\cdot\text{m/s} = 30\text{kg}\cdot\text{m/s},$$

$$p_2' = mv_2' = 2 \times 5\text{kg}\cdot\text{m/s} = 10\text{kg}\cdot\text{m/s},$$

$$p_2'' = mv_2'' = 2 \times (-5)\text{kg}\cdot\text{m/s} = -10\text{kg}\cdot\text{m/s}.$$

动量的增量

$$\Delta p_1 = p_2 - p_1 = 30 - 20\text{kg}\cdot\text{m/s} = 10\text{kg}\cdot\text{m/s},$$

由于　$\Delta p_1 > 0$，说明 Δp_1 的方向向右.

$$\Delta p_2 = p_2' - p_1 = 10 - 20\text{kg}\cdot\text{m/s} = -10\text{kg}\cdot\text{m/s},$$

由于　$\Delta p_2 < 0$，说明 Δp_2 的方向向左.

$$\Delta p_3 = p_2'' - p_1 = -10 - 20\text{kg}\cdot\text{m/s} = -30\text{kg}\cdot\text{m/s},$$

由于　$\Delta p_3 < 0$，说明 Δp_3 的方向向左.

【点击易错点】

例 3　如图 8－1－2 所示，质点质量为 m，沿半径为 r 的圆周以角速度 ω 做匀速圆周运动，在由图中 A 点运动到 B 点的过程中，求：

(1)质点的动量变化量？

(2)向心力的冲量是 $\pi m\omega r$ 吗？

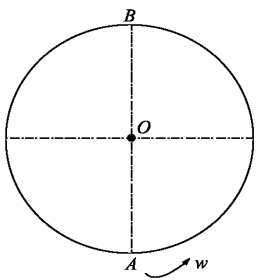


图 8－1－2

[错解 1] 在 A 点,质点动量为 $m\omega r$,在 B 点,质点的动量也是 $m\omega r$,则动量的变化量为零.

[错解 2] 向心力大小为 $m\omega^2 r$,从 A 到 B 的时间为 $t=\pi/\omega$,则从 A 到 B 向心力的冲量为 $I=\pi m\omega r$.

[错解分析] 动量是矢量,动量的变化量也是矢量.错解 1 中没有考虑动量的方向性,没有求矢量差.错解 2 中错把向心力当成恒力,误用恒力的冲量求法得出错误结果.

[正解] 以水平向右为正方向,$p_A=m\omega r$,$p_B=-m\omega r$ 而 $\Delta p=p_B-p_A=-m\omega r-m\omega r=-2m\omega r$,则从 A 到 B 的动量变化量为 $2m\omega r$,方向水平向左.由于 $I=Ft$ 不适用于变力,故向心力的冲量不是 $\pi m\omega r$,至于是多少运用下一节的动量定理就可以求出.

想一想 若从 A 运动到 B 再又回到 A,动量的增量是多少?

能力升级平台

【综合能力升级】

冲量、动量是物理学的重要概念,常与运动学以及动力学的基本知识联系在一起出题,单独概念性的命题比较少.

例 4 竖直上抛一个小球,后又落回原地.小球运动时所受的空气阻力大小不变,则下列说法中正确的是 ( )

A. 从抛出到落回原地的时间内,重力的冲量为零

B. 上升阶段空气阻力的冲量小于下落阶段空气阻力的冲量

C. 从抛出到落回原地的时间内,空气阻力的冲量为零

D. 上升阶段小球动量变化大于下落阶段小球的动量变化

[解析] 从抛出到落回原地的时间内,恒定不变的重力不为零,重力作用时间也不为零,故重力的冲量不为零,A 错误.

由牛顿第二定律知,上升和下降阶段的加速度分别为:

$$a_{上}=g+\frac{f}{m},a_{下}=g-\frac{f}{m}.$$

由运动学公式可得,上升和下降的时间分别为:

$$t_{上}=\sqrt{\frac{2H}{g+\frac{f}{m}}},t_{下}=\sqrt{\frac{2H}{g-\frac{f}{m}}},\text{且 } t_{上}<t_{下}$$

上升和下降阶段空气阻力的冲量分别为:

$I_{上}=f\cdot t_{上}$,$I_{下}=f\cdot t_{下}$,显然有 $I_{上}<I_{下}$,选项 B 正确.

从抛出到落回原地的时间内,上升阶段 $I_{上}$ 的方向向下,下降阶段 $I_{下}$ 的方向向上,规定竖直向上为正方向,空气阻力的冲量 $I=I_{下}-I_{上}>0$,表明冲量方向向上,故

选项 C 错误.

规定竖直向上为正方向,上升阶段的动量变化,则有:

$\Delta p_{上} = 0 - mv_1 = -m\sqrt{2a_{上}H} = -\sqrt{2mH(f+mg)}$.

同理 $\Delta p_{下} = -mv_2 - 0 = -mv_2 = -\sqrt{2a_{下}H} = -\sqrt{-2mH(mg-f)}$.式中负号均表示动量变化的方向竖直向下.显然,$\Delta p_{上}$ 的大小大于 $\Delta p_{下}$ 的大小,故选项 D 正确.

综上所述,正确选项为 BD。

想一想 上升阶段合力的冲量大小是否等于下降阶段合力的冲量大小?哪个大?

例 5 一质量为 2kg 的质点从静止开始沿某一方向做匀加速直线运动,它的动量 p 随位移 s 变化的关系式为 $p = 8\sqrt{s}\,\mathrm{kg\cdot m/s}$,则此质点

A. 加速度为 $4\mathrm{m/s^2}$

B. 加速度为 $8\mathrm{m/s^2}$

C. 在相同的时间内,动量的增量不一定相等

D. 在相同的时间内,动量的增量一定相等

[解析] 这是一道与运动学相结合的新题.由 $p = mv = 8\sqrt{s}$,可得:$v = 4\sqrt{s}$,又因为 $v^2 = 2as$,所以 $a = 8\mathrm{m/s^2}$,故 A 错,B 对.

又由于 $\Delta p = p' - p = m(v_0 + at) - mv_0 = mat$,而动量的变化与时间成正比,所以在匀加速直线运动中的相同时间内 a、t 相同,则 Δp 一定相同,所以 C 错误,选项 D 正确.

综上所述,正确选项为 B、D.

想一想 能否画出本题的 $P-t$ 图像?若能,该图线的斜率代表什么?

【应用创新能力升级】

涉及冲量和动量概念的问题不仅直线运动中常见,而且圆周运动、平抛运动中也常常见到,甚至还以图像的形式出现.要注意提高阅读理解能力、综合运用能力.

例 6 如图 8-1-3 所示,质量为 m_1 的小球 A 以 O 点为圆心,R 为半径的圆周上做周期为 T 的匀速圆周运动,当 A 经过 P 点时,对在 Q 点的质量为 m_2 的物体 B 施加水平向右的恒力 F,使 B 在光滑的水平面上做初速度为零的匀加速直线运动,试分析要使 A、B 的动

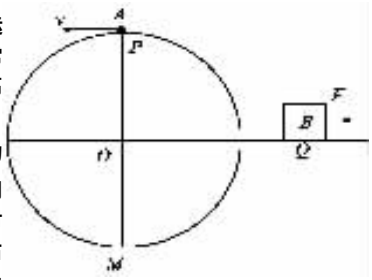


图 8-1-3

量在某一时刻相同，则 A 应在什么位置？力 F 的大小应满足什么条件？

[解析] 动量相同是指动量的大小相等，方向相同．因为物体 B 在恒力 F 的作用下，沿直线 OQ 向右做匀加速直线运动，所以只有当 A 球运动到圆的最低点 M 时才能出现 A 和 B 速度方向相同的时刻，也就是此时刻才可能出现 A 和 B 动量相同的情况．

A 球的速度 $v_1 = \frac{2\pi R}{T}$，B 物体的速度 $v_2 = at$，由牛顿第二定律得：$a = \frac{F}{m_2}$，要使 A、B 动量相同，应有 $m_1 v_1 = m_2 v_2$ 经历的时间 $t = (n + \frac{1}{2})T$ 由以上各式联立求解得：$F = \frac{4\pi R m_1}{(2n+1)T^2}$ $(n = 0, 1, 2\cdots)$

想一想 要使 A、B 动量大小相等，方向相反，则 A 应在什么位置？F 应满足什么条件？

高考热点点拨

动量的矢量性是高考的热点之一，变力冲量的求解是高考的难点之一，要区别于恒力冲量的求法，并注意与功的概念加以区别．深刻理解动量的物理意义，并与动能的概念进行比较．此项内容选择题，填空题均有．

例 7 (2001，安徽)质量为 $m = 0.10\text{kg}$ 的小钢球以 $v_0 = 10\text{m/s}$ 的水平速度抛出，如 8－1－4 图所示．下落 $h = 5.0\text{m}$ 时撞击一钢板，撞后速度恰好反向，则钢板与水平面的夹角 $\theta =$ _____，刚要撞击钢板时小球动量的大小为 _____．($g = 10\text{m/s}$)

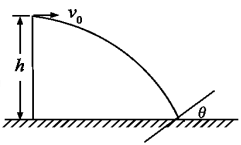


图 8－1－4

[解析] 由题意可知，小钢球垂直撞击钢板，如 8－1－5 图所示，则 $tg\theta = v_0 / v_y$，由平抛运动公式可知，竖直方向 $h = \frac{1}{2}gt^2$，代入数据得 $t = 1\text{s}$，则 $v_y = gt = 10\text{m/s}$，所以 $t_g\theta = \frac{v_0}{v_y} = \frac{10}{10} = 1$，$\theta = 45°$，而撞击钢板速度

$$v = \sqrt{v_0^2 + v_y^2} = \sqrt{10^2 + 10^2}\ \text{kg·m/s} = 10\sqrt{2}\text{m/s}$$

所以动量 $mv = 0.10 \times 10\sqrt{2}\text{kg·m/s} = \sqrt{2}\text{kg·m/s}$．

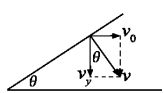


图 8－1－5

教材跟踪训练

A 卷

1. 下列说法中正确的是 ( )
   A. 物体的动量改变一定是物体的速率改变
   B. 运动物体在任一时刻的动量方向,一定是该时刻的速度方向
   C. 物体的运动速度改变,其动量一定改变
   D. 物体的加速度不变,其动量一定不变
2. 下列关于冲量的说法中,错误的有 ( )
   A. 物体受到的力越大,其冲量一定大
   B. 当力与位移垂直时,力的冲量为零
   C. 只要力的大小恒定,就可用 $I = Ft$ 计算该力的冲量
   D. 冲量的方向总跟力的方向相同
3. 物体沿倾角为 θ 的斜面匀速滑下,在整个过程中 ( )
   A. 重力的冲量最大　　B. 摩擦力的冲量最大
   C. 弹力的冲量最大　　D. 三个力的冲量一样大
4. 质量为 1kg 的小球以 5m/s 的速度竖直落到水平地面上,然后又以 3m/s 的速度反弹.若取竖直向上方向为正方向,则小球的动量的变化是 ( )
   A. + 2kg·m/s　　B. − 2kg·m/s　　C. + 8kg·m/s　　D. − 8kg·m/s
5. 两汽车的质量分别为 m_1 和 m_2,已知 $m_1 > m_2$,沿水平方向同方向行驶且具有相等的动能,则此时两汽车动量 p_1 和 p_2 的大小关系是 ( )
   A. p_1 等于 p_2　　B. p_1 小于 p_2　　C. p_1 大于 p_2　　D. 无法比较
6. 用 $F = 20$N 的拉力竖直向上拉重为 15N 的物体,2s 内物体所受合力的冲量大小为 ( )
   A. 70N·s　　B. 5N·s　　C. 40N·s　　D. 10N·s
7. 一个质量 $m = 0.1$kg 的小球,在 $t = 0$ 时以初速度 $v_0 = 20$m/s 水平抛出,不计空气阻力,$g = 10$m/s². 则抛出后 $t_1 = 1$s 时物体的动量大小为_____ kg·m/s;$t_2 = 2$s 时物体的动量的大小为_____ kg·m/s,方向与水平方向成_____角;从 t_1 到 t_2 时间内物体动量的增量大小为_____ kg·m/s,方向_____.

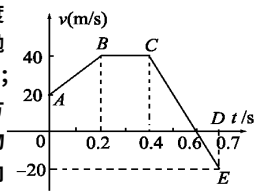


图 8 − 1 − 6

8. 质量为 5kg 的物体做变速直线运动的速度图线如图 8 − 1 − 6 所示,物体在 A 时刻的动量是_____ kg·m/s,物体在 E 时刻的动量为_____ kg·m/s 在 AE 时间内,物体动量的变化量为_____ kg·m/s.

9. 质量为 2kg 的质点从原点开始沿 x 轴正方向做初速度为零的匀加速直线运动，该质点在任意位置的动量随位移 x 变化的规律为：$p = 4\sqrt{x}$，则该质点每秒钟所受冲量大小为多少？

10. 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，求①小球上升到最大高度的一半时间内小球的动量变化？ ②小球上升到最高点一半高度内小球受到的冲量？

B 卷

综合题

1. 物体在恒定的合力 F 作用下做直线运动，在时间 Δt_1 内速度由 0 增大到 v，在时间 Δt_2 内速度由 v 增大到 $2v$，设 F 在 Δt_1 内做的功是 W_1，冲量是 I_1；在 Δt_2 内做的功是 W_2，冲量是 I_2，那么 （ ）

A. $I_1 = I_2$，$W_1 > W_2$　　B. $I_1 < I_2$，$W_1 < W_2$

C. $I_1 = I_2$，$W_1 = W_2$　　D. $I_1 = I_2$，$W_1 < W_2$

2. 一质量为 5kg 的物体放在光滑的水平面上，受到一个 50N 的恒力 F 作用，F 斜向上与水平方向成 30°角．经过 2s，力 F 的冲量大小是_____ N·s；若把物体钉在桌面上，力 F 也作用 2s，则力 F 的冲量大小是_____ N·s．

3. 两物体质量为 m_1 和 m_2，它们分别在恒力 F_1 和 F_2 的作用下由静止开始运动，经相同的位移，动量的增量相同，则两恒力的比值 $F_1/F_2 =$ _____．

4. 甲、乙两物体质量相同，并排放置于光滑水平面上，自某一时刻开始用一水平恒力推甲物体，在同一时刻给乙物体瞬时冲量 I，冲量 I 的方向与 F 的方向相同，甲、乙两物体同时开始运动，则经过_____时间两物体又重新相遇，在物体相遇之前两者相距最远的时间是_____．

应用创新题

5. 质量为 1kg 的物体，当其速率由 3m/s 变为 4m/s 时，它的动量增量的大小不可能是 （ ）

A. 1kg·m/s　　B. 5kg·m/s　　C. 7kg·m/s　　D. 9kg·m/s

6. 光子有能量，也有动量，设光子所受的冲量等于光子的动量增量．在真空中有一“∞”字形装置可绕通过横杆中点的竖直轴 OO' 在水平面内灵活地转动，如 8－1－7 图所示，其中左边是圆形黑纸片（吸收光子），右边是和左边大小、质量相同的圆形白纸片（反射光子）．当用平行白光垂直照射这两个圆面时，关于装置开始时转动情况（俯视）的下列说法中正确的是 （ ）

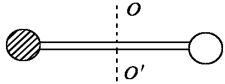


图 8－1－7

A. 顺时针方向转动　　B. 逆时针方向转动

需要全本请访问 www.ertongbook.

C. 都有可能　　D. 不会转动

7. 人从高处跳到低处,为了安全,一般都是让脚尖先着地,对此现象,下面解释正确的是　　(　　)

A. 增大人对地面的压强,起安全作用　B. 使动量增量变得更小

C. 延长与地面的冲击时间,减小冲力　D. 增大了冲力

高考精题回眸

8. (2001,全国理综)下列是一些说法:

A. 一质点受两个力作用且处于平衡状态(静止或匀速),这两个力在同一段时间内的冲量一定相同

B. 一质点受两个力作用且处于平衡状态(静止或匀速),这两个力在同一段时间内做的功或者都为零,或者大小相等符号相反

C. 在同样时间内,作用力和反作用力的功大小不一定相等,但是正负号一定相反

D. 在同样的时间内,作用力和反作用力的功大小不一定相等,正负号也不一定相反

以上说法中正确的是　　(　　)

9. (2001,春季高考)将物体以一定的初速度竖直上抛,若不计空气阻力,从抛出到落回原地的整个过程中,如图 8 – 1 – 8 所示的四个图线中,正确的是　　(　　)

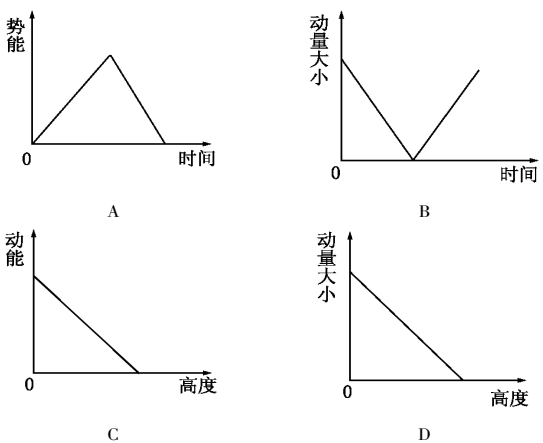


图 8 – 1 – 8

参考答案与点拨

A 卷

1. B、C　点拨：动量改变是矢量，而速率是标量.

2. A、B、C、D　点拨：$I = Ft$　不适用于变力.

3. A　点拨：匀速下滑合力为零，注意正确分解力.

4. C　点拨：注意将矢量运算转化为代数运算.

5. C　点拨：$E_k = p^2/2m$.

6. D　点拨：先求合力，再求冲量.

7. $\sqrt{5}$　$2\sqrt{2}$　45°　1，竖直向下.　点拨：$\Delta P_y = mv_{2y} - mv_{1y}$，水平方向动量不变.

8. 100　-100　-200.

9. 4N·s　点拨：由 $p = 4\sqrt{x} = mv$　可得 $v^2 = 4x$，与 $v^2 = 2ax$　相比较可得 $a = 2\text{m/s}^2$，由牛顿第二定律 $F = ma = 4\text{N}$，再由 $I = Ft$ 即可求出.

10. $\frac{1}{2}mv_0$　竖直向下　$(1 - \frac{\sqrt{2}}{2})mv_0$.

B 卷

1. D

2. 100　100　点拨：F 的冲量与受力物体的运动状态无关.

3. m_2/m_1　点拨：运用公式 $p = \sqrt{2mE_k}$.

4. $\frac{2I}{F}$　$\frac{I}{F}$　点拨：在甲追上乙之前，二者速度相等时，间距最大.

5. D　点拨：当初、末速度方向相同时，动量增量最小；当初、末速度方向相反时，动量的增量最大，故选项 D 是不可能的.

6. B　点拨：白纸片所受冲量大一些. 由题给规律解题.

7. C　点拨：老办法是动量定理，但此题可用排除法.

8. D　点拨：注意理解冲量、功的概念.

9. B、C　点拨：解题关键是列出各物理量相互之间的函数关系. 有：

① $E_p = mg(v_0 t - \frac{1}{2}gt^2)$　② $p = mv = m(v_0 - gt)$.

③ $E_k = \frac{1}{2}mv_0^2 - mgh$　④ $p = mv = m\sqrt{v_0^2 - 2gh}$.

8.2 动量定理

学法导引

动量定理是一个重要且应用又广泛的定理.要学好这个定理,首先应弄清这个定理如何推导,即应从牛顿运动定律和运动学公式出发,导出这个定理,以加深对这个定理内涵的理解.其次学习中必须抓住两个关键:一是该定理的矢量特征;二是合外力冲量和物体动量变化之间的一致性、相互代替性.再次在应用时要明确研究对象,弄清运动情况和受力情况.

知识要点精讲

1. 动量定理

(1)内容 物体所受合外力的冲量等于物体的动量变化.即 $Ft = \Delta p$

(2)理解要点:①动量定理的研究对象可以是一个物体,也可以是一个系统.②公式中的 F 是包括重力在内的所有外力的合力,Ft 是合外力的冲量.③不仅适用于恒力,也适用于变力,对于变力情况,F 应理解为变力在作用时间内的平均值.④动量定理是个矢量式,动量的改变总是沿着冲量的方向发生的,也就是说,动量改变的方向总是跟合外力的冲量方向一致.⑤如果物体在一条直线上运动,可以选定一个正方向,将矢量运算简化成代数运算.

2. 动量定理的应用

(1)定性解释.利用动量定理可对很多物理现象进行分析解释,可分为两种类型:①在动量变化 Δp 一定的情况下,如果需要增大作用力,必须缩短作用时间,如铁锤钉钉子,鸡蛋碰石头等.②在动量变化 Δp 一定的情况下,如果需要减小作用力,必须延长作用时间——缓冲作用.如安全带、安全帽、蹦极运动中的橡皮绳等都能起到延长作用时间,减小作用力的作用.

(2)利用动量定理中的等量关系进行等效代换求解.主要有①应用 $I = \Delta p$ 求变力的冲量,如圆周运动中向心力的冲量.②应用 $\Delta p = Ft$ 求恒力作用下的曲线运动中物体的动量变化,如求做平抛运动的物体在一段时间内的动量的变化.

(3)定量计算.动量定理是矢量等式,应注意:①若物体做直线运动,求解前应先选择正方向,把矢量运算转化为代数运算.②若物体做曲线运动,可利用正交分解法 $F_x t = mv'_x - mv_x$,$F_y t = mv'_y - mv_y$ 来求解.

3. 应用动量定理解题的步骤

应用动量定理解题的一般步骤为:①明确研究对象和物理过程;②对研究对象进

行受力分析,求出各个力的冲量;③取好正方向,确定始、末状态的动量;④根据动量定理列方程,解方程并对解的结果进行分析讨论.

思维整合

【重点】 本节重点是正确理解合外力冲量与物体动量变化之间的关系,熟练掌握在一维情况下如何运用动量定理.

【难点】 本节难点是在物体受力比较复杂的情况下,如变力、多个力以及全过程中力有变化等,如何运用动量定理.

【易错点】 物体的动量、动量变化是矢量,在这方面运算上容易出错.此外 F 为合力,计算时易漏掉了力.

精典例题再现

【解析重点】

例 1 如 8 – 2 – 1 图所示,质量为 1kg 的小球以 25m/s 的速度竖直地落在地板上,又以 10m/s 的速度跳起,求:

(1)在小球与地板碰撞的瞬间作用在小球上的冲量;

(2)若碰撞瞬间时间取为 0.02 秒,地板作用在小球上的平均力为多大?(g 取 10m/s^2)

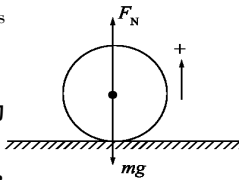


图 8 – 2 – 1

[解析] 小球与地板碰撞时,小球受到两个力的作用,如图 8 – 2 – 1 所示.求碰撞时作用在小球上的冲量是指小球受到的合外力冲量.由于地板对小球的弹力是变力,在中学物理中无法求出它的冲量,但是动量定理给出了物体所受合外力的冲量等于物体的动量变化,这样我们只要求出小球的动量变化,就可以求出合冲量.选取竖直向上作为正方向,有 $Ft = mv' - mv = [1.0 \times 10 - 1.0 \times (-25)]\,\mathrm{N \cdot s} = 35\mathrm{N \cdot s}$.冲量的方向竖直向上.

设地板作用在小球上的平均力为 F_N,由动量定理得:

$(F_N - mg)\,t = mv' - mv$

$$F_N = \frac{mv' - mv}{t} + mg = \frac{1.0 \times 10 - 1.0 \times (-25)}{0.02}\mathrm{N} + 1.0 \times 10\mathrm{N} = 1760\mathrm{N}$$

地板作用在小球上的平均力的方向是竖直向上的.

点拨 动量定理指出物体所受合外力的冲量和物体的动量变化是相等的,若求出物体的动量变化就可以知道物体所受合外力的冲量;反过来,求出物体所受合外力的冲量就可以知道物体的动量变化.这种考虑问题的方法通常被称为‘等值代换’的方法.

想一想　上例中若取向下为正,则如何列方程,所得结果意义如何?

【剖析难点】

例 2　总质量为 M 的列车沿平直轨道匀速行驶,质量为 m 的末节车厢中途突然脱钩,等司机发现时,已过了时间 t. 司机立即关闭发动机使车自然停下. 设机车的牵引力和所受阻力皆与车重成正比,关闭发动机前机车的牵引力不变,求末节车厢停下多久后机车才停下来.

[解析]　末节车厢脱钩后列车先以 v_0(车厢未脱钩前列车的速度)开始匀加速前进,当列车司机关闭发动机后则机车开始做匀减速运动,最终停下. 末节车厢脱钩后则从 v_0 开始做匀减速运动,最终也停下. 由于阻力与车重成正比,设比例系数为 k,故牵引力 $F = kMg$,机车在加速和减速阶段所受的力不同,加速阶段受牵引力和阻力,减速阶段只受阻力. 机车在减速阶段和末节车厢做匀减速阶段的加速度相同,其物理过程如 8 – 2 – 2 图所示. 由图可知机车从速度 v_0 减速直至停下所经历的时间和脱钩后的车厢的运动时间相等,因此机车从 v_0 开始加速到减速至 v_0 所经历的时间 t' 即为题目所求. (①、②两段长度相等)

以机车为研究对象,从 v_0 开始加速直至减速至 v_0 的过程应用动量定理有

$$kMgt - k(M - m)gt' = 0$$

解得 $t' = \dfrac{M}{M - m}t$

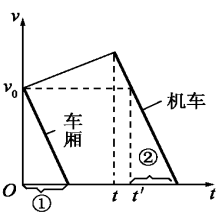


图 8 – 2 – 2

想一想　运用牛顿运动定律和运动学能否解此题,并比较两种方法.

例 3　一台自动传送盘,盘上距圆心 r 处有一质量为 m 的零件,随盘一起做匀速圆周运动,在盘以角速度 ω 转动 180° 的过程中,盘面对零件的静摩擦力的冲量 I 是多少?

[解析]　静摩擦力作为向心力使零件做匀速圆周运动,这个力是方向不断变化的变力,其冲量不能直接用 $I = Ft$ 来计算,但可用动量定理来求解. 零件转过 180°,其初、末动量在一条直线上,大小相等,方向相反. 设初动量方向为正方向,则有 $I = -mv - (-mv) = -2mv$

又 $v = \omega r$ 故 $I = -2m\omega r$　负号表示静摩擦力的冲量的方向与初动量的方向相反.

想一想　旋转一周,静摩擦力的冲量是多少?

【点击易错点】

例 4　3kg 的物体以 5m/s 的初速做斜抛运动,3s 后速度变为 4m/s,求这 3s 内物体动量的增量.

［错解］ 根据 $\Delta p = mv_t - mv_0$ 可得

$\Delta p = 3 \times 4 - 3 \times 5\text{kg}\cdot\text{m/s} = -3\text{kg}\cdot\text{m/s}$

［错解分析］ 动量是矢量，把不知方向的两个时刻动量代数差看成动量的增量是错误的.

［正解］ 物体抛出后只受重力作用，而且重力是恒量，由动量定理 $F\Delta t = \Delta p$ 有 $\Delta p = mg\Delta t = 3 \times 10 \times 3\text{kg}\cdot\text{m/s} = 90\text{kg}\cdot\text{m/s}$，方向竖直向下.

能力升级平台

【综合能力升级】

动量定理是一个适用广泛的定理，常与直线运动、曲线运动结合在一起.在碰撞、打击、反冲等现象中也经常得到综合运用.

例 5 一场雨的降雨量为 2 小时内积 7.2cm 高的水，设雨滴落地时的速度相当于它从61.25m 高处自由下落时获得的速度，取 $g = 10\text{m/s}^2$，求雨落地时对每平方米地面产生的平均压力为多大？

［解析］ 确定研究对象，找出雨滴落地前后的状态是解决问题的关键.

以极短时间 Δt 落到地面上的雨滴 Δm 为研究对象，取向上为正方向.根据题意有，在 Δt 内，积水高 $\Delta h = \frac{h}{t}\Delta t$，有 $\Delta m = \rho S\Delta h$，$v_0 = \sqrt{2gH}$根据动量定理：

$(F_N - \Delta mg)\Delta t = 0 - (-\sqrt{2gH})\Delta m$

$F_N = \frac{\rho Sh}{t}\sqrt{2gH} + \frac{\rho Sh}{t}g\Delta t$

由于 Δt 很小，上式的第二项可忽略不计，所以：

$F_N = \frac{\rho Sh}{t}\sqrt{2gH} = \frac{10^3 \times 1 \times 7.2 \times 10^{-2}}{2 \times 3600} \times \sqrt{2 \times 10 \times 61.25}\text{N} = 0.35\text{N}.$

【应用创新能力升级】

动量定理在定性分析、定量计算中有着广泛应用.不仅在力学，而且以后的热学、电学中也要用到动量定理.

例 6 在一条小河上有座小桥，一质量为 $M = 80\text{kg}$ 的运动员携带两个质量都是 $m = 10\text{kg}$ 的铁球欲走过桥到对岸去，但桥的最大负荷量只有 90kg，运动员如何才能一次安全过桥呢？

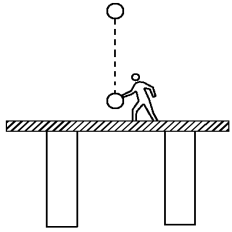


图 8－2－3

［解析］ 这个问题被一些刊登在知识小百科之类的栏目里，其给出的答案是，过桥时，运动员要像杂技演员演出一样轮流将球抛出，并保证任何时刻至多只有一个铁球在手中，如 8－2－3 图所示.

事实上这个答备是不妥当的，分析如下：

需要全本请访问 www.ertongbook.