

普通高等学校教材

GONGKE WULI DAZUOYE

工科物理大作业

郑建邦 杨雁南 郭晓枫 宋士贤 改编

国防工业出版社

01

01 质点运动学

班号 _____ 学号 _____ 姓名 _____ 成绩 _____

一、选择题

(在下列各题中,均给出了4个~6个答案,其中有的只有1个是正确答案,有的则有几个是正确答案,请把正确答案的英文字母序号填在题后的括号内)

1. 在下列关于质点运动的表述中,不可能出现的情况是:
 - A. 一质点具有恒定的速率,但却有变化的速度;
 - B. 一质点向前的加速度减少了,其前进速度也随之减少;
 - C. 一质点加速度值恒定,而其速度方向不断改变;
 - D. 一质点具有零速度,同时具有不为零的加速度。
2. 在下列关于加速度的表述中,正确的是:
 - A. 质点沿x轴运动,若加速度 $a < 0$,则质点必作减速运动;
 - B. 质点作圆周运动时,加速度方向总是指向圆心;
 - C. 在曲线运动中,质点的加速度必定不为零;
 - D. 质点作曲线运动时,加速度方向总是指向曲线凹的一侧;
 - E. 若质点的加速度为恒矢量,则其运动轨迹必为直线;
 - F. 质点作抛物运动时,其法向加速度 a_n 和切向加速度 a_t 是不断变化的,因此,加速度 $a = \sqrt{a_n^2 + a_t^2}$ 也是变化的。
3. 如图1-1所示,质点作匀速圆周运动,其半径为R,从A点出发,经半个圆周而达到B点,则在下列表达式中,不正确的是:
 - A. 速度增量 $\Delta v = 0$,速率增量 $\Delta v = 0$;
 - B. 速度增量 $\Delta v = -2v_j$,速率增量 $\Delta v = 0$;
 - C. 位移大小 $|\Delta r| = 2R$,路程 $s = \pi R$;
 - D. 位移 $\Delta r = -2Ri$,路程 $s = \pi R$ 。

4. 一质点在 xOy 平面内作曲线运动, r 为位移矢量, s 为路程。在下列关于质点速率的表达式中,正确的是:

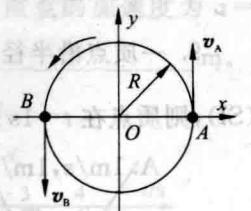


图1-1

• 工科物理大作业 •

A. $v = \frac{dr}{dt}$;

B. $v = \frac{|dr|}{dt}$;

C. $v = \frac{ds}{dt}$;

D. $v = \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2}$;

E. $v = \frac{d|r|}{dt}$.

()

5. 如图 1-2 所示, 物块 A 与 B 分别置于高度差为 h 的水平面上, 借一跨过滑轮的细绳连接, 若 A 以恒定速度 v_0 运动, 则 B 在水平面上的运动为:

A. 匀速运动, 且 $v = v_0$;

B. 加速运动, 且 $v > v_0$;

C. 加速运动, 且 $v < v_0$;

D. 减速运动.

()

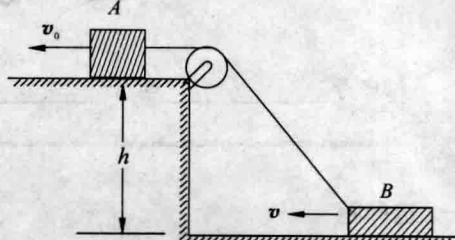


图 1-2

6. 已知质点的运动方程为: $x = At\cos\theta + Bt^2\cos\theta$, $y = At\sin\theta + Bt^2\sin\theta$, 式中 A, B, θ 均为恒量, 且 $A > 0, B > 0$, 则质点的运动为:

A. 圆周运动; B. 抛体运动; C. 椭圆运动;

D. 匀加速直线运动; E. 匀减速直线运动.

()

7. 一质点沿 x 轴运动, 其运动方程为 $x = 4t^2 - 2t^3$ (SI), 当质点再次返回原点时, 其速度和加速度分别为:

A. $8\text{m/s}, 16\text{m/s}^2$;

B. $-8\text{m/s}, 16\text{m/s}^2$;

C. $-8\text{m/s}, -16\text{m/s}^2$;

D. $8\text{m/s}, -16\text{m/s}^2$.

()

8. 已知质点的运动方程为 $x = -10 + 12t - 2t^2$ (SI), 则在前 5s 内质点作:

A. 减速运动, 路程为 36m;

B. 加速运动, 位移 10m;

C. 前 3s 作减速运动, 后 2s 作加速运动, 路程为 26m;

D. 变速运动, 位移的大小和路程均为 10m.

()

9. 一质点沿半径 $R = 1\text{m}$ 的圆轨道作圆周运动, 其角位置与时间的关系为 $\theta = \frac{1}{2}t^2 + 1$ (SI), 则质点在 $t = 1\text{s}$ 时, 其速度和加速度的大小分别为:

A. $1\text{m/s}, 1\text{m/s}^2$;

B. $1\text{m/s}, 2\text{m/s}^2$;

C. $1\text{m/s}, \sqrt{2}\text{m/s}^2$;

D. $2\text{m/s}, \sqrt{2}\text{m/s}^2$.

()

10. A、B 两船都以 2m/s 的速率相对于河岸匀速行驶, 且 A 船沿 x 轴正向运动, B 船沿 y 轴正向运动, 则 B 船相对于 A 船的速度(以 m/s 为单位)为:

A. $2i + 2j$;

B. $-2i + 2j$;

C. $-2i - 2j$;

D. $2i - 2j$.

()

二、填空题

1. 一质点沿 x 轴方向运动, 其运动方程为 $x=10+9t+6t^2+t^3$ (SI), 则:

质点前 2s 的位移为 $\Delta r =$ _____ m;

质点速度的表达式为 $v =$ _____ m/s;

质点沿 x 轴的最大速度值为 $v_{\max} =$ _____ m/s。

2. 一质点在 xOy 平面内运动, 其运动方程为 $x=2t$, $y=19-2t^2$ (SI)。则:

质点的轨迹方程为 $y =$ _____;

$t=2s$ 时的位矢为 $r =$ _____ m;

$t=2s$ 时的速度为 $v =$ _____ m/s;

前 2s 内的平均速度为 $\bar{v} =$ _____ m/s。

3. 一质点沿 x 轴作直线运动, 其速度为 $v=8+3t^2$ (SI), 当 $t=8s$ 时, 质点位于原点左侧 52m 处, 则其运动方程为 $x =$ _____ m; 且可知当 $t=0$ 时, 质点的初始位置为 $x_0 =$ _____ m, 初速度为 $v_0 =$ _____ m/s。

4. 在质点曲线运动中, 其切向加速度 a_t 是反映质点运动速度 _____ 变化的物理量; 而法向加速度 a_n 是反映质点运动速度 _____ 变化的物理量。

一质点在 xOy 平面内作抛物运动, 如图 1-3 所示, 若不计空气阻力, 试在图上标出 P 、 Q 两点的切向加速度 a_t 和法向加速度 a_n 。

5. 如图 1-4 所示, 一炮弹作抛体运动, 在轨道的 P 点处, 其速率为 v , 且 v 与水平面的夹角为 θ , 则该时刻质点的 $\frac{dv}{dt} =$ _____; P 点处的曲率半径 $\rho =$ _____。

6. 一质点沿 x 轴作直线运动, 其 $v-t$ 曲线如图 1-5 所示。已知 $t=0$ 时, 质点位于坐标原点, 则 $t=4.5s$ 时, 质点的位置为 $x =$ _____ m, 质点的加速度为 $a =$ _____ m/s²; 且在这段时间内, 质点所行的路程为 $s =$ _____ m。

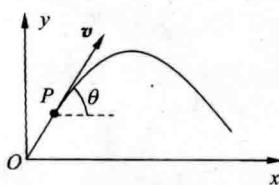


图 1-4

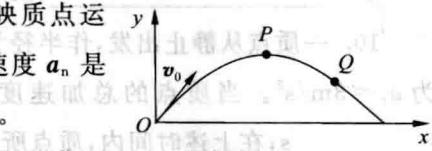


图 1-3

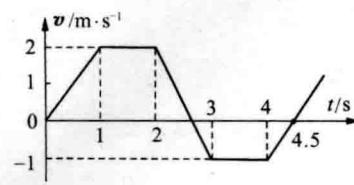


图 1-5

7. 一汽车沿 x 轴正向行驶, 其加速度与位置的关系为 $a=1+x$ (SI), 已知 $t=0$ 时, 汽

• 工科物理大作业 •

8. 如图 1-6 所示,一辆敞篷货车的驾驶室后壁高度为 h ,车厢长为 l ,竖直下落的雨点速度为 u ,要使货车的车厢不致淋雨,则车的速度 v 的大小必须满足的条件是_____。

9. 一小孩在车站站台上以初速度 v_0 竖直向上抛出一小球, 站台上的观测者 S 测得小球的运动方程为 $x=0$,

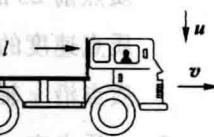


图 1-6

$y = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$ (SI)。此时,一列车以 $u = 5 \text{ m/s}$ 的速度沿 x 轴正方向驶过站台,则列车上的观测者 S' (旅客)测得小球的运动方程为:

$$x' = \dots \text{ (SI)}; y' = \dots \text{ (SI)}$$

列车上的观测者 S' (旅客)测得小球的轨迹方程为:

$$y' = \dots \text{ (SI).}$$

10. 一质点从静止出发,作半径为 $R=3.0\text{m}$ 的圆周运动,其切向加速度的大小始终为 $a_t = 3\text{m/s}^2$ 。当质点的总加速度 a 与半径成 45° 角时,质点所经过的时间为 $t = \underline{\hspace{2cm}}$ s; 在上述时间内,质点所经过的路程为 $s = \underline{\hspace{2cm}}$ m, 角位移为 $\Delta\theta = \underline{\hspace{2cm}}$ rad。

三、计算与证明题

1. 一雨滴从高空云层由静止竖直下落, 其加速度随速度的变化关系为 $a = m - nv$ (SI), 式中 m, n 为常数。试求雨滴的下落速度 v 与时间 t 的函数关系, 并讨论雨滴的运动情况。(假设雨滴在下落过程中质量不变。)

2. 一质点以半径 $R=6\text{m}$ 作圆周运动, 其在自然坐标系中运动方程为:

$$s = bt + \frac{1}{2}ct^2 \quad (\text{SI})$$

式中, $b=2.0\text{m/s}$, $c=1.0\text{m/s}^2$ 。试求质点切向加速度与法向加速度大小相等之前, 其所经历的时间。

分析: 是加速还是减速运动?



(c)



(d)



(a)

1-5

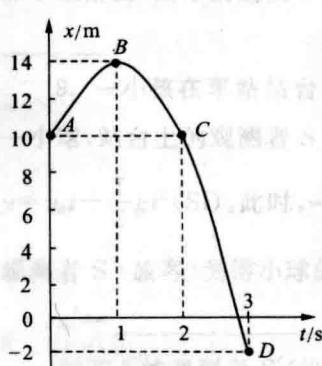
• 工科物理大作业 •

3. 一小球沿 x 轴作直线运动, 其 $x-t$, $v-t$, $a-t$ 曲线分别如图 1-7(a)(b)(c) 所示。试求:

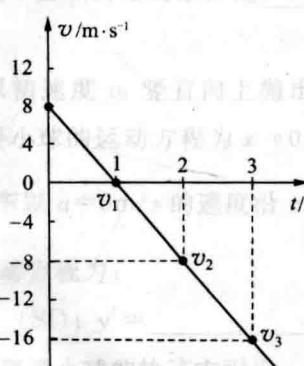
(1) 小球的运动方程;

(2) 分析小球在 $0 \sim 3$ s 内的运动情况;

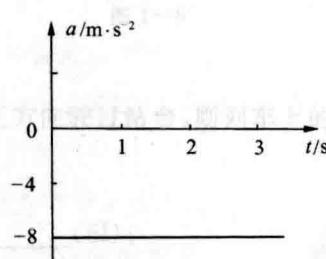
(3) 3 s 内的位移和路程。



(a)



(b)



(c)

图 1-7

三、计算与证明题

3. 一降落伞兵从空中跳下后, 一竖直下落, 其加速度随速度的变化关系为 $a = -\frac{1}{2}v^2$ (SI), 式中 v 为末速。试求降落伞兵的速度 v 随时间 t 的函数关系, 并讨论其运动情况。(假设重力在下落过程中没有变化)

4. 已知某行星的运动方程为 $\mathbf{r} = A \cos \omega t \mathbf{i} + B \sin \omega t \mathbf{j}$ (SI), 式中 A, B, ω 均为正的常数, 且 $A > B$, \mathbf{i}, \mathbf{j} 分别为 x, y 轴的单位矢量。

- (1) 试证: 该行星的运动轨迹为椭圆;
- (2) 试求行星的加速度 \mathbf{a} ;
- (3) 试说明: 行星途经第二象限任一点 M 时(如图 1-8 所示), 是加速还是减速运动?

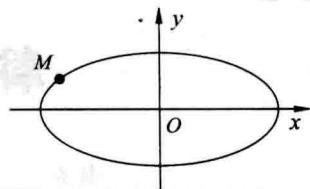


图 1-8

二、选择题

1. 在匀速直线运动和匀变速直线运动中, 加速度恒定不变, 其中速度变化率较大的是
A. 匀速直线运动; B. 匀变速直线运动; C. 两者一样大; D. 无法确定。

1. 在下列关于力的性质和规律的叙述中 (S) : (量关系 = a 变量) (1)

A. 物体受到不为零的合力是其运动状态发生变化的原因;

B. 物体所受的摩擦阻力总是与物体运动方向相反;

C. 物体所受合力的大小正比于摩擦阻力系数以正压力;

D. 作用于质点合力的方向必与其运动方向相同;

E. 作用于质点的合力方向恰好与其速度方向一致;

2. 下列关于力与运动关系的叙述中, 正确的是:

A. 若质点所受合力的方向不变, 则一定作直线运动;

B. 若质点所受合力的大小不变, 则一定作匀速直线运动;

C. 若质点所受合力恒定, 肯定不会作曲线运动;

D. 若质点从静止开始, 所受合力恒定, 则一定作匀加速直线运动;

E. 若质点所受合力越大, 则速度必定越大。

2. 如图 2-1 所示, 质量为 m 的小球, 沿半径为 R 的圆弧形光滑轨道由静止下滑, 则在下滑的过程中,



A. 小球的速度方向指向圆心;

B. 轨道对小球的作用力的大小不断增加;

C. 小球所受的合力大小变化, 开始时指向圆心;

D. 小球所受的合力不变, 但速率不断增加;

3. 如图 2-2 所示, 两个质量分别为 m_A 和 m_B 的物体

A. 在一粗糙水平面上沿 x 轴正向作匀减速直线运动, 加速度大小为 a , 其摩擦因数为 μ , 则 A 作用于 B 的摩擦力 F_f 大小和方向分别为:

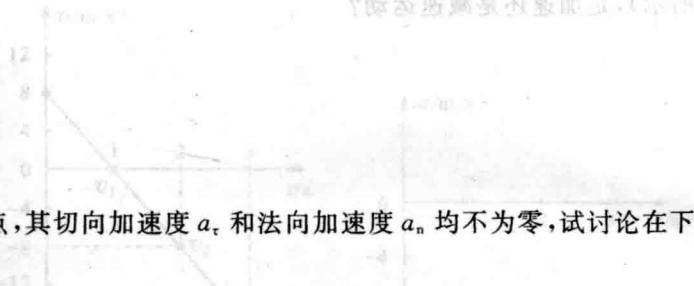


图 2-2

• 工科物理大作业 •

四、简答题

试求：1. 质点在 xOy 平面内运动， r 为位移矢量。试说明 $|\Delta r| \neq \Delta r$ ，并画出简图。



2. 一个作平面运动的质点,其切向加速度 a_t 和法向加速度 a_n 均不为零,试讨论在下列条件下质点的运动情况:

- (1) 加速度 a = 恒矢量; (2) 加速度 a 随时间变化。

五、自选题

02

02 牛顿运动定律

班号 _____ 学号 _____ 姓名 _____ 成绩 _____

一、选择题

(在下列各题中,均给出了4个~5个答案,其中有的只有1个是正确答案,有的则有几个是正确答案,请把正确答案的英文字母序号填在题后的括号内)

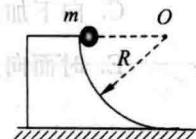
1. 在下列关于力的叙述中,正确的是:

- A. 质点受到不为零的合力是其运动状态发生变化的原因;
- B. 质点所受的静摩擦力总是与其运动方向相反;
- C. 质点所受静摩擦力的大小总等于摩擦因数乘以正压力;
- D. 作用于质点的合力方向必与其运动方向相同;
- E. 作用于质点的合力方向必与其加速度方向一致。 ()

2. 在下列关于力与运动关系的叙述中,正确的是:

- A. 若质点所受合力的方向不变,则一定作直线运动;
- B. 若质点所受合力的大小不变,则一定作匀加速直线运动;
- C. 若质点所受合力恒定,肯定不会作曲线运动;
- D. 若质点从静止开始,所受合力恒定,则一定作匀加速直线运动;
- E. 若质点所受合力越大,则质点速度必定越大。 ()

3. 如图2-1所示,质量为 m 的小球,沿半径为 R 的圆弧形光滑轨道由静止下滑,则在下滑的过程中:



- A. 小球的加速度方向始终指向圆心;
- B. 轨道对小球的作用力的大小不断增加; ()
- C. 小球所受的合力大小变化,并始终指向圆心;
- D. 小球所受的合力不变,但速率不断增加。 ()

4. 如图2-2所示,两个质量分别为 m_A 和 m_B 的物体A、B,一起在水平面上沿 x 轴正向作匀减速直线运动,加速度大小为 a ,A与B间的静摩擦因数为 μ ,则A作用于B的静摩擦力 F 的大小和方向分别为:

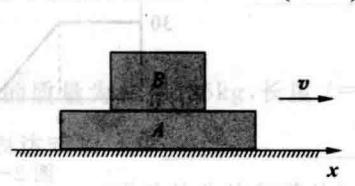


图 2-2

• 工科物理大作业 •

A. $\mu m_B g$, 与 x 轴正向相反。

B. $\mu m_B g$, 与 x 轴正向相同。

C. $m_B a$, 与 x 轴正向相同。

D. $m_B a$, 与 x 轴正向相反。 ()

5. 质量为 m 的质点沿 x 轴方向运动, 其运动方程为 $x = A \cos \omega t$ 。式中 A, ω 均为正的常量, t 为时间变量, 则该质点所受的合外力 f 为:

A. $f = \omega^2 x$;

B. $f = m \omega^2 x$;

C. $f = -m \omega x$;

D. $f = -m \omega^2 x$ 。 ()

6. 质量为 $m=10\text{kg}$ 的物体在力 $F=(120t+40)i(\text{SI})$ 作用下沿 x 轴运动, 在 $t=0$ 时, 速度 $v_0=6\text{m/s}$, 则 $t=3\text{s}$ 时, 其速度大小为:

A. 120m/s ;

B. 66m/s ;

C. 72m/s ;

D. 126m/s 。 ()

7. 质量 $m=10\text{kg}$ 的木箱放在光滑的地面上, 在水平拉力 F 的作用下由静止开始沿直线运动, 其拉力随时间的变化关系如图 2-3 所示, 则在 $t=7\text{s}$ 时, 其速度大小为:

A. 12m/s ;

B. 16.5m/s ;

C. 7m/s ;

D. 2.5m/s 。 ()

8. 如图 2-4 所示, 绳子跨过两个定滑轮, 两端分别挂一个质量均为 m 的完全相同的物体, 开始时它们处于同一高度。现使右边的物体在平衡位置附近来回摆动, 则左边的物体将:

A. 向上运动; B. 向下匀速运动;

C. 向下加速运动; D. 保持不动;

E. 时而向上, 时而向下运动。

图 2-3

图 2-4

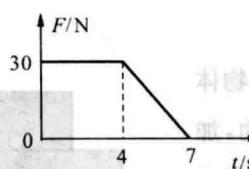


图 2-3

二、填空题

1. 质量为 m 的木块在水平面上作直线运动, 当速度为 v_0 时仅在摩擦力作用下开始作匀减速运动, 经过距离 s 后停止, 则木块加速度的大小为 $a = \underline{\hspace{1cm}}$; 木块与水平面间的摩擦因数为 $\mu = \underline{\hspace{1cm}}$ 。

2. 质量为 m_1 的质点, 置于长为 l 、质量为 m_2 的均质细杆的延长线上, 质点与细杆近端距离为 r , 选如图 2-5(a) 所示坐标系, 则细杆上长度为 dx 的一段微元与质点之间万有引力的大小为 $dF = \underline{\hspace{1cm}}$

$\underline{\hspace{1cm}}$, 细杆与质点之间万有引力的大小为 $F = \underline{\hspace{1cm}}$

$\underline{\hspace{1cm}}$ 。选如图 2-5(b) 所示坐标系, 则细杆上长度为 dx 的一段微元与质点之间万有引力

的大小为 $dF = \underline{\hspace{1cm}}$, 细杆与质点之间万有引力的大小为 $F = \underline{\hspace{1cm}}$

3. 质量为 $m=5\text{kg}$ 的质点在 xOy 平面内运动, 其运动方程为 $\mathbf{r}=6\mathbf{i}-3t^2\mathbf{j}$ (SI), 则质点所受的合力 \mathbf{F} 的大小为 $F = \underline{\hspace{1cm}}$ N, 其方向为 $\underline{\hspace{1cm}}$ 。

4. 质量为 m 的质点在力 $F_x=c+bt$ (SI) 作用下, 沿 x 轴正方向运动, 式中 c, b 为正的常量。已知 $t=0$ 时, $x_0=0, v_0=0$ 。则

在任一时刻质点速率的表达式为 $v = \underline{\hspace{1cm}}$;

其运动方程为 $x = \underline{\hspace{1cm}}$ 。

5. 质量为 $m=0.25\text{kg}$ 的质点, 受力 $\mathbf{F}=t\mathbf{i}$ (SI) 的作用, 式中 t 为时间。在 $t=0$ 时质点以 $v=2\text{m/s}$ 的速度通过坐标原点, 则质点任意时刻的位矢为 $\mathbf{r} = \underline{\hspace{1cm}}$ 。

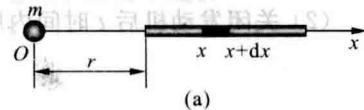
6. 质量为 m 的物体, 在力 $F=-kx$ 作用下沿 x 轴运动。已知在 $t=0$ 时, $x_0=A$, $v_0=0$ 。若令 $\frac{k}{m}=\omega^2$, 则物体运动的速度与位置坐标的关系为 $v = \underline{\hspace{1cm}}$;

其运动方程为 $x = \underline{\hspace{1cm}}$ 。

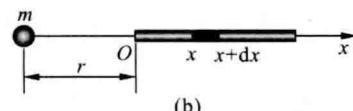
7. 在光滑的水平桌面上, 有一自然长度为 l_0 , 劲度系数为 k 的轻弹簧, 其一端固定, 另一端系一质量为 m 的小球。若小球在桌面上以角速度 ω 绕固定端作匀速圆周运动, 则该圆周的半径 $R = \underline{\hspace{1cm}}$, 弹簧作用于质点的拉力 $F = \underline{\hspace{1cm}}$

8. 直升飞机升力螺旋桨由对称的叶片组成, 每一叶片的质量为 $m=136\text{kg}$, 长度 $l=3.66\text{m}$ 。当它的转数 $n=320\text{r/min}$ 时, 则叶片根部张力的表达式为 $T = \underline{\hspace{1cm}}$

$\underline{\hspace{1cm}}$; 其值为 $\underline{\hspace{1cm}}$ 。(设叶片为均匀薄片)



(a)



(b)

图 2-5

• 工科物理大作业 •

三、计算与证明题

1. 质量为 m ,速度为 v_0 的摩托车,在关闭发动机以后沿直线滑行,它所受到的阻力 $f = -cv$,式中 c 为正常数。试求:

(1) 关闭发动机后 t 时刻的速度;

(2) 关闭发动机后 t 时间内所走的路程。

A. $f = -cv$

B. $f = -\frac{cv}{m}$

C. $f = -\frac{mv}{c}$

D. $f = -\frac{cv^2}{m}$

E. 质量为 $m=10kg$ 的物体在

A. $120m/s$

B. $12m/s$

C. $1200m/s$

D. $12000m/s$

E. $120000m/s$

F. $1200000m/s$

G. $12000000m/s$

H. $120000000m/s$

I. $1200000000m/s$

J. $12000000000m/s$

K. $120000000000m/s$

L. $1200000000000m/s$

M. $12000000000000m/s$

N. $120000000000000m/s$

O. $1200000000000000m/s$

P. $12000000000000000m/s$

Q. $120000000000000000m/s$

R. $1200000000000000000m/s$

S. $12000000000000000000m/s$

T. $120000000000000000000m/s$

U. $1200000000000000000000m/s$

V. $12000000000000000000000m/s$

W. $120000000000000000000000m/s$

X. $1200000000000000000000000m/s$

Y. $12000000000000000000000000m/s$

Z. $120000000000000000000000000m/s$

2. 为了减轻冰雹灾害, 现可采用发射防雹火箭的方法, 根据气象部门提供的云层高度资料, 适时引爆火箭, 将碘化盐催化剂洒在云层上消冰。设火箭(含碘化盐)的质量为 m , 其以 v_0 的速度竖直发射, 火箭所受阻力 $F_r = kv$, 式中 k 为正常数。试求:

(1) 火箭发射达到最高点所需的时间;

(2) 火箭所能到达的最大高度。(假设火箭在飞行过程中质量不变。)

• 工科物理大作业 •

3. 如图 2-6 所示, 具有光滑半球形凹槽的物块 A 固定在桌面上, 质量为 m 的质点从凹槽的半球面(半径为 R)的上端 P 点自静止下滑, 当滑至 $\theta=30^\circ$ 的 Q 点时, 试求:

(1) 质点在 Q 点的速率;

(2) 质点在 Q 点对球面的压力。

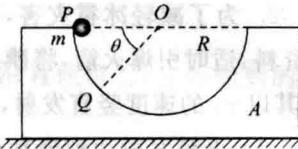


图 2-6

四、简答题

试述牛顿力学的适用范围。

选自五
03

03 守恒定律

牛顿力学的适用范围是怎样的？

牛顿力学只适用于宏观物体的低速运动，不能适用于微观世界和高速运动。

在下列关于动量的表达中，不正确的是：

A. 动量是标量，只与速率成正比；

B. 不是由于内力做功才守恒，而是合外力为零，系统的初动能等于零；

C. 内力不影响系统总动量，但便影响总能量；

D. 内力对系统内各质点的动量没有影响。

在下列关于势能的表达中，正确的是：

A. 非保守力作正功时，系统的相关势能增加；

B. 质点在保守场中沿任一闭合路径运动一周，保守力对其作用力为零；

C. 作用力与反作用力大小相等，方向相反，所以两者作功的代数和必为零；

D. 只要有摩擦力存在，系统的机械能将不再能守恒。

在下列关于机械能的表达中，不正确的是：

A. 在研究多体系的平衡规律时，可以认为重心集中了该体系的全部质量；

B. 重心运动服从质心运动定律；

C. 重心动量等于质心系的总动量；

D. 重心所在位置不可能在物体之外。

两个质量变成一力学系统，它们之间只有引力起作用，且只受外力的矢量和为零，则必须满足：

A. 动量、机械能和对某一点的角动量均守恒；

B. 动量、机械能守恒，角动量不一定守恒；

C. 动量、角动量守恒，机械能不一定守恒。

•工科物理大作业•

五、自选题

如图所示，质量为 m 的物体，具有光滑半球形凹槽的圆环，半径为 R ，圆环静止于粗糙水平面上，球心在 P 点，当受到一个水平冲量后，

(1) 滚动并停止的速率。

(2) 滚动时对球心的冲量。