

2018 寒假班华询教育高一物理基础教案

目录

第一讲	匀速圆周运动、角速度与线速度的关系.....	2
第二讲	向心加速度、向心力.....	3
第三讲	圆周运动应用（一）	6
第四讲	圆周运动应用（二）	8
第五讲	简谐运动、振幅、周期和频率.....	10
第六讲	简谐运动的图像、单摆.....	12
第七讲	波的形成与传播 波长、频率、波速.....	14
第九讲	波的图像.....	17
第十讲	功和功率.....	20
第十一讲	动能、重力势能.....	23
第十二讲	功和能量变化的关系.....	24

第一讲 匀速圆周运动、角速度与线速度的关系

一、知识梳理

1. 匀速圆周运动：相等的时间内通过的圆弧长度都相等的运动。

2. 描述圆周运动的物理量：

➤ 周期 T ：转一圈所用的时间，单位：秒（s）；

➤ 转速（或频率）：每秒钟转过的圈数，单位：转 / 秒（r/s）或赫兹（Hz）

➤ 周期和频率的关系：
$$T = \frac{1}{n} = \frac{1}{f}$$

➤ 线速度：大小：通过的弧长跟所用时间的比值
$$v = \frac{s}{t} = \frac{2\pi r}{T} = 2\pi r f$$

方向：圆弧上该点的切线方向。

➤ 角速度：大小：半径转过的角度跟所用时间的比值
$$\omega = \frac{\theta}{t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

➤ 线速度与角速度的关系：
$$v = r\omega$$

4. 匀速圆周运动：线速度的大小不变，方向时刻变化，是变加速曲线运动。

5. 皮带传动问题解决方法：结论：1. 固定在同一根转轴上的物体转动的角速度相同。2. 传动装置的轮边缘的线速度大小相等。

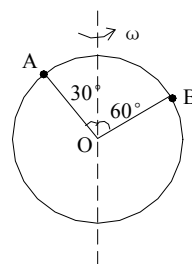
二、典型例题

1. 基本概念、公式的理解和运用

【例 1】关于匀速圆周运动，下列说法正确的是（ ）

- A. 线速度不变 B. 角速度不变
C. 加速度为零 D. 周期不变

【例 2】在绕竖直轴匀速转动的圆环上有 A、B 两点，如图所示，过 A、B 的半径与竖直轴的夹角分别为 30° 和 60° ，则 A、B 两点的线速度之比为____；向心加速度之比为____。

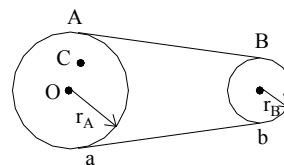


2. 传动带传动问题

【例 3】如图所示，a、b 两轮靠皮带传动，A、B 分别为两轮边缘上的点，C 与 A 同在 a 轮上，已知 $r_A = 2r_B$ ， $OC = r_B$ ，在传

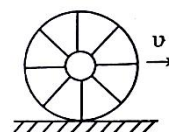
动时，皮带不打滑。求：（1） $\omega_C : \omega_B =$ ____；（2）

$v_C : v_B =$ ____；（3） $a_C : a_B =$ ____。



3. 匀速圆周运动的周期性（多解性）

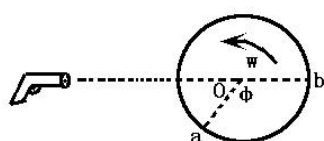
【例 4】如图所示，电视画面每 $\frac{1}{30}$ s 更迭一帧，当屏幕上出现一辆车匀速奔驰的情景时，观众如果注视车轮的辐条，往往会产生奇怪的感觉，设车轮上有八根对称分布的完全相同的辐条，试问：下列说法哪些正确



（ ）

- A. 若在 $\frac{1}{30}$ s 内, 每根辐条恰好转过 45° , 则观众觉得车轮是不动的
- B. 若在 $\frac{1}{30}$ s 内, 每根辐条恰好转过 365° , 则观众觉得车轮是不动的
- C. 若在 $\frac{1}{30}$ s 内, 每根辐条恰好转过 365° , 则观众觉得车轮是倒转的
- D. 若在 $\frac{1}{30}$ s 内, 每根辐条恰好转过 355° , 则观众觉得车轮是倒转的

例 5: 如图所示, 直径为 d 的纸制圆筒, 使它以角速度 ω 绕轴 O 匀速转动, 然后使子弹沿直线穿过圆筒. 若子弹在圆筒旋转不到半圈时, 在圆筒上留下 a 、 b 两个弹孔, 已知 ao, bo 的夹角为 ψ , 则子弹的速度为_____



三、基础练习

1. 一飞轮的直径为 40 cm, 若飞轮匀速转动, 每分钟转 120 圈, 则飞轮边缘上一点的线速度大小为_____m/s, 飞轮转动的周期为_____s。

答案: 5.02, 0.5

2. 一质点沿半径为 $R=10$ m 的圆周做匀速圆周运动, 在时间 $t=2$ s 内恰走了半圈, 则质点运动的线速度大小为_____m/s, 角速度为_____rad/s, 转动频率为_____Hz。

答案: 15.7, 1.57, 0.25

3. 四轮拖拉机前轮的半径为 0.3 m, 后轮的半径为 0.5 m, 当拖拉机行驶时后轮的转速为 90 r/min 时, 拖拉机前进的速度为_____m/s, 前轮转动的角速度为_____rad/s。

答案: 4.71, 15.7

4. 如图 1-1 所示, O_1 、 O_2 两轮通过摩擦传动, 传动时两轮间不打滑, 两轮的半径之比为 $r_1:r_2$, A 、 B 分别为 O_1 、 O_2 两轮边缘上的点, 则 A 、 B 两点的线速度大小之比为 $v_A:v_B=$ _____, 角速度之比为 $\omega_A:\omega_B=$ _____, 周期之比为 $T_A:T_B=$ _____, 转速之比为 $n_A:n_B=$ _____。

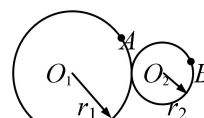


图 1-1

答案: 1:1, $r_2:r_1$, $r_1:r_2$, $r_2:r_1$

5. 一质点沿半径为 $R=20$ m 的圆周做匀速圆周运动, 其线速度的大小为 $v=5$ m/s, 则它走一圈所用的时间为_____s, 其角速度为_____rad/s。

答案: 25.1, 0.25

6. 已知月地距离为 3.8×10^5 km, 假设月球绕地球转动的周期近似为 30 d, 则月球绕地球转动的周期为_____s, 月球绕地球转动的线速度大小为_____m/s, 月球绕地球转动的角速度为_____rad/s。

答案: 2.59×10^6 , 921, 2.4×10^{-6}

7. 如图 1-3 所示, 一个圆环以竖直直径 AB 为轴匀速转动, 环上的 P 、 Q 两点和环心的连线与竖直方向所成的角分别为 60° 和 30° , 则 P 、 Q 两点转动的角速度之比为_____, P 、 Q 两点的线速度大小之比为_____。

答案: $1:1$, $\sqrt{3}:1$

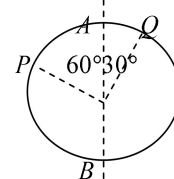


图 1-3

四、提高练习

8. 2002 年 3 月 25 日 22 时 15 分, 我国“神舟三号”无人飞船发射成功, 并进入预定轨道运行, 截止 3 月 27 日 19 时, “神舟三号”飞船已经环绕地球飞行了 30 圈, 若飞船绕地球飞行可视为做匀速圆周运动, 则飞船绕地球飞行的角速度为_____ rad/s, 飞船绕地球飞行的周期为_____ s。

答案: 1.17×10^{-3} , 5.37×10^3

9. 如图 1-4 所示的皮带传动装置, 传动时皮带与轮之间不打滑, 已知大轮半径和小轮半径的关系是 $r_1 = 2r_2$, A 、 B 分别为两轮边缘上的点, O 为大轮圆心, C 为大轮上的一点, OC 为 OA 的 $2/3$, 则传动时 A 、 B 、 C 三点的角速度之比为_____, 线速度大小之比为_____。

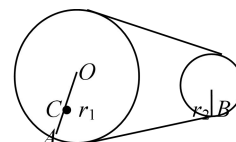


图 1-4

10. 某人在地球上北纬 30° 的某一点, 则他随地球自转的线速度大小为_____ m/s, 角速度为_____ rad/s, 他随地球绕太阳公转的线速度大小为_____ m/s, 角速度为_____ rad/s。已知地球半径 $R_{\text{地}} = 6400$ km, 日地距离为 $r = 1.5 \times 10^8$ km。

答案: 403 , 7.26×10^{-5} , 2.98×10^4 , 1.99×10^{-7}

11. 如图 1-5 所示, 一辆自行车上连接踏脚板的连杆长为 R_1 , 由踏脚板带动半径为 r_1 的大齿盘, 通过链条与半径为 r_2 的后轮齿盘连接, 再带动半径为 R_2 的后轮转动, 若将后轮架空, 踩踏脚板使后轮匀速转动, 则踏脚板上一点和后轮边缘的一点的角速度之比为_____, 线速度大小之比为_____。

答案: $r_2:r_1$, $r_2 R_1:r_1 R_2$

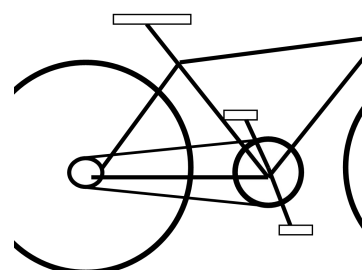


图 1-5

12. 电风扇在闪光灯下转动, 闪光灯每秒闪光 30 次, 风扇有三个均匀分布的叶片, 如果转动时观察不到叶片的转动, 则最小转速为_____ r/s, 如果转动时观察到有六个叶片, 则最小转速为_____ r/s。

答案: 10 , 5

第二讲 向心加速度、向心力

一、知识梳理

1. 向心加速度

(1)定义: 由于匀速圆周运动的速度方向时刻改变, 因此做匀速圆周运动的质点一定具有加速度, 这种加速度叫做向心加速度。特点: 总是指向圆心。

(2)匀速圆周运动的加速度方向：质点做匀速圆周运动时，在任意一点的加速度都是沿着半径指向圆心的，因此向心加速度的方向总是指向圆心。向心加速度的作用：只改变速度方向，不改变速度大小。

(3)匀速圆周运动的加速度大小：
$$a_n = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r = v\omega$$

匀速圆周运动的向心加速度大小是不变的，而方向在不断改变，所以匀速圆周运动是一种速度大小不变而速度方向时刻改变的变加速运动。

2. 向心力

(1)定义：由于匀速圆周运动具有向心加速度，根据牛顿第二定律，物体所受合外力不为零，且时刻与速度方向垂直并指向圆心。使物体产生向心加速度的力叫做向心力。

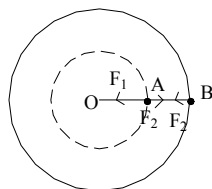
(2)公式：
$$F = ma_n = \frac{mv^2}{r} = m\omega^2 r = mv\omega$$

注意：向心力不是一种特殊的新力，它是根据力的效果命名的力，向心力的实质是前面已学过的重力、弹力、摩擦力等力或是这些力的合力。

二、典型例题

1、基本概念及规律的应用

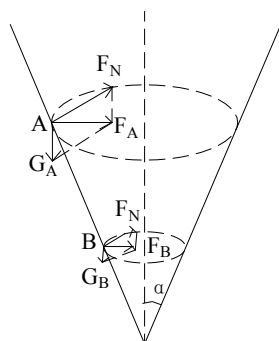
【例 1】如图所示，质量相等的小球 A、B 分别固定在轻杆的中点和端点，当杆在光滑水平面上绕 O 点匀速转动时求杆 OA 和 AB 段对球 A 的拉力之比。



★解析 向心力 $F_{\text{向}}$ 是指做匀速圆周运动物体受到的合力，而不一定是某一个力，要对物体进行受力分析。

【例 2】如图所示，一个内壁光滑的圆锥筒的轴线垂直于水平面，圆锥筒固定不动，有两个质量相同的小球 A 和 B 紧贴着内壁分别在图中所示的水平面内作匀速圆周运动，则下列说法正确的是（ ）

- A. 球 A 的线速度必定大于球 B 的线速度
- B. 球 A 的角速度必定小于球 B 的角速度
- C. 球 A 的运动周期必定小于球 B 的运动周期
- D. 球 A 对筒壁的压力必定大于球 B 对筒壁的压力

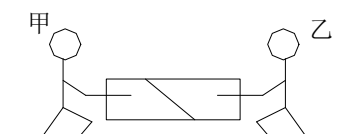


★解析 ①“向心力始终指向圆心”可以帮助我们合理处理物体的受力；② 根据问题讨论需要，解题时要合理选择向心力公式。

2、 轨迹圆（圆心、半径）的确定

【例 3】甲、乙两名滑冰运动员， $M_{\text{甲}} = 80\text{kg}$ ， $M_{\text{乙}} = 40\text{kg}$ ，面对面拉着弹簧秤做匀速圆周运动的滑冰表演，如图所示，两人相距 0.9m ，弹簧秤的示数为 9.2N ，下列判断中正确的是（ ）

- A. 两人的线速度相同，约为 40m/s
- B. 两人的角速度相同，为 6rad/s
- C. 两人的运动半径相同，都是 0.45m
- D. 两人的运动半径不同，甲为 0.3m ，乙为 0.6m



★解析 有些匀速圆周运动的轨迹圆是比较“隐蔽”的，一旦理解错误，就会给解题带来麻烦，如本题中两人做匀速圆周运动的半径并不是两人的间距，例 2 中 A、B 做圆周运动的圆心并不是圆环的中心 O 等。

三、基础练习

- 有一个匀速转动的圆盘，盘边缘的 A 点有一质量为 m 的质点，其线速度大小为 v ，所受的向心力大小为 F ，则质点运动的角速度为_____，质点运动的加速度大小为_____，圆盘的半径为_____。

答案： F/mv ， F/m ， mv^2/F

- A、B 两质点都做匀速圆周运动，它们的质量之比为 $m_A:m_B=1:2$ ，半径之比为 $R_A:R_B=1:3$ ，周期之比为 $T_A:T_B=2:1$ ，则 A、B 两质点的线速度大小之比为_____，角速度之比为_____，向心加速度的大小之比为_____，所受向心力的大小之比为_____。

答案： $1:6$ ， $1:2$ ， $1:12$ ， $1:24$

- 甲、乙两质点都做匀速圆周运动，甲的转动半径是乙的转动半径的 $3/4$ ，当甲转 4 圈时乙转 3 圈，则甲、乙两质点的角速度之比 $\omega_{\text{甲}}:\omega_{\text{乙}}=_____$ ，它们的向心加速度大

小之比为 $a_{甲}:a_{乙} =$ _____。

答案: 4:3, 4:3

4. 上海锦江乐园新建的世界第五、全国最高的“摩天轮”转椅的直径为 98 m, 转一圈所需时间为 25 min, 那么, 在正常运转时其角速度为_____rad/s, 轮边缘一点的线速度大小为_____m/s, 轮边缘一点的向心加速度大小为_____m/s²。

答案: 0.0042, 0.205, 0.00086

5. 如图 2-1 所示的皮带传动装置, 大轮半径为 $2R$, 小轮半径为 R , A 、 B 为两轮边缘上的一点, C 为大轮上离轮轴为 R 处的一点, 传动时皮带不打滑, 则 A 、 B 、 C 三点的线速度大小之比为_____, 三点的角速度之比为_____, 三点的向心加速度大小之比为_____。

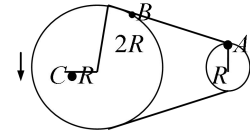


图 2-1

6. 如图 2-2 所示为自行车链条传动装置, A 、 B 、 C 分别为踏脚板、大轮和小轮边缘上的点, 它们的转动半径之比为 $3:2:1$, 则在匀速转动时, 三点的线速度大小之比 $v_A:v_B:v_C =$ _____, 角速度之比 $\omega_A:\omega_B:\omega_C =$ _____, 向心加速度大小之比 $a_A:a_B:a_C =$ _____。

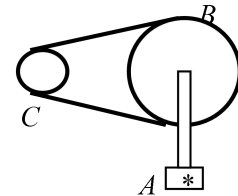


图 2-2

7. 火车机车轮子的转速为 n_1 , 车厢轮子的转速为 n_2 , 且 $n_1 = \frac{3}{5} n_2$, 车厢轮子的半径为 $R_2 = 36$ cm, 在火车行驶时, 这两种轮子边缘上的点的向心加速度大小之比 $a_1:a_2$ 为_____, 机车轮子的半径为 $R_1 =$ _____cm。

答案: 1、3:5, 60

8. 全自动洗衣机中的脱水桶的直径为 38 cm, 脱水桶工作时的转速为 820 r/min, 设脱水时衣服都紧贴着桶壁, 则脱水桶工作时衣服所具有的向心加速度大小为_____m/s², 这一数值是重力加速度的_____倍。

答案: 2、 1.4×10^3 , 143

9. 一个做匀速圆周运动的物体, 若半径保持不变, 使角速度变为原来的 3 倍, 其所受向心力的大小增加 64 N, 则它原来所受的向心力大小为_____N。

答案: 3、8

10. 甲、乙两质点均做匀速圆周运动, 甲的质量和半径均为乙的 $\frac{1}{2}$ 。甲转过 60° 时, 乙恰好转过 45° 。则甲、乙两质点所受的向心力大小之比为_____。

答案: 4、4:9

四、提高练习

11. 如图 2-5 所示的皮带传动装置, 传动时皮带与轮之间不打滑, 大轮半径是小轮半径的 2 倍, A 、 B 分别为小轮边缘和大轮边缘上的点, C 为大轮上离轮轴为 R 处的一点, 则转动

时 B 点的角速度是 A 点角速度的_____倍， A 点向心加速度的大小是 B 点向心加速度的大小的_____倍， C 点向心加速度的大小是 A 点向心加速度的大小的_____倍， C 点的角速度是 A 点角速度的_____倍。

答案：5、0.5，2，1/4，1/2，

12. 如图 2-6 所示，在轮 B 上有共轴小轮 A ，轮 B 通过皮带带动轮 C ，皮带与轮间没有相对滑动， A 、 B 、 C 三轮的半径依次为 r_1 、 r_2 和 r_3 ，绕在 A 轮上的绳子，一端固定在 A 轮边缘，另一端系有重物 P ，当重物 P 以速率 v 匀速下降时， C 轮转动的角速度为_____， C 轮边缘上的点转动的向心加速度大小为_____。

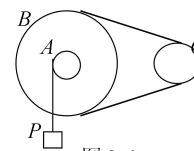


图 2-6

答案： $\frac{vr_2}{r_1r_3}$ ， $\frac{v^2r_2^2}{r_1^2r_3}$ ，

第三讲 圆周运动应用（一）

一、基础练习

1. 汽车沿着半径为 25 m 的圆形跑道行驶，设跑道的路面是水平的，路面作用于车的摩擦力的最大值为车重的 1/10，要使汽车行驶过程中不致冲出圆跑道，车速最大不能超过_____m/s。

答案：1、5

2. 一绳长为 L ，一端固定于光滑水平面上的 O 点，另一端系一质量为 m 的小球，使小球在水平面上做匀速圆周运动，其周期为 T ，则绳中张力的大小为_____，小球受到_____力的作用，若保持周期不变，绳长变为原来的 2 倍，则绳中张力大小变为原来的_____倍，若保持小球的线速度大小不变，绳长变为原来的 2 倍，绳中的张力的大小变为原来的_____倍。

答案： $4\pi^2Lm/T^2$ ，重力、支持力和绳子拉力，2，1/2，

3. 如图 3-1 所示，在光滑水平面上有两枚钉子，右边一枚钉子上系一绳，绳的另一端系一小球，绳向右拉紧时给小球一个垂直于绳的水平速度，小球绕钉转动，绳逐渐绕到钉上，则小球每转过半圈，其（ ）
- (A) 线速度变小一次，
 (B) 角速度变大一次，
 (C) 向心加速度变小一次，
 (D) 向心力变大一次。



图 3-1

答案：B、D

4. 如图 3-7 所示, 用细绳相连的小球 a 、 b 可在水平光滑杆上滑动, 两小球的质量关系为 $m_a = 2m_b$, 水平杆随装置匀速转动的角速度为 ω , 两球离竖直转轴的距离不变, 则 ()

- (A) 两球所需向心力的大小相等,
 (B) a 球的向心力大于 b 球的向心力,
 (C) a 球离转轴的距离是 b 球离转轴距离的一半,
 (D) 当 ω 增大时 a 球将向外滑动。

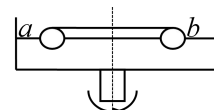


图 3-7

答案: A、C

二、提高练习

5. 如图 2-3 所示, 半径为 R 的水平圆板做匀速转动, 当圆板半径 OB 转到图示位置时, 有一小球从 B 点正上方 h 高处自由下落, 要使小球与板只碰一次且落在圆板边缘的 B 点, 求: (1) 圆板的最小角速度, (2) 圆板边缘上的点转动的向心加速度。

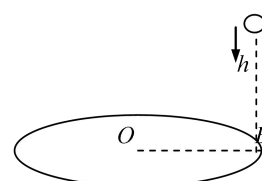


图 2-3

答案: (1) $\pi\sqrt{2g/h}$, (2) $2\pi^2 gR/h$

6. 如图 2-4 所示, 半径为 $R=0.8\text{ m}$ 的圆环内侧的 P 点处粘有一块质量为 $m=0.2\text{ kg}$ 的油灰, 圆环在竖直平面内以某角速度 ω 绕通过环心的水平轴开始匀速转动的同时, 有一小球自环心处自由下落, 到底端时恰与小灰相碰, 求: (1) 圆环角速度的大小, (2) 油灰运动的向心加速度大小和向心力大小。

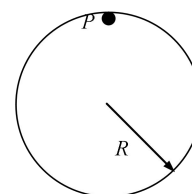


图 2-4

答案: (1) $\frac{5\pi}{2} (2k+1) \text{ rad/s}$, $k=0, 1, 2, \dots$, (2) $5\pi^2 (2k+1)^2 \text{ m/s}^2$,

$k=0, 1, 2, \dots$, $\pi^2 (2k+1)^2 \text{ N}$, $k=0, 1, 2, \dots$,

第四讲 圆周运动应用 (二)

一、基础练习

1. 质量为 m 的小球, 沿着在竖直平面内的圆形轨道的内侧运动, 已知它经过轨道最高点而不脱离轨道的最小速率为 v , 则小球以 $2v$ 的速率通过轨道最高点时, 它对轨道的压力大小是 ()

- (A) mg , (B) $2mg$,
 (C) $3mg$, (D) $4mg$ 。

答案: C,

2. 汽车两次通过同一凸形桥的最高点，第一次速率比第二次大，则（ ）

(A) 第一次汽车对桥顶的压力较大，
 (B) 第二次汽车对桥顶的压力较大，
 (C) 第一次汽车所需的向心力较大，
 (D) 第二次汽车所需的向心力较大。

答案：B、C

3. 如图 3-2 所示，一绳子一端固定于 O 点，另一端系一小球，将小球向右拉开，使绳拉紧且拉至水平位置放手，让小球无初速落下，在 O 点的正下方的 P 点有一钉子，能阻止 OP 部分绳子的摆动，则当摆球向左运动到最低点时突然增大的物理量有（ ）

(A) 摆球运动的线速度，
 (B) 摆线摆动的角速度，
 (C) 摆球运动的向心加速度，
 (D) 摆线对小球的拉力。

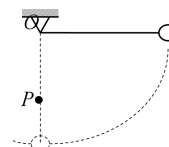


图 3-2

答案：B、C、D，

4. 一座半径为 10 m 的圆弧凸形桥，最高点能承受的最大压力为 30000 N ，现有质量为 4 t 的汽车通过这桥的最高点，则（ ）

(A) 此桥必承受不住，
 (B) 只要车速大于 5 m/s 桥就承受得起，
 (C) 只要车速小于 5 m/s 桥就承受得住，
 (D) 只要车速大于 $5\sqrt{3}\text{ m/s}$ 桥就承受得住，小于 $5\sqrt{3}\text{ m/s}$ 桥就承受不住。

答案：B

5. 质量为 m 的小球，在竖直平面内的圆形光滑轨道内侧运动，两次通过最高点时，对轨道的压力大小分别为 $3mg$ 和 $8mg$ ，则小球前后两次通过最高点时，所受合外力大小之比和两次通过最高点时的线速度大小之比分别为（ ）

(A) 3:8, 4:9, (B) 4:9, 4:9,
 (C) 4:9, 2:3, (D) 2:7, $\sqrt{2}:\sqrt{7}$ 。

答案：C

6. 质量为 m 的汽车以大小为 v 的速度通过半径为 R 的凸形桥的最高点时，所受向心力的大小为_____，其向心加速度的大小为_____，桥面对汽车的支持力大小为_____。

答案： $m\frac{v^2}{R}$, $\frac{v^2}{R}$, $mg - m\frac{v^2}{R}$

7. 质量为 m 的汽车以速度 v 通过半径为 R 的凹形地的最低点时所受向心力的大小为_____，其向心加速度的大小为_____，地面对汽车的支持力大小为_____。

答案： $m\frac{v^2}{R}$, $mg + m\frac{v^2}{R}$,

8. 质量为 m 的小球，以速度 v 沿在竖直平面内的半径为 R 的圆环内侧通过最高点时，环对

小球的弹力大小为_____，小球以速度 v 沿该圆环内侧通过最低点时，环对小球的弹力大小为_____。

答案: $m\frac{v^2}{R} - mg$, $mg + m\frac{v^2}{R}$

9. 质量为 m 的小球，在竖直平面内的圆形轨道外侧运动，已知它经过轨道最高点而不脱离轨道的最大速率为 v ，则当小球以 $v/2$ 的速度通过轨道最高点时，它对轨道的压力大小为_____。

答案: $\frac{3mg}{4}$

10. 如图 3-3 所示，一个圆柱形天空实验室的半径为 R ，为了要模拟重力，天空实验室将绕其轴线匀速转动，其角速度为_____时恰似有“重力”作用在实验室内各物体上，角速度为_____时有 3 倍重力的超重。

答案: $\sqrt{\frac{g}{R}}$, $\sqrt{\frac{3g}{R}}$,

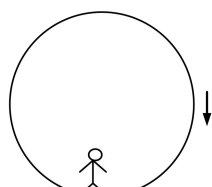


图 3-3

11. 如图 3-4 所示，一个质量为 2 kg 的滑块沿着粗糙的竖直圆弧轨道外侧滑行，经过最高点时的速度为 $v = 2\text{ m/s}$ ，圆弧的半径为 $R = 2\text{ m}$ ，滑块与轨道间的动摩擦因数为 $\mu = 0.2$ ，则滑块经过最高点时轨道对滑块的弹力大小为_____ N，滑块所受摩擦力的大小为_____ N。

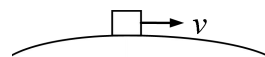


图 3-4

答案: 16, 3.2,

二、提高练习

12. 一质量为 m 的汽车沿半径为 R 的凹形地行驶，若要求经过最低点时对地面的压力大小为 $2mg$ ，经过最低点时速度应为多大？若以此速度 2 倍的速度通过最低点，则对地面的压力又为多大？若以此速度一半大小的速度通过最低点又如何？

答案: $\sqrt{Rg}$, $5mg$, $\frac{5}{4}mg$ (提示: 由方程 $N - mg = m\frac{v^2}{R}$ 解),

13. 一辆汽车的质量为 $m = 2\text{ t}$ ，沿半径为 $R = 50\text{ m}$ 的凸形桥行驶，车与桥面间的动摩擦因数为 $\mu = 0.2$ ，经过最高点时车速为 $v = 10\text{ m/s}$ ，求：(1) 车经过最高点时对桥面的压力；(2) 车经过最高点时所受的摩擦力大小及此时车的加速度大小。

答案: 16000 N, 3200 N, 2.56 m/s^2

第五讲 简谐运动、振幅、周期和频率

一、知识梳理

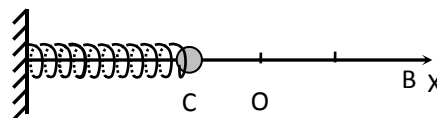
1. 产生机械振动的条件：始终存在指向平衡位置的回复力。

2. 简谐运动的模型之一：弹簧振子

① 位移 x ：由平衡位置指向振动质点所在位置的有向线段，是矢量。

② 回复力 F ：使振动物体回到平衡位置的力。回

复力始终指向平衡位置，回复力是以效果命名的力。此模型中的回复力是由弹簧的弹力提供。



③ 加速度 a ：因为 $a = F_{\text{合}}/m$ ，此模型中的振子所受的合力就是弹簧的弹力，即回复力，所以 a 的大小和方向与 F 相同。

④ 速度 v ：在平衡位置时，速度最大，加速度为零；在最大位移处，速度为零，加速度最大；所以，远离平衡位置的过程是加速度变大的减速运动，靠近平衡位置的过程是加速度变小的加速运动，是一种变加速运动。

3. 描述振动的物理量

① 周期 T (s) 和频率 f (Hz)：表示振动快慢的物理量， $T = 1/f$ 。

② 振幅 A (m)：振动物体离开平衡位置的最大距离，标量，表示振动的强弱。

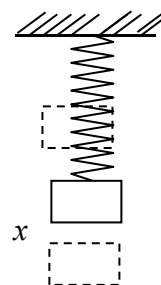
③ 全振动：振动的质点从某位置出发再次回到该位置，并保持与出发时相同的运动方向的过程。振动物体在一次全振动中经过的路程为 4 倍振幅。

二、典型例题

[例 1] 有一弹簧振子做简谐运动，则()

- A. 加速度最大时，速度最大 B. 速度最大时，位移最大
C. 位移最大时，回复力最大 D. 回复力最大时，加速度最大

[例 2] 试证明竖直方向的弹簧振子的振动是简谐运动。



[例 3] 弹簧振子以 O 点为平衡位置在 B 、 C 两点之间做简谐运动。 B 、 C 相距 20 cm。某时刻振子处于 B 点，经过 0.5 s，振子首次到达 C 点。求：(1) 振动的周期和频率；

(2) 振子在 5 s 内通过的路程及位移大小；

(3) 振子在 B 点的加速度大小跟它距 O 点 4 cm 处 P 点的加速度大小的比值。

[例 4]一弹簧振子做简谐运动. 周期为 T []

A. 若 t 时刻和 $(t+\Delta t)$ 时刻振子运动速度的大小相等、方向相反, 则 Δt 一定等于 $T/2$ 的整数倍

D. 若 t 时刻和 $(t+\Delta t)$ 时刻振子运动位移的大小相等、方向相同, 则 Δt 一定等于 T 的整数倍

C 若 $\Delta t = T/2$, 则在 t 时刻和 $(t-\Delta t)$ 时刻弹簧的长度一定相等

D. 若 $\Delta t = T$, 则在 t 时刻和 $(t-\Delta t)$ 时刻振子运动的加速度一定相同

三、基础练习

1. 简谐运动是下列哪一种运动 ()

A. 匀变速运动 B. 匀速直线运动 C. 变加速运动 D. 匀加速直线运动

答案: C

2. 下列哪些物体的运动属于机械振动 ()

A、在水面上随波运动的小舟 B、在地面上拍打的篮球
C、摩托车行驶时的颠簸 D、秋千的运动

答案: A、C、D

3. 关于振动的平衡位置, 下列说法正确的是 ()

A、位移为零 B、回复力为零 C、加速度为零 D、合力为零 E、速度最大

答案: AB E

4. 一质点做简谐运动, 当位移为正的最大值时, 质点的 ()

A. 速度为正的最大值, 加速度为零 B. 速度为负的最大值, 加速度为零
C. 速度为零, 加速度为正的最大值 D. 速度为零, 加速度为负的最大值

答案: D

5. 关于振幅的各种说法正确的是 ()

A. 振幅是振子离开平衡位置的最大距离 B. 振幅大小表示振动能量的大小
C. 振幅越大, 振动周期越长 D. 振幅增大, 振动物体最大加速度也增大

答案: A、B

6. 做简谐运动的物体每次经过同一位置时, 一定相同的物理量是 ()

A. 速度 B. 位移 C. 回复力 D. 加速度

答案: BCD

7. 弹簧振子在光滑的水平面上做简谐运动, 在振子向平衡位置运动的过程中:

A. 振子所受回复力逐渐增大 B. 振子的位移逐渐增大
C. 振子的速度逐渐减小 D. 振子的加速度逐渐减小

答案: D

8. 弹簧振子正在振动, 振幅为 A , 周期为 T , t_1 时刻运动到 a 点, t_2 时刻运动到 b 点, 如果 $t_2 - t_1 = T/4$, 则 ab 两点间的距离可能是 ()

A、0 B、大于 A C、等于 A D、小于 A

答案: ABCD

9. 甲物体做简谐运动, 在 6 s 内完成了 30 次全振动, 它振动的频率是 _____ Hz . 若甲物体完

成15次全振动的时间内,乙物体恰好完成了3次全振动,则两个物体的周期之比为_____。

10、关于弹簧振子所处的位置和通过的路程,下列说法正确的是()

- A.运动一个周期后位置一定不变,通过的路程一定是振幅的4倍
- B.运动半个周期后位置一定不变,通过的路程一定是振幅的2倍
- C.运动1/4周期后位置可能不变,路程不一定等于振幅
- D.运动一段后若位置不变,通过的路程一定是4A

答案: A、C

四、提高练习

11.做简谐运动的物体,在从最大位移向平衡位置运动的过程中,下列说法中正确的是()

- (A) 加速度逐渐减小,速度也逐渐减小
- (B) 是匀加速运动
- (C) 加速度与速度的方向都与位移的方向相反
- (D) 回复力总是跟速度反向

答案: C

12.做简谐运动的物体,当振子位移为负值时()。

- (A) 速度不一定为正,加速度一定为正
- (B) 速度一定为正,加速度一定为负
- (C) 速度一定为负,加速度一定为正
- (D) 速度一定为负,加速度也一定为负

答案: A

13.关于简谐运动的有关物理量,下列说法中错误的是()

- A. 回复力方向总是指向平衡位置.
- B. 向平衡位置运动时,加速度越来越小,速度也越来越小.
- C. 加速度和速度方向总是跟位移方向相反. D. 速度方向有时跟位移方向相同,有时相反

答案: B、C

14. 做简谐振动的物体,振动周期为2s,运动经过平衡位置时开始计时,那么当 $t=1.2s$ 时,物体()

- A. 正在做加速运动,加速度的值正在增大
- B. 正在做减速运动,加速度的值正在减小
- C. 正在做减速运动,加速度的值正在增大
- D. 正在做加速运动,加速度的值正在减小

答案: C

15. 一个弹簧振子的振动周期是0.025s,当振子从平衡位置开始向右运动,经过0.17s时,振子的运动情况是()

- A. 正在向右做减速运动
- B. 正在向右做加速运动
- C. 正在向左做减速运动
- D. 正在向左做加速运动

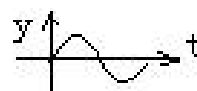
答案: B

第六讲 简谐运动的图像、单摆

一、知识梳理

1、简谐运动:物体在跟位移大小成正比,并且总是指向平衡位置的力作用下的振动。受力特征: $F=-kx$ 。

2、简谐运动的图像



①意义:表示振动物体位移随时间变化的规律,注意振动图像不是质点的运动轨迹.

②特点:简谐运动的图像是正弦(或余弦)曲线.

③应用:可直观地读取振幅A、周期T以及各时刻的位移x,判定回复力、加速度方向,

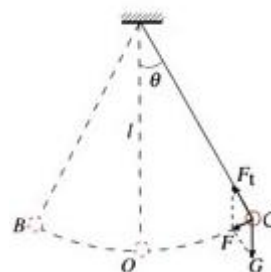
判定某段时间内位移、回复力、加速度、速度、动能、势能的变化情况。

3. 单摆:

用一根轻柔的细线悬挂一个质量比细线大得多,直径比细线小得多的小球,当细线的质量和球的尺寸完全可以忽略时,这样的装置叫做单摆。

4. 单摆的振动:

把质量为 m 的单摆小球从平衡位置 O 拉开一小段距离,这时悬线和竖直方向的夹角为 ϑ , 放开后,摆球始终受到重力 mg 和细线拉力的作用,重力的一个分力 $F=mg\sin\vartheta$ 沿圆弧切线指向平衡位置 O , 这个力就是单摆运动的回复力。



研究发现:当摆角 $\vartheta < 5^\circ$, $\sin\vartheta = x/l$, 其中, x 为单摆离开平衡位置的位移, l 为从悬点到摆球重心的距离,即为摆长。

所以,回复力 $F=mg\sin\vartheta=mgx/l$

其中 mg/l 为常数,令 $mg/l=k$, 得 $G_2=-kx$

因此,在摆角小于 5° 时,摆球所受的回复力的大小与位移大小成正比,方向与位移相反,即单摆的振动为简谐振动。

5. 单摆的周期公式:

荷兰物理学家惠更斯(1692-1695)研究单摆的振动规律,发现并确定了单摆的周期公

式: $T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$, 式中, L 为单摆的摆长, g 为当地的重力加速度。

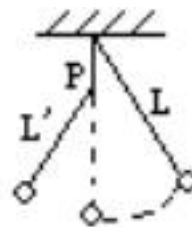
单摆的振动周期与振幅无关,称为单摆的等时性。

二、典型例题

题型一:理解单摆的摆长的意义:

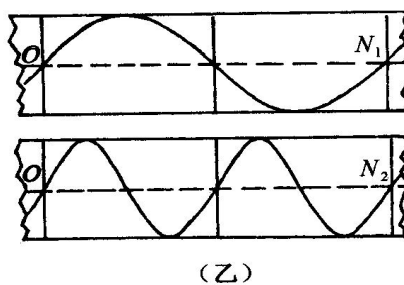
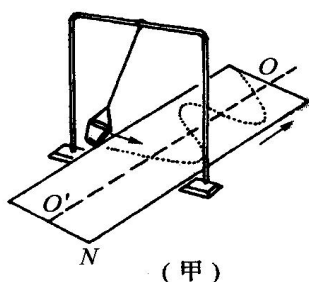
示例一:一摆长为 L 的单摆,在悬点正下方 ($L-L'$) 的 P 点处有一钉子,如图所示,这个单摆的周期是(两个摆角都很小)()

- A. $T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$; B. $T=2\pi\sqrt{\frac{L'}{g}}$;
C. $T=2\pi(\sqrt{\frac{L}{g}}+\sqrt{\frac{L'}{g}})$; D. $T=\pi(\sqrt{\frac{L}{g}}+\sqrt{\frac{L'}{g}})$ 。



题型二:对振动图像的理解和运用:

示例二:如图所示(甲)是演示简谐运动图像的沙漏装置。当薄木板 N 被匀速地拉出时,摆动着的沙漏中漏出的沙在木板上形成的曲线显示出摆的位移随时间的变化,板上的虚线 OO' 代表时间轴。图中(乙)是两个摆中的沙在各自木板上形成的曲线,若板 N_1 和板 N_2 拉动的速度 v_1 和 v_2 的关系为 $v_2=2v_1$, 则板 N_1 、 N_2 上曲线所代表的振动的周期 T_1 和 T_2 的关系为()

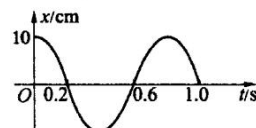


- A. $T_2=T_1$; B. $T_2=2T_1$; C. $T_2=4T_1$; D. $T_2=T_1/4$ 。

三、基础练习

1. 某质点做简谐运动的图像如图所示，则下列说法中正确的是 ()。

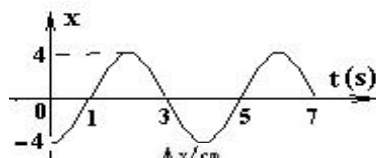
- (A) $0\sim 0.2\text{s}$ 内质点的加速度逐渐增大
(B) $0.2\sim 0.4\text{s}$ 内质点的加速度逐渐增大
(C) $0.4\sim 0.6\text{s}$ 内质点的速度逐渐增大
(D) $0.6\sim 0.8\text{s}$ 内质点的速度逐渐增大



答案：B、C

2. 如图是一个弹簧振子作简谐振动的图象，下列判断哪些是正确的 ()

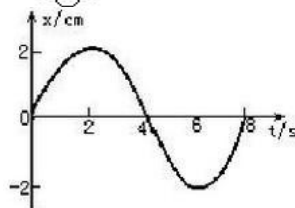
- A. $t=2$ 秒时，速度和加速度的方向相同
B. $t=3$ 秒时，回复力为零，速度正向最大
C. $t=4$ 秒时，回复力最大，速度为零
D. $t=5$ 秒时，回复力为零，速度正向最大



答案：CD

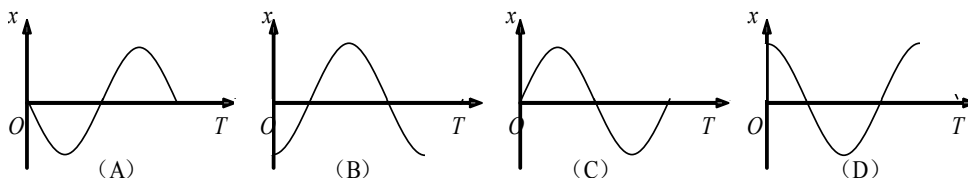
3. 图所示为质点的振动图像，下列判断中正确的是 ()

- A. 质点振动周期是 8s ;
B. 振幅是 $\pm 2\text{cm}$;
C. 4s 末质点的速度为负，加速度为零;
D. 10s 末质点的加速度为正，速度最大



答案：A、C

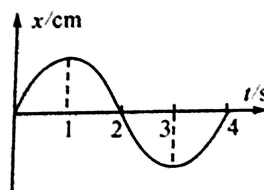
4. 一个弹簧振子沿 x 轴做简谐运动，取平衡位置 O 为 x 轴坐标原点。从某时刻开始计时，经过四分之一的周期，振子具有沿 x 轴正方向有最大加速度。能正确反映振子位移 x 与时间 t 关系的图像是 ()



答案：A

5. 如图所示是质点 P 在 $0\sim 4\text{s}$ 时间内的振动图象。对此，下列叙述中正确的是 ()。

- A. 再经过 1s ，该质点的位移是正向最大
B. 再经过 1s ，该质点的速度方向向上
C. 再经过 1s ，该质点的加速度方向向上
D. 再经过 1s ，该质点的加速度最大



答案：A、D

6. 把实际的摆看作单摆的条件是 ()

- ①细线的伸缩可以忽略；②小球的质量可以忽略；③细线的质量可以忽略；④小球的直径比细线的长度小得多；⑤小球的最大偏角足够小

- A. ①②③④⑤ B. ①②③④ C. ①③④ D. ②③④⑤

答案：C

7. 关于单摆的运动情况，下列说法中正确的是 ()

- A. 摆球的回复力由摆球的重力和悬线的拉力的合力提供

- B. 摆球的回复力只是摆球的重力的一个分力
C. 摆球在最低点时，回复力为零，加速度不为零
D. 摆球在最高点时，悬线中张力最小

答案：BCD

8、一个单摆从甲地移至乙地，其振动变慢了，其原因和调整的方法应为 ()

- A、 $g_{\text{甲}} > g_{\text{乙}}$ ，将摆长缩短
B、 $g_{\text{甲}} > g_{\text{乙}}$ ，将摆长加长
C、 $g_{\text{甲}} < g_{\text{乙}}$ ，将摆长加长
D、 $g_{\text{甲}} < g_{\text{乙}}$ ，将摆长缩短

答案：A

9、长为 L 的单摆，周期为 T ，若将它的摆长增加 $2m$ ，周期变为 $2T$ ，则 L 长为 ()

- A、 $\frac{1}{3}m$ B、 $\frac{1}{2}m$ C、 $\frac{2}{3}m$ D、 $2m$

答案：C

四、提高练习

10. 关于单摆，下列说法中正确的是 ()。

- (A) 单摆振动时摆球受到重力、绳子拉力和回复力的作用
(B) 单摆的振动一定是简谐运动 (C) 最大偏角小于 5° 时才单摆
(D) 单摆经过平衡位置时摆球所受合力不为零

答案：D

11. 有一周期为 $2s$ 的单摆，在其悬点正下方距悬点 $\frac{3}{4}$ 摆长处钉一小钉后，此单摆的周期将变为 ()。

- (A) $1s$ (B) $1.25s$ (C) $1.5s$ (D) $1.866s$

答案：C

12. 为了使单摆周期变小，可采用的方法是 ()

- A. 把单摆从赤道移到北极 B. 减小摆长
C. 把单摆从地面移到月球表面 D. 把单摆从山脚下移到山顶上

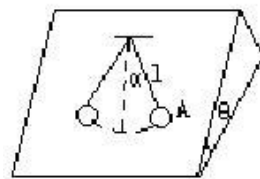
答案：A、C

13. 一物体在某行星表面的重力加速度是它在地球表面的 $\frac{1}{4}$ ，在地球上走得很准的摆钟搬到行星上后，此钟分针走一整圈所经历的时间是 ()

- A. $\frac{1}{4}h$ B. $\frac{1}{2}h$ C. $4h$ D. $2h$

答案：D

14. 用长为 l 的细线把一个小球悬挂在倾角为 θ 的光滑斜面上，然后将小球偏离自然悬挂的位置拉到 A 点，偏角 $\alpha \leq 5^\circ$ ，如图所示。当小球从 A 点无初速释放后，小球在斜面上往返振动的周期为 ()



- A. $2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ B. $2\pi\sqrt{\frac{l\sin\theta}{g}}$ C. $2\pi\sqrt{\frac{l}{g\sin\theta}}$ D. $2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}\sin\theta$

答案：C

第七讲 波的形成与传播 波长、频率、波速

一、知识梳理

1. 机械波:机械振动在介质中的传播形成机械波.

(1) 机械波产生的条件: ①波源 ②介质

(2) 机械波的分类

①横波:质点振动方向与波的传播方向垂直的波叫横波.横波有凸部(波峰)和凹部(波谷).

②纵波:质点振动方向与波的传播方向在同一直线上的波叫纵波.纵波有密部和疏部.

(3) 机械波的特点

①机械波传播的是振动形式和能量.质点只在各自的平衡位置附近振动,并不随波迁移.

②介质中各质点的振动周期和频率都与波源的振动周期和频率相同.

③离波源近的质点带动离波源远的质点依次振动.

2. 波长、波速和频率及其关系

(1) 波长:两个相邻的且在振动过程中对平衡位置的位移总是相等的质点间的距离叫波长.振动在一个周期里在介质中传播的距离等于一个波长.

(2) 波速:波速由介质决定,与波源无关.

(3) 频率:波的频率由波源决定,与介质无关.

(4) 三者关系: $v = \lambda f$

二、典型例题

例 1: 下列关于机械波的说法中,正确的是()

- A. 有机械振动一定有机波 B. 有机波一定有机械振动
- C. 波源一旦停止振动,波就立即停止传播
- D. 机械波是机械振动在介质中的传播过程,是传递能量和信息的一种方式

例 2: 下列关于机械波的说法中正确的是()

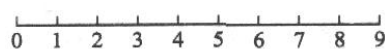
- A. 介质中各质点都在各自的平衡位置附近振动
- B. 传播波的过程中相邻质点间必有相互作用力
- C. 随着波的传播,介质中的各质点也将由近及远地迁移出去
- D. 将相邻的两个质点比较,离波源近的质点带动离波源远的质点振动

例 3: 把闹钟放在密闭的钟罩内,在玻璃罩外仍然可以听到闹钟的铃声.但如果将玻璃罩内的空气用抽气机抽出去,就听不到闹钟的铃声,这说明()

- A. 声波是纵波 B. 抽去罩内的空气后,闹钟不再运转了
- C. 气体和固体都能传播声音 D. 声波不能在真空中传播

例 4: 如图所示,为沿水平方向的介质中的部分质点,每相邻两质点间距离相等,其中 O 是波源.设波源的振动周期为 T,自波源通过平衡位置竖直向下振动开始计时,经过 $\frac{T}{4}$,质点 1

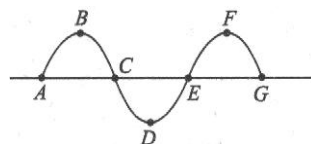
开始起振,则下列关于各质点的振动和介质中波的说法中正确的是()



- A. 介质中所有质点的起振方向都是竖直向下的,但图中质点 9 起振最晚

- B. 图中所画出的质点起振时间都是相同的, 起振位置和起振方向是不同的
- C. 图中质点 8 的振动完全重复质点 7 的振动, 只是质点 8 振动时, 通过平衡位置或最大位移的时间总是比质点 7 通过相同位置时落后 $\frac{T}{4}$
- D. 只要图中所有质点都已振动了, 质点 1 与质点 9 的振动步调就完全一致, 但如果质点 1 发生的是第 100 次振动, 那么质点 9 发生的就是第 98 次振动

例 5: A、B、C、D、E、F、G 是一条绳上的七个点, 当绳子的 A 端振动时, 向右形成如图所示的绳波, 波刚传到 G, 则波源 A 已振动了 _____ T, 绳上的 C 点已振动了 _____ T.



三、基础练习

1. 关于机械波的形成和传播, 下列说法正确的是: ()
- A. 波动是指振动的质点在介质中移动的过程
- B. 波动是传播能量的一种方式
- C. 波动过程中, 介质中的质点所做的振动属于自由振动
- D. 波源停止振动, 波动过程也将立即消失

答案: B

2. 关于机械振动和机械波, 下列说法中, 正确的是 ()
- A. 有机械振动必有机械波
- B. 有机械波必有机械振动
- C. 波的频率等于该波中质点振动的频率
- D. 波的传播速度等于该波中质点振动的速度

答案: BC

3. 关于波长, 下列说法中正确的是 ()
- A. 在一个周期内, 沿着波的传播方向, 振动在介质中传播的距离是一个波长
- B. 两个相邻的、在振动过程中运动方向总是相同的质点间的距离是一个波长
- C. 一个周期内介质质点通过的路程是一个波长
- D. 两个相邻的波峰间的距离是一个波长

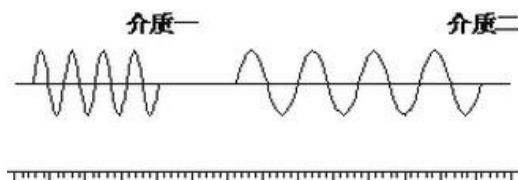
答案: ABD

4. 关于波长, 下列说法正确的是 (A)
- A. 波长等于一个周期内振动在介质中传播的距离
- B. 波长等于一个周期内振动质点通过的距离
- C. 两个振动情况完全相同的质点间的距离等于一个波长
- D. 同一时刻两个波峰间的距离等于一个波长

答案: A

5. 一列波在第一种均匀介质中的波长为 λ_1 , 在第二种均匀介质中的波长为 λ_2 , 且 $\lambda_1 = 3\lambda_2$. 那么波在这两种介质中的频率之比和波速之比分别为 ()
- A. 3:1, 1:1 B. 1:3, 1:1 C. 1:1, 3:1 D. 1:1, 1:3

6. 如图是同一机械波在两种不同介质中传播的波动图象. 从图中可以直接观察到发生变化的物理量是 ()
- A. 波速 B. 频率 C. 周期 D. 波长



7. 一列沿 x 轴正方向传播的横波, 其振幅为 A(m), 波长为 λ (m), 某一时刻的波形图如图所示. 在该时刻, 某一质点的坐标为 $(\lambda, 0)$, 经四分之一周期后, 该质点的坐标为 ()
- A. $(4\lambda/5, 0)$ B. $(\lambda, -A)$ C. (λ, A) D. $(4\lambda/5, A)$

8. 横波与纵波的区别是 ()

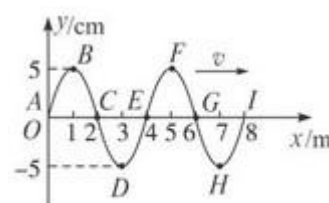
- A. 横波中的质点做的是振动, 纵波中的质点是沿波的传播方向运动的
- B. 横波传播的速度一定比纵波慢
- C. 横波形成波峰和波谷, 纵波形成疏部和密部
- D. 横波中质点振动方向与波的传播方向在同一条直线上, 纵波中质点的振动方向与波的传播方向垂直

答案: BC

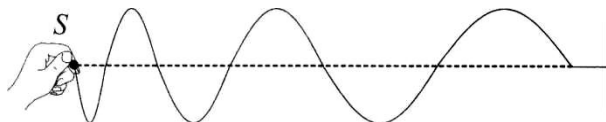
四、提高练习

9 如图所示的是一列简谐波在某一时刻的波形图象, 下列说法中正确的是 ()

- A. 质点 A、C、E、G、I 在振动过程中位移总是相同
- B. 质点 B、F 在振动过程中位移总是相等
- C. 质点 D、H 的平衡位置间的距离是一个波长
- D. 质点 A、I 在振动过程中位移总是相同, 它们的平衡位置间的距离是一个波长



10. 一根粗细均匀的绳子, 右侧固定, 使左侧的 S 点上下振动, 产生一列向右传播的机械波, 某时刻的波形如图所示。下列说法中正确的是 ()

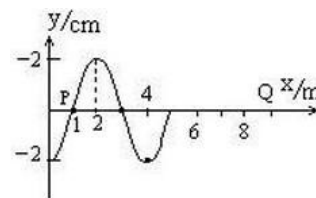


- A. 该波的频率逐渐增大
- B. 该波的频率逐渐减小
- C. 该波的波速逐渐增大
- D. 该波的波速逐渐减小

答案: A

11. 一列简谐横波沿 x 轴正方向传播在 $t=0$ 的波形如图。已知这列波在 P 点处依次出现两个波峰的时间间隔为 0.4s。以下说法正确的是 ()

- A. 这列波的波长是 5m
- B. 这列波的波速是 10m/s
- C. 质点 Q 需要再经过 0.7s, 才能第一次到达波峰处
- D. 质点 Q 达到波峰时, 质点 P 也恰好到达波峰处



第九讲 波的图像

一、知识梳理

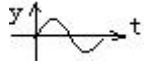
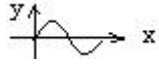
1、波动图像: 表示在波的传播方向上, 介质中的各个质点在同一时刻相对平衡位置的位移。当波源作简谐运动时, 它在介质中形成简谐波, 其波动图像为正弦或余弦曲线。

(1) 由波的图像可获取的信息

- ①从图像可以直接读出振幅 (注意单位)。
- ②从图像可以直接读出波长 (注意单位)。
- ③可求任一点在该时刻相对平衡位置的位移 (包括大小和方向)

- ④可以确定各质点振动的加速度方向（加速度总是指向平衡位置）
- ⑤在波速方向已知（或已知波源方位）时可确定各质点在该时刻的振动方向。（判断方法：前带后，后跟前，口诀：沿波的传播方向，上坡的质点振动向下，下坡的质点振动朝上。）

2、波动图像与振动图像的比较：

	振动图象	波动图象
研究对象	一个振动质点	沿波传播方向所有的质点
研究内容	一个质点的位移随时间变化规律	某时刻所有质点的空间分布规律
图象		
物理意义	表示一质点在各时刻的位移	表示某时刻各质点的位移
图象变化	随时间推移图象延续，但已有形状不变	随时间推移，图象沿传播方向平移
一个完整曲线占横坐标距离	表示一个周期	表示一个波长

3. 画波形图的两种方法：特殊质点振动法（学习评价 P35/17），波形平移法（P36/20）。

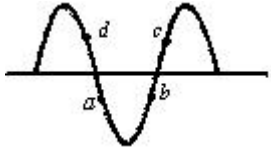
4. 波动问题多解性

波的传播过程中时间上的周期性、空间上的周期性以及传播方向上的双向性是导致“波动问题多解性”的主要原因。若题目假设一定的条件，可使无限系列解转化为有限或惟一解

二、典型例题

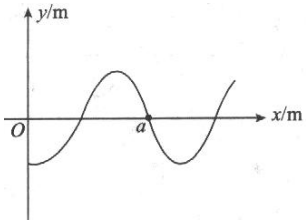
例 1：一列波沿水平方向传播，某时刻的波形如图所示，则图中 a 、 b 、 c 、 d 四点在此时刻具有相同运动方向的是（ ）

- A. a 和 c B. b 和 c C. a 和 d D. b 和 d



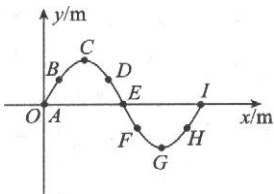
例 2：如图所示为一列简谐波的图象, 下列说法中正确的是（ ）

- A. 波一定沿 x 轴正方向传播
 B. 波一定沿 x 轴负方向传播
 C. 如果质点 a 正沿 y 轴正方向运动, 则波沿 x 轴正方向传播
 D. 如果质点 a 正沿 y 轴正方向运动, 则波沿 x 轴负方向传播



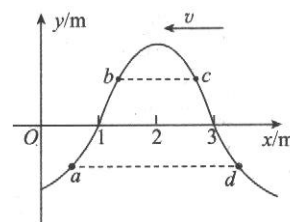
例 3：如图为一列横波在某一时刻的波形图象, 若已知这列波向右传播, 在这一时刻有（ ）

- A. 质点 F 正在沿 y 轴正方向运动
 B. 质点 C 的速度为零, 加速度也为零
 C. 质点 D 和 F 的运动方向相同
 D. 质点 E 和 I 的速度相同



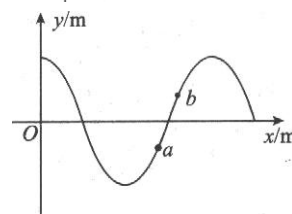
例 5: 如图所示为一列沿 x 轴负方向传播的简谐波在某一时刻的 图象下列说法中正确的是 ()

- A. 该时刻 a 点和 d 点处的质点位移相同, 速度方向相反
- B. 该时刻 b 点和 c 点处的质点位移相同, 速度方向也相同
- C. 质点 b 比质点 c 先回到平衡位置
- D. 质点 a 比质点 d 先回到平衡位置



例 6: 如图所示为一简谐波在某时刻的图象, 已知质点 a 将比质点 b 先回到平衡位置, 则下列说法中正确的是 ()

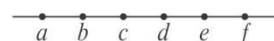
- A. 波沿 x 轴正方向传播
- B. 波沿 x 轴负方向传播
- C. 质点 a 的速度正在增大
- D. 质点 b 的速度正在增大



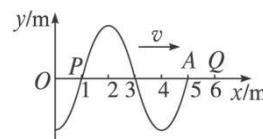
三、基础练习

1. 如图所示, 沿波的传播方向上有间距均为 1 m 的六个质点 a 、 b 、 c 、 d 、 e 、 f . 均静止在各自平衡位置, 一列横波以 1 m/s 的速度水平向右传播, $t=0$ 时到达质点 a , 质点 a 开始由平衡位置向上运动, $t=1\text{ s}$ 时, 质点 a 第一次到达最高点, 则在 $4\text{ s} < t < 5\text{ s}$ 这段时间内 ()

- A. 质点 c 的加速度逐渐增大
- B. 质点 a 的速度逐渐增大
- C. 质点 c 向下运动
- D. 质点 f 保持静止



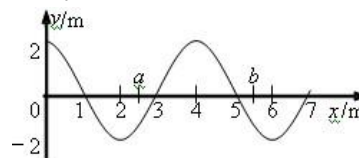
2. 已知一列简谐横波在 $t=0$ 时刻的波动图象如图所示, 再经过 1.1 s 时, P 点第 3 次出现波峰, 求: (1) 波速 v ; (2) 从图示时刻起, Q 点再经过多长时间第一次出现波峰?



3. 一列横波沿直线传播, 在传播方向上有相距 1.2 m 的 A 、 B 两点, 当波恰好到达其中的一点时开始计时, 4 s 钟内 A 点完成了 9 次全振动, B 点完成了 10 次全振动, 则波的传播方向是? 波长是多少? 波速是多少?

4. 一列简谐横波沿 x 轴传播, 周期为 T , $t=0$ 时的波形如图所示, 此时处于 $x=3\text{ m}$ 处的质点正在向上运动, 若 a 、 b 两质点平衡位置的坐标分别为 $x_a=2.5\text{ m}$ 和 $x_b=5.5\text{ m}$, 则 ()

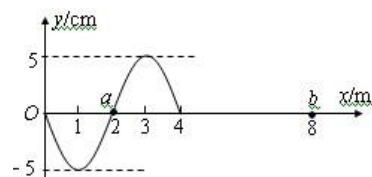
- A. 当 a 质点处在波峰时, b 质点恰在波谷
- B. 当 $t=T/4$ 时, a 质点正在向 y 轴负方向运动
- C. 当 $t=3T/4$ 时, b 质点正在向 y 轴负方向运动
- D. 在某一时刻, a 、 b 两质点的位移和速度可能相同



答案: C

5. 一列简谐横波沿 x 轴正方向传播, $t=0$ 时刻的波形如图所示, 经 0.3s 时间质点 a 第一次达到波峰位置, 则质点 b 刚开始振动时的运动方向为_____, 质点 b 第一次出现在波峰的时刻为_____s。

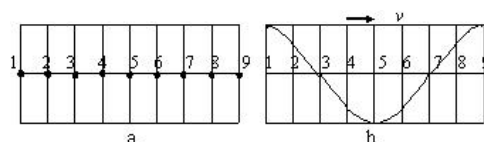
答案: 沿 y 轴向上; 0.5



6. 在均匀介质中选取平衡位置在同一直线上的9个质点, 相邻两质点的距离均为 L , 如图a所示, 一列横波沿该直线向右传播, $t=0$ 时到达质点1, 质点1开始向下运动, 经过时间 Δt 第一次出现如图b所示波形, 则该波的 ()

- A. 周期为 $4\Delta t/5$, 波长为 $8L$ 。
B. 周期为 $4\Delta t/7$, 波长为 $9L$ 。
C. 周期为 $4\Delta t/5$, 波速为 $10L/\Delta t$ 。
D. 周期为 $4\Delta t/7$, 波速为 $14L/\Delta t$

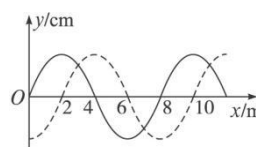
答案: D



四、提高练习

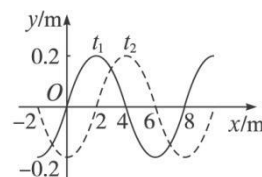
7. 如图所示, 实线是某时刻的波形图象, 虚线是 0.2 s 后的波形图.

- (1) 若波向左传播, 求它的可能周期和最大周期.
(2) 若波向右传播, 求它的可能传播速度.
(3) 若波速是 45 m/s , 求波的传播方向.



8. 一列横波在 x 轴上传播, 当 $t=0$ 和 $t=0.005\text{ s}$ 时的两波形图如图所示. 求:

- (1) 设周期大于 $(t_2 - t_1)$, 如果波向右 (或向左) 传播时, 波速各为多少?
(2) 设周期小于 $(t_2 - t_1)$, 波速为 $6\,000\text{ m/s}$, 求波的传播方向.



第十讲 功和功率

一、知识梳理

1. 功

(1) 功的定义：力和作用在力的方向上通过位移的乘积，是描述力对空间积累效应的物理量，过程量。

定义式： $W=F \cdot s \cdot \cos \theta$ ，其中 F 是力， s 是力的作用点位移（对地）， θ 是力与位移间的夹角。本公式只适用于恒力做功。

(2) 变力做功的计算方法：

①利用动能定理。

②如果 P 一定，可以根据 $W=P \cdot t$ ，计算一段时间内平均做功。

③根据功是能量转化的量度反过来可求功。

④用功的图示（ $F-s$ 图像）求。

(3) 摩擦力、空气阻力做功的计算：功的大小等于力和路程的乘积。滑动摩擦力做功： $W=fd$ （ d 是两物体间的相对位移），且 $W=Q$ （摩擦生热）。

2. 功率

(1) 功率的概念：表示力做功快慢的物理量，标量。求功率时一定要分清是求哪个力的功率，还要分清是求平均功率还是瞬时功率。

(2) 功率的计算

①平均功率： $P=W/t$ （定义式）表示时间 t 内的平均功率，不管是恒力做功，还是变力做功，都适用。

②瞬时功率： $P=F \cdot v \cdot \cos \alpha$ ， α 为两者间的夹角。 v 若为平均速度，则求的是平均功率； v 若为瞬时速度，则求的是瞬时功率。

(3) 额定功率与实际功率：

额定功率：发动机正常工作时的最大功率。实际功率：发动机实际输出的功率，它可以小于额定功率，但不能长时间超过额定功率。

(4) 交通工具的启动问题通常说的机车的功率或发动机的功率实际是指其牵引力的功率。

①以恒定功率 P 启动：机车的运动过程是先作加速度减小的加速运动，后以最大速度 $v_m=P/f$ 作匀速直线运动。 $v-t$ 图像。

②以恒定牵引力 F 启动：机车先作匀加速运动，当功率增大到额定功率时速度为 $v_1=P/F$ ，而后开始作加速度减小的加速运动，最后以最大速度 $v_m=P/f$ 作匀速直线运动。 $v-t$ 图像。

二、典型例题

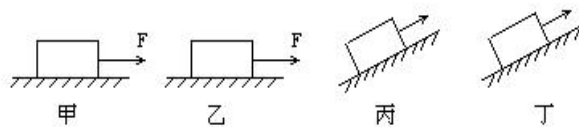
1、公式 $W = FS \cos \theta$ 的应用

①本公式中 F 必须是恒力 ② θ 是 F 和 S 之间的夹角

③ S 严格的讲是力的作用点相对于地面的位移。

例 1. 如图所示，用同样的力 F 拉同一物体，在甲（光滑水平面）、乙（粗糙水平面）、丙（光滑斜面）、丁（粗糙斜面）上通过同样的距离，则拉力 F 的做功情况是（ ）

- A. 甲中做功最少 B. 丁中做功最多
C. 做功一样多 D. 无法比较



2、合外力做功可采用两种方法：

①先求合外力，再根据公式 $W = F_{\text{合}} \cdot S \cdot \cos \alpha$ 计算，其中 α 为 $F_{\text{合}}$ 和 S 的夹角。

②先分别求各外力的功，再求各外力的功的代数和。

例 2. 斜面高 H ，倾角为 θ ，滑块质量为 m ，与斜面间动摩擦因数为 μ ，计算滑块由上端滑到底端的过程中外力对物体所做的总功。

3、功率及功率的计算

例 3、一个质量为 m 的物体在一个恒力 F 的作用下，由静止开始在光滑水平面上运动，那么此力在 t 时刻的功率是多少？

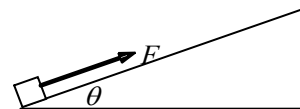
例 4、质量 $m = 5t$ 的汽车从静止出发，以 $a = 1m/s^2$ 的加速度沿水平直路作匀加速运动，汽车所受的阻力等于车重的 0.06 倍，求汽车在 $10s$ 内的平均功率和 $10s$ 末的瞬时功率。（取 $g = 10m/s^2$ ）

三、基础练习

1. _____ 和 _____ 是做功的两个不可缺少的因素。

2. 如图 5—1，斜面的倾角为 θ ，用平行于斜面的恒力 F 拉质量为 m 的物体，使它沿斜面上升的高度为 h 。在此过程中，该恒力对物体所做的功是（ ）

- (A) Fh (B) mgh
(C) $Fh \sin \theta$ (D) $Fh / \sin \theta$



3. 用力将重物竖直提起，先是从静止开始匀加速上升，紧接着匀速上升。如果前后两过程的运动时间相同，不计空气阻力，则（ ）

- (A) 加速过程中拉力做的功比匀速过程中拉力做的功多
(B) 匀速过程中拉力做的功比加速过程中拉力做的功多

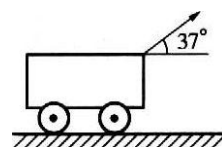


图 5—2

- (C) 两过程中拉力做的功一样多
(D) 上述三种情况都有可能

4. 如图 5—2 所示, 用 300N 拉力 F 在水平面上拉车行走 50m, 已知拉力和水平方向夹角是 37° , 则拉力 F 对车做功是_____J。若车受到的阻力是 200N, 则车克服阻力做功是_____J。

5. 如图 5—3 所示, 物体质量为 2kg, 光滑的动滑轮质量不计, 今用一竖直向上的恒力向上拉, 使物体匀速上升 4m 距离, 则在这一过程中拉力做的功为_____J。

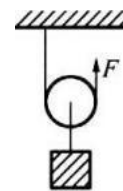


图 5—3

6. 关于作用力与反作用力做功的关系, 下列说法中正确的是()

- (A) 当作用力做正功时, 反作用力一定做负功
(B) 当作用力不做功时, 反作用力也不做功
(C) 作用力与反作用力所做的功一定是大小相等、正负相反的
(D) 作用力做正功时, 反作用力也可以做正功

7. 如图 5—4 所示, 两个互相垂直的力 F_1 和 F_2 作用在同一物体上, 使物体运动, 物体发生一段位移后, 力 F_1 对物体做功为 4J, 力 F_2 对物体做功为 3J, 则力 F_1 和 F_2 的合力对物体做功为()

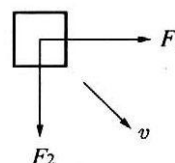


图 5—4

- (A) 7J
(B) 5J
(C) 3.5J
(D) 1J

8. 用与斜面平行的 10N 的拉力沿斜面把一个物体从斜面底端拉到顶端需时间 2.5s, 已知斜面长 3.0m, 物体在斜面顶端时的速度为 2.0m/s, 在这过程中拉力的平均功率为_____W, 在斜面顶端的瞬时功率为_____W。

9. 关于功率的概念, 下列说法中正确的是()

- (A) 功率是描述力对物体做功多少的物理量
(B) 由 $P=W/t$ 可知, 功率与时间成反比
(C) 由 $P=Fv$ 可知只要 F 不为零, v 也不为零, 那么功率 P 就一定不为零
(D) 某个力对物体做功越快, 它的功率就一定大

10. 汽车在平直公路上行驶, 它受到的阻力大小不变, 若发动机的功率保持恒定, 汽车在加速行驶的过程中, 它的牵引力 F 将_____, 加速度 a 将_____ (选填“增大”或“减小”)。

11. 关于汽车在水平路上运动, 下列说法中不正确的是()

- (A) 汽车启动后以额定功率行驶, 在速率达到最大以前, 加速度是在不断增大的
(B) 汽车启动后以额定功率行驶, 在速度达到最大以前, 牵引力应是不不断减小的
(C) 汽车以最大速度行驶后, 若要减小速度, 可减小牵引功率行驶
(D) 汽车以最大速度行驶后, 若再减小牵引力, 速率一定减小

四、提高练习

12. 如图 5—11 所示, 用恒力 F 通过光滑的定滑轮, 将静止于水平面上的物体从位置 A 拉到位置 B, 物体可视为质点, 定滑轮距水平面高为 h , 物体在位置 A、B 时, 细绳与水平面的夹角分别为 α 和 β , 求绳的拉力 F 对物体做的功。

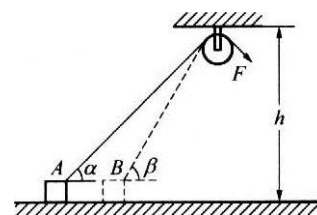


图 5—11

13. 如图 5—12 所示，某力 $F=10\text{ N}$ 作用于半径 $R=1\text{ m}$ 的转盘的边缘上，力 F 的大小保持不变，但方向始终保持与作用点的切线方向一致，则转动一周这个力 F 做的总功应为（ ）

(A) 0 J ；
(B) $20\pi\text{ J}$ ；
(C) 10 J ；
(D) 20 J 。

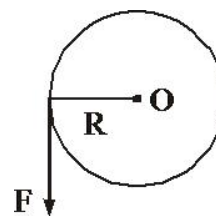


图 5—12

14. 汽车发动机的功率为 60 kW ，汽车的质量为 4 T ，当它行驶在坡度为 0.02 的长直公路上时，所受阻力为车重的 0.1 倍 (g 取 10 m/s^2)，问：

- (1) 汽车所能达到的最大速度 V_{max} 多大？
- (2) 若汽车从静止开始以 0.6 m/s^2 的加速度作匀加速直线运动，则此过程能维持多长时间？
- (3) 当汽车匀加速行驶的速度达到最大值时，汽车做功多少？
- (4) 在 10 s 末汽车的即时功率为多大？

答案：1. 力，物体在力方向上的位移 2. D 3. D 4. 1.2×10^4 ， 1.0×10^4 5. 80 6. D 7. A 8. 12, 20
9. D 10. 减小，减小 11. A 12. $Fh(\frac{1}{\sin\alpha} - \frac{1}{\sin\beta})$ 13. B 14. (1) 12.5 m/s (2) 14 s (3) $4.2 \times 10^5\text{ J}$ (4) 43.2 kW

第十一讲 动能、重力势能

一、知识梳理

1. 动能 物体由于运动而具有的能量

2. 重力势能

(1) 定义：地球上的物体具有跟它的高度有关的能量，叫做重力势能， $E_p=mgh$ 。

①重力势能是地球和物体组成的系统共有的，而不是物体单独具有的。

②重力势能的大小和零势能面的选取有关。

③重力势能是标量，但有“+”、“-”之分。

(2) 重力做功的特点：重力做功只决定于初、末位置间的高度差，与物体的运动路径无关。

$W_G=mgh$ 。

(3) 重力做功跟重力势能改变的关系：重力做功等于重力势能增量的负值。即 $W_G=-\Delta E_p$

3. 弹性势能：物体由于发生弹性形变而具有的能量。

二、基础练习

1. 有两个物体甲、乙，它们在同一直线上运动，两物体的质量均为 m ，甲速度为 v ，动能为 E_k ；乙速度为 $-v$ ，动能为 E_k' ，那么()

(A) $E_k' = -E_k$ (B) $E_k' = E_k$ (C) $E_k' < E_k$ (D) $E_k' > E_k$

2. 一个质量是 2kg 的物体以 3m/s 的速度匀速运动，动能等于_____J。

3. 火车的质量是飞机质量的 110 倍，而飞机的速度是火车速度的 12 倍，动能较大的是_____。

4. 两个物体的质量之比为 100:1，速度之比为 1:100，这两个物体的动能之比为_____。

5. 一个物体的速度从 0 增加到 v ，再从 v 增加到 $2v$ ，前后两种情况下，物体动能的增加量之比为_____。

6. 甲、乙两物体的质量之比为 $m_{\text{甲}}:m_{\text{乙}}=1:2$ ，它们分别在相同力的作用下沿光滑水平面从静止开始作匀加速直线运动，当两个物体通过的路程相等时，则甲、乙两物体动能之比为_____。

7. 自由下落的物体，下落 1m 和 2m 时，物体的动能之比是_____；下落 1s 和 2s 后物体的动能之比是_____。

8. 一个质量为 1kg 的物体，位于离地面高 1.5m 处，比天花板低 2.5m。以地面为零势能位置时，物体的重力势能等于_____J；以天花板为零势能位置时，物体的重力势能等于_____J(g 取 10m/s²)。

9. 关于重力势能，下列说法中正确的是()

(A) 重力势能的大小只由重物本身决定

(B) 重力势能恒大于零

(C)在地面上的物体具有的重力势能一定等于零

(D)重力势能实际上是物体和地球所共有的

10. 如图 5—18, 一固定光滑斜面高为 H , 质量为 m 的小物体沿斜面从顶端滑到底端。在此过程 ()

(A) 物体的重力势能增加了 mgH

(B) 物体的重力势能减少了 mgH

(C) 重力对物体做的功大于 mgH

(D) 重力对物体做的功小于 mgH

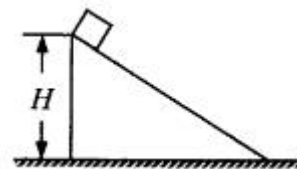


图 5—18

答案: 1. B 2. 9 3. 飞机 4. 1:100 5. 1:3 6. 1:1 7. 1:2, 1:4 8. 15, -25 9. D 10. B

第十二讲 功和能量变化的关系

一、知识梳理

动能定理: 外力对物体所做的总功等于物体动能的变化, 表达式 $W_{\text{总}} = \Delta E_k$.

(1) 动能定理普遍适用, 即不仅适用于恒力、直线运动, 也适用于变力及物体作曲线运动的情况.

(2) 功和动能都是标量, 不能利用矢量法则分解, 故动能定理无分量式.

(3) 应用动能定理只考虑初、末状态, 没有守恒条件的限制, 也不受力的性质和物理过程的变化影响. 所以, 凡涉及力和位移, 而不涉及力的作用时间的动力学问题, 都可以用动能定理分析和解答, 而且一般都比用牛顿运动定律和机械能守恒定律简捷.

(4) 当物体的运动是由几个物理过程所组成, 又不需要研究过程的中间状态时, 可以把这几个物理过程看作一个整体进行研究, 从而避开每个运动过程的具体细节, 具有过程简明、方法巧妙、运算量小等优点.

二、典型例题

例 1. 下列关于运动物体所受的合外力、合外力做功和动能变化的关系正确的是 ()

A. 如果物体所受的合外力为零, 那么, 合外力对物体做的功一定为零

B. 如果合外力对物体所做的功为零, 则合外力一定为零

C. 物体在合外力作用下作变速运动, 动能一定变化

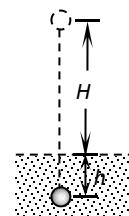
D. 物体的动能不变, 所受的合外力必定为零

例 2. 一子弹以水平速度 v 射入一块固定的木块中, 射入深度为 S , 设子弹在木块中运动时受到的阻力是恒定的, 那么当子弹以 $\frac{v}{2}$ 的速度水平射入此木块时, 射入深度为 ()

- A. S B. $\frac{S}{2}$ C. $\frac{S}{\sqrt{2}}$ D. $\frac{S}{4}$

例 3. 一架喷气式飞机, 质量 $m=5 \times 10^3 \text{kg}$, 起飞过程中从静止开始滑跑的路程为 $s=5.3 \times 10^2 \text{m}$ 时, 达到起飞的速度 $v=60 \text{m/s}$, 在此过程中飞机受到的平均阻力是飞机重量的 0.02 倍 ($k=0.02$), 求飞机受到的牵引力。

例 4. 将质量 $m=2 \text{kg}$ 的一块石头从离地面 $H=2 \text{m}$ 高处由静止开始释放, 落入泥潭并陷入泥中 $h=5 \text{cm}$ 深处, 不计空气阻力, 求泥对石头的平均阻力。 (g 取 10m/s^2)



2-7-2

三、基础练习

1. 甲、乙两物体的质量比 $m_1:m_2=2:1$, 速度比 $v_1:v_2=1:2$, 在相同的阻力作用下滑行至停止时通过的位移大小之比为_____。
2. 一颗质量为 10g 的子弹, 射入土墙后停留在 0.5m 深处, 若子弹在土墙中受到的平均阻力是 6400N . 子弹射入土墙前的动能是_____J, 它的速度是_____m / s。
3. 甲、乙两个物体的质量分别为 $m_{\text{甲}}$ 和 $m_{\text{乙}}$, 并且 $m_{\text{甲}}=2m_{\text{乙}}$, 它们与水平桌面的动摩擦因数相同, 当它们以相同的初动能在桌面上滑动时, 它们滑行的最大距离之比为()
(A) $1:1$ (B) $2:1$ (C) $1:2$ (D) $1:\sqrt{2}$
4. 两个物体 a 和 b, 其质量分别为 m_a 和 m_b , 且 $m_a > m_b$, 它们的初动能相同. 若它们分别受到不同的阻力 F_a 和 F_b 的作用, 经过相等的时间停下来, 它们的位移分别为 S_a 和 S_b , 则().
(A) $F_a > F_b$, $S_a > S_b$ (B) $F_a > F_b$, $S_a < S_b$ (C) $F_a < F_b$, $S_a > S_b$ (D) $F_a < F_b$, $S_a < S_b$

5. 一个小球从高处自由落下，则球在下落过程中的动能().
- (A) 与它下落的距离成正比 (B) 与它下落距离的平方成正比
- (C) 与它运动的时间成正比 (D) 与它运动的时间平方成正比

6. 质量为 2kg 的物体以 50J 的初动能在粗糙的水平面上滑行，其动能的变化与位移的关系如图 5—20

所示，则物体在水平面上滑行的时间为()

- (A) 5s (B) 4s (C) $2\sqrt{2}\text{s}$ (D) 2s

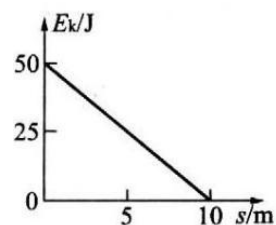


图 5—20

7. 以速度 v 飞行的子弹先后穿透两块由同种材料制成的平行放置的固定金属板，若子弹穿透两块金属板后的速度分别变为 $0.8v$ 和 $0.6v$ ，则两块金属板的厚度之比为()

- (A) $1:1$ (B) $9:7$ (C) $8:6$ (D) $16:9$

8. 质点所受的力 F 随时间变化的规律如图 5—21 所示，力的方向始终在一直线上。已知 $t=0$ 时质点的速度为零，在右图所示的 t_1 、 t_2 、 t_3 和 t_4 各时刻中，质点动能最大的时刻是().

- (A) t_1 (B) t_2 (C) t_3 (D) t_4

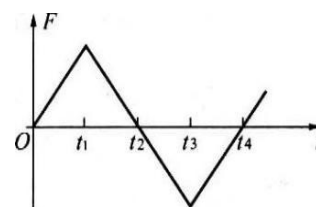


图 5—21

四、提高练习

9. 如图 5—23 所示，物体 C 重为 10N ，滑轮质量和半径、绳的质量以及一切摩擦均忽略不计。绳长共 5m ，悬点 O 和 A 两点处在同一高度，若手执 A 点缓慢右移 4m ，则人做的功为()

- (A) 6J ; (B) 8J ; (C) 10J ; (D) 12J .

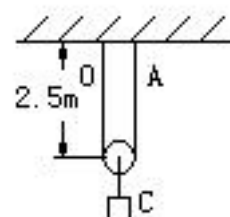


图 5—23

10. 质量为 m 的物体，作加速度为 a 的匀加速直线运动，在运动中连续通过 A、B、C 三点，如果物体通过 AB 段所用时间和通过 BC 段所用的时间相等，均为 T ，那么物体在 BC 段的动能增量和在 AB 段的动能增量之差为_____。

11. 某海湾共占面积 $1.0 \times 10^7 \text{m}^2$ ，涨潮时水深 20m，此时关上水坝闸门，可使水位保持 20m 不变。退潮时，坝外水位降至 18m。假如利用此水坝建水力发电站，且重力势能转变为电能的效率是 10%，每天有两次涨潮，问该电站一天能发出多少电能？

答案: 1. 1:2 2. 3200, 800 3. C 4. B 5. A 6. C 7. B 8. B 9. C 10. ma^2T^2 11. $4 \times 10^{10} \text{J}$