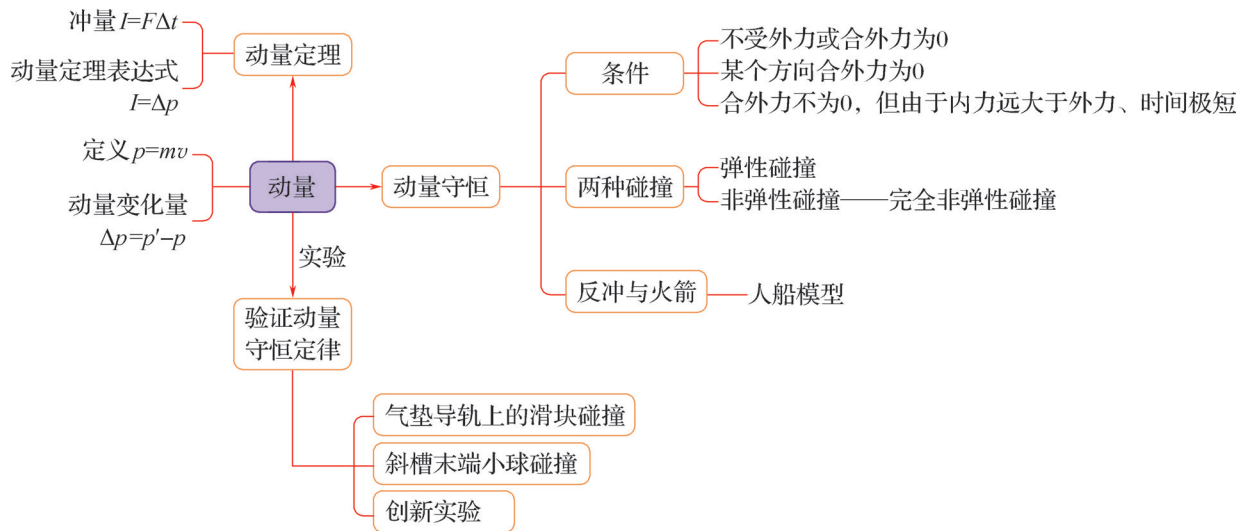


第一章 动量守恒定律

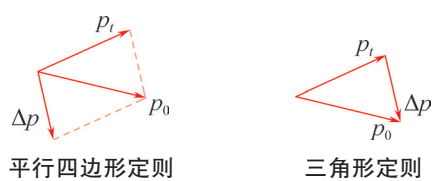
本章思维结构图



1. 动 量

知识梳理

1. 动量
- (1) 定义: 物体的质量和速度的乘积.
 - (2) 表达式: $p = mv$, 单位是千克米每秒, 符号是 $\text{kg} \cdot \text{m/s}$.
 - (3) 性质: ① **相对性**: 物体的动量与参考系的选取有关;
 - ② **瞬时性**: 动量是一个状态量, 具有瞬时性;
 - ③ **矢量性**: 其方向与物体的速度方向相同.
2. 动量的变化量
- (1) 定义: 物体在某段时间内末动量与初动量的矢量差.
 - (2) 表达式: $\Delta p = mv_t - mv_0 = m\Delta v$.
 - (3) 计算方法: ① 同一直线, 选定正方向, 简化为代数运算;
 - ② 不在同一直线, 应用平行四边形(或三角形)定则.
- 巧记**: 共始之端、连末端、指向被减.



答疑解惑

疑问 1 物体质量越大动量就越大吗?

解答: 物体的动量由物体的质量与速度共同决定, 质量大的物体动量不一定大.

我们动量大小一样

等等我

我滚得更快

疑难突破

题型 动量的变化

例题 (2025 江苏苏州期中)一质量为 1 kg 的小球以 5 m/s 的水平速度垂直撞向竖直墙壁后原速率反弹,与墙壁接触的时间为 0.1 s ,取重力加速度 $g = 10\text{ m/s}^2$,求在该过程中小球的动量变化量。



答案 大小为 $10\text{ kg} \cdot \text{m/s}$,方向与初速度方向相反

探索过程

规定小球末速度方向为正方向,则小球初动量为 $p_0 = -5\text{ kg} \cdot \text{m/s}$,末动量为 $p_t = 5\text{ kg} \cdot \text{m/s}$,在该过程中小球的动量变化量大小为 $\Delta p = p_t - p_0 = 10\text{ kg} \cdot \text{m/s}$,变化量为正表示动量变化量方向与初速度方向相反。

思路点拨

分析直线运动的物体动量变化时,要先确定正方向,一般以初速度方向为正方向,本题可选末速度方向为正方向。



1. (2025 山东菏泽期中)从离地同一高度以大小相同的初速度抛出完全相同的甲、乙、丙三个小球,甲球竖直向上抛出,乙球竖直向下抛出,丙球水平抛出,不计空气阻力.下列说法正确的是 ()
- A. 抛出时三个小球动量相同 B. 甲球落地前瞬间的动量最大
- C. 三个小球落地瞬间,甲球动量的变化量最大 D. 三个小球落地瞬间,甲球动能的变化量最大

2. 动量定理

知识梳理

1. 冲量

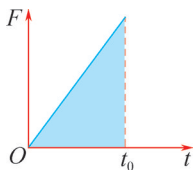
- (1) 定义:力与力的作用时间的**乘积**.定义式: $I = F\Delta t$.
- (2) 单位:冲量的单位是牛秒,符号为 $\text{N} \cdot \text{s}$.
- (3) 性质:冲量是矢量,在作用时间内,力的方向不变时,冲量的方向与力的方向相同;如果力的方向是变化的,则冲量的方向与相应时间内物体动量变化量的方向相同。

(4) 冲量是过程量,反映了**力对时间的累积效应**。

2. 冲量的计算

(1) 若物体受到恒力的作用,力的冲量的数值等于力与作用时间的乘积,冲量的方向与恒力方向一致。

(2) 若力为变力,则不能直接计算冲量,大多用**动量定理求冲量**。



(3) 若给出了力随时间变化的图像,如图所示,可用**“面积”法求变力的冲量**。

3. 动量定理

(1) 内容:物体在**一个**过程中所受力的冲量等于它在这个过程始末的动量变化量。

(2) 表达式: $I = p' - p$ 或 $F(t' - t) = mv' - mv$. **动量定理是因果表达式,注意表达式一边是冲量,表示原因,另一边是动量变化量,是结果.注意动量定理表达的规范性**

4. 动量定理与动能定理的比较与方法选择

动量定理与动能定理的比较

答疑解惑

疑问 1 为何 $I = Ft$ 只能求恒力的冲量?

解答:如果力的大小在变化,那么无法用哪个具体的值来求解;如果力的方向在变化,当我们将研究过程分成若干段时就会发现每段的冲量方向不一样,此时又不能直接求和,因此整个过程就不能直接用力的大小与时间的乘积来表示冲量了。

应用技巧

动量定理可以类比动能定理,可以是一个过程也可以是多个过程,可以是直线运动也可以是曲线运动,可以是一个力,也可以是多个力,但要特别注意的是动量与冲量都是矢量,要注意规定正方向。

定理		动量定理	动能定理
公式		$F_{\text{合}} \Delta t = mv' - mv$	$F_{\text{合}} s = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$
标矢性		矢量式	标量式
因果关系	因	合外力的冲量 (也可以是某个方向的合外力)	合外力做的功(总功)
	果	动量的变化(该方向的动量变化)	动能的变化
应用侧重点		涉及力与时间	涉及力与位移

- (1) 如果遇到的问题,需要加速度,可以用牛顿运动定律,涉及力的时间效应则用动量定理,空间效应则用动能定理.
- (2) 无论是动量定理还是动能定理,在中学里研究对象一般是单个物体.

疑难突破

题型 冲量的计算

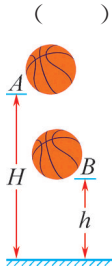
例题 (2024 河南许昌期末)如图所示,质量为 m 的篮球从离地 H 高度处的 A 位置从静止开始下落,与水平地面发生一次碰撞后反弹至离地高度为 h 的 B 位置($H>h$). 不计空气阻力,重力加速度大小为 g . 在篮球从 A 运动到 B 的过程中,下列说法正确的是 ()

- A. 重力对篮球的冲量为 0
- B. 地面对篮球的冲量为 0
- C. 重力对篮球做的功为 0
- D. 地面对篮球做的功为 $-mg(H-h)$

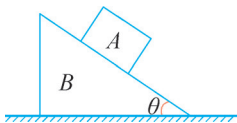
答案 D

探索过程

重力与地面支持力对篮球的冲量均不为 0,A、B 错误;重力对篮球做的功为 $W_G=mg(H-h)$,C 错误;根据动能定理有 $mg(H-h)+W=0$,则地面对篮球做的功为 $W=-mg(H-h)$,D 正确.

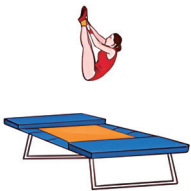


2. 如图所示,倾角为 θ 的斜面 B 固定在水平地面上,物体 A 质量为 m ,在光滑斜面上由静止下滑. 经过时间 t ,下列说法正确的是 ()
- A. 重力对物体 A 的冲量为 $mgt \sin \theta$
 - B. 斜面对物体 A 的支持 F 的冲量为 0
 - C. 物体 A 所受合力的冲量为 mgt
 - D. 重力对物体 A 的冲量为 mgt



题型 动量定理的综合应用

例题 (2025 北师大附中统练)一个质量为 $m=60\text{ kg}$ 的蹦床运动员,从离水平网面高 $h_1=3.2\text{ m}$ 处自由下落,着网后沿竖直方向蹦回到离水平网面高 $h_2=5.0\text{ m}$ 处. 不计空气阻力, g 取 10 m/s^2 .



- (1) 求运动员在刚接触网瞬间和刚离开网瞬间的速度大小 v_1 和 v_2 .

疑问 2 我们能够用牛顿运动定律来解题了,为何还要用动量定理?

解答: 牛顿运动定律是瞬时表达式,只是研究某一力下的加速度,中学阶段研究恒力且过程单一,而动量定理可以应用在多个过程,且外力如果是变力,只要能求出冲量,就可以用动量定理分析.

易错提醒

- 1. 受重力做功的影响,会误认为反弹回来的冲量与下降过程的动量一正一负,会抵消,其实重力是恒力,恒力的冲量就是力与时间的乘积,与运动方向无关.
- 2. 不要把功的求解与冲量的求解混淆,如某恒力与物体位移垂直,该力不做功,但一定有冲量. 重力做功与初、末位置有关,而重力的冲量只需知道重力作用的时间.

思路点拨

该运动员有三个运动过程,分别是自由下落、与蹦床作用及离开蹦床竖直上抛. 网对人的平均弹力的力 F_N 是第二个过程的力. 该过程与另两个过程的重要隐藏关系是第一个过程的末速度是第二个过程的初速度,第三个过程的初速度是第二个过程的末速度. 因此我们可以通过一、三过程的末、初速度入手来突破.

提分攻略

(2) 求运动员与网作用过程中速度变化量 Δv 的大小和方向.

(3) 若运动员与网的作用时间为 1 s, 则该过程中网对人的平均弹力为多大?

答案 (1) 8 m/s 10 m/s (2) 大小为 18 m/s, 方向竖直向上 (3) 1 680 N

探索过程

(1) 运动员自由下落过程有 $v_1^2 = 2gh_1$,

解得 $v_1 = 8$ m/s.

运动员离开网做竖直上抛运动有 $v_2^2 = 2gh_2$,

解得 $v_2 = 10$ m/s.

(2) 取竖直向下为正方向, 运动员与网作用过程中速度变化量为

$\Delta v = -v_2 - v_1 = (-10 - 8)$ m/s = -18 m/s,

即速度变化量的大小为 18 m/s, 方向竖直向上.

(3) 根据动量定理可得 $(mg - F_N)\Delta t = m\Delta v$,

解得 $F_N = 1\,680$ N.

答疑解惑

疑问 1 在用动量定理求解人(或物体)在竖直方向上的力(或弹力)时要不要考虑重力?

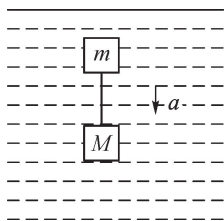
解答: 像例题中这种有缓冲的、作用时间相对较长的, 重力要考虑. 如果是猛烈撞击、作用时间极短的, 一般就不要考虑重力了.

易错提醒

受力分析时, 易忘记重力的冲量.

随手练

3. 质量为 M 的金属块和质量为 m 的木块用细绳连在一起, 放在水中, 如图所示. 系统从静止开始以加速度 a 在水中匀加速下沉, 经时间 t_1 , 细线突然断裂, 金属块和木块分离, 再经时间 t_2 , 木块停止下沉, 试求此时金属块的速度.



题型 动量定理在日常生活中的应用

例题 某同学将两个同样的玻璃杯, 从 1.5 m 高处由静止放下. 一个杯子掉到水泥地上碎了, 另一个杯子掉到泡沫垫上完好无损, 这是因为 ()

- A. 掉在水泥地上的杯子, 受到的合外力对杯子的冲量大
- B. 掉在泡沫垫上的杯子, 受到的合外力对杯子的冲量小
- C. 掉在水泥地上的杯子, 受到地面对杯子的作用力大
- D. 掉在泡沫垫上的杯子, 受到垫子对杯子的作用力的作用时间短

答案 C

探索过程

玻璃杯从同一高度下落, 落地前的速度大小相等, 落地前的动量相等, 最后的速度均为零, 说明玻璃杯动量的变化量一定相等. 由动量定理可知冲量也一定相等, 但由于掉在水泥地上的时间较短, 说明掉在水泥地上的玻璃杯动量变化较快, 从而导致冲击力较大, C 正确, A、B、D 错误.

思路点拨

两者的差异在于杯子与泡沫垫和水泥地的作用时间长短不一样, 根据常识来识别, 泡沫垫会起到缓冲作用.

易错提醒

误认为在水泥地上时间短了冲量就小或在泡沫垫上作用力小冲量就小, 冲量是由力与时间共同决定的. 本题用 Ft 来讨论冲量不是一个好办法, 而应该用动量定理来分析.

随手练

4. (2025 江苏盐城五校联考)运输家用电器、易碎品时,经常用泡沫塑料作填充物,这是为了在运输过程中

()

- A. 减小物品受到的冲量
- B. 使物体的动量减小
- C. 使物体的动量变化量减小
- D. 延长作用时间以减小作用力

题型 动量定理解决流体类问题

例题 (2025 北京十四中期中)水流射向墙壁,有的速度会变为 0,有的会反弹,对墙壁产生冲击力.假设水枪喷水口的横截面积为 S ,喷出水流的流速为 v ,水流垂直射向竖直墙壁后,水流速度全部变为 0.已知水的密度为 ρ ,重力加速度大小为 g ,求墙壁受到的平均冲击力.

答案 大小为 $\rho S v^2$,方向与水流方向相同

探索过程

Δt 时间内射向竖直墙壁的水的质量为

$$\Delta m = \rho S v \Delta t.$$

设水受到墙壁的作用力为 F ,由动量定理有 $-F \Delta t = 0 - \Delta m v$,

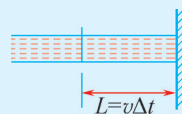
$$\text{即 } -F \Delta t = 0 - \rho v \Delta t S \cdot v,$$

$$\text{解得 } F = \rho S v^2.$$

由牛顿第三定律可知,墙壁受到水的平均冲击力为 $F' = F = \rho S v^2$,方向与水流方向相同.

方法技巧

这是一典型的流体类问题,研究对象的质量与时间有关,因此选一段时间 Δt ,确定 Δt 时间内流体的质量,如图所示.在时间 Δt 内流体的质量为 $\Delta m = \rho V = \rho L S = \rho S v \Delta t$.



随手练

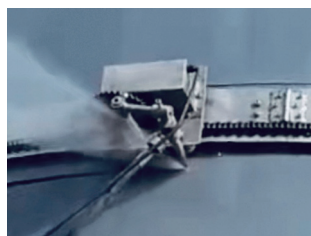
5. (2025 湖北七校考试联盟期中)最近,我国某新型大推力火箭发动机联试成功,这标志着我国重型运载火箭的研发取得突破性进展.若某次实验中该发动机向后喷射的气体流速约为 2.5 km/s ,产生的推力约为 $5 \times 10^6 \text{ N}$,则它在 0.2 s 时间内喷射的气体质量约为

()

- A. $4 \times 10^3 \text{ kg}$
- B. $2 \times 10^3 \text{ kg}$
- C. $4 \times 10^2 \text{ kg}$
- D. $2 \times 10^2 \text{ kg}$

材料阅读

水刀,即以水为刀,本名高压水射流切割技术,这项技术最早起源于美国.用于航空航天军事工业.以其冷切割不会改变材料的物理化学性质而备受青睐.为了更好地提高切割性能,人们发现在高压水中混入石榴砂、金刚砂等磨料辅助切割,可以大大地提高水刀的切割速度和切割厚度.水刀已经广泛应用于陶瓷、石材、玻璃、金属、复合材料等众多行业.在中国,水刀的最大压强已经做到了 420 MPa .一些技术先进的公司已经完善了 3 轴、4 轴水刀,5 轴水刀也趋向成熟.



与等离子切割相比,等离子切割有明显的热效应,精度低,切割表面不容易再进行二次加工.水切割属于冷态切割,无热变形,切割面质量好,基本不用再进行二次加工,如需要也很容易进行二次加工.

水切割与线切割比较,对金属的加工,线切割有更高的精度,但速度很慢,有时需要用其他方法另外穿孔、穿丝才能进行切割,而且切割尺寸受到很大局限,水切割可以对任何材料打孔、切割,切割速度快,加工尺寸可选余地大.

随手练参考答案

第一章 动量守恒定律

1. 动 量

1. C 解析:三个小球初速度方向不同,根据动量表达式 $p=mv$ 可知,三个小球抛出时的动量大小相等,方向都不相同,A 错误;由机械能守恒定律可得 $mgh + \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv^2$,可知三个小球落地时的速度大小相等,根据动量表达式 $p=mv$ 可知,三个小球落地时的动量大小相等,动能变化量相等,B、D 错误;通过平行四边形定则可知,竖直上抛运动的动量变化量大小最大,C 正确.

2. 动量定理

2. D 解析:物体 A 所受的重力是恒力,则重力对物体 A 的冲量为 mgt ,A 错误,D 正确;支持力 F 也是恒力,大小为 $mg \cos \theta$,则它的冲量为 $mgt \cos \theta$,B 错误;物体 A 所受的合力为 $mg \sin \theta$,则合力的冲量为 $mgt \sin \theta$,C 错误.

$$3. \frac{m+M}{M}a(t_1+t_2)$$

解析:把金属块、木块及细绳看成一个物体系统,整个过程中受重力和浮力都不变,它们所受的合力 $F_{\text{合}} = (m+M)a$ 在绳断前后也不变.设木块停止下沉时,金属块的速度为 v ,选取竖直向下为正方向,对全过程应用动量定理,有

$$F_{\text{合}}(t_1+t_2) = p' - p = Mv - 0,$$

$$\text{解得 } v = \frac{m+M}{M}a(t_1+t_2).$$

4. D 解析:运输家用电器、易碎器件等物品时,经常用泡沫塑料作填充物,这是为了在运输过程中,在动量变化量一定的情况下,即所受冲量一定的情况下,延长力的作用时间,减小作用力,使物体的动量变化率减小,不易损坏,D 正确.

5. C 解析:以气体为研究对象,设 $t=0.2\text{ s}$ 内喷出的气体质量为 m ,根据动量定理可得 $Ft = mv - 0$,其中 $v=2.5\text{ km/s}=2\,500\text{ m/s}$,解得 $m = \frac{Ft}{v} = 4 \times 10^2\text{ kg}$,C 正确.

3. 动量守恒定律

6. A 解析:甲、乙两人和小车组成的系统受合外力为零,根据动量守恒定律有 $m_A v_A + m_B v_B + m_{\text{车}} v_{\text{车}} = 0$,小

车向右运动,说明甲、乙两人动量之和向左,但由于不知道两人质量关系,故无法确定速度关系,C、D 正确,A 错误;根据动量定理可知,乙对小车的冲量方向向右,甲对小车的冲量方向向左,而小车速度方向向右,可知乙对小车的冲量必定大于甲对小车的冲量,B 正确.

4. 实验:验证动量守恒定律

$$7. (1) 1.65 \quad (5) \sqrt{\frac{(L+\frac{d}{2})(F_1-m_1g)}{m_1}}$$

$$(6) s\sqrt{\frac{g}{2h}} \quad (7) m_1 v_1 = m_1 v_3 + m_2 v_2$$

解析:(1) 游标卡尺的精确度为 0.1 mm ,两小球直径为 $d=16\text{ mm}+5 \times 0.1\text{ mm}=16.5\text{ mm}=1.65\text{ cm}$.

(5) 根据题意,由牛顿第二定律有 $F_1 - m_1 g =$

$$m_1 \frac{v_1^2}{L+\frac{d}{2}}, \text{整理可得 } v_1 = \sqrt{\frac{(L+\frac{d}{2})(F_1-m_1g)}{m_1}}.$$

(6) 小球 m_2 做平抛运动,则在水平方向上有 $s = v_2 t$,在竖直方向 $h = \frac{1}{2} g t^2$,解得 $v_2 = s \sqrt{\frac{g}{2h}}$.

(7) 由于本实验中 $m_1 > m_2$,则碰后 m_1 不反弹,若碰撞过程中动量守恒,规定向右为正方向,则有 $m_1 v_1 = m_1 v_3 + m_2 v_2$,可说明 m_1 与 m_2 碰撞过程中动量守恒.

5. 弹性碰撞和非弹性碰撞

8. D 解析:在第 I 阶段,由于子弹射入沙袋过程中,有摩擦力做功,子弹和沙袋组成的系统机械能不守恒.在第 II 阶段,子弹和沙袋一起上摆的过程中只有重力做功,子弹和沙袋组成的系统机械能守恒.在第 I 阶段,子弹与沙袋系统的内力远大于外力,系统动量守恒.第 II 阶段系统动量不守恒,D 正确.

6. 反冲现象 火箭

9. B 解析:A、B 整体在竖直方向所受合力不为 0,竖直方向动量不守恒[易错警示:由于 A 球开始在竖直方向有向下的分加速度,存在失重,这样系统竖直方向动量就不守恒了,不过水平方向合外力为 0,水平方向动量守恒,千万注意不能描述成动量守恒.],系统在水平方向合力为 0,只有水平方向动量守恒,则 A、B 组成的系统动量不守恒,A 错误;A、B 组成的系统在水平方向满足动量守恒,则有 $m \bar{v}_A t = 2m \bar{v}_B t$,可得 $m x_A = 2m x_B$,又因

提分攻略

为系统机械能守恒,则 B 向右运动到最大位移时, A 处于半圆形槽的左端,则有 $x_A + x_B = 2R$,得 B 向右运动的最大位移大小为 $x_B = \frac{2R}{3}$, B 正确; A 运动到圆槽的最低点时,由系统水平方向动量守恒得 $mv_A = 2mv_B$,根据系统机械能守恒可得 $mgR = \frac{1}{2}mv_A^2 + \frac{1}{2} \times 2mv_B^2$,解得 $v_A = \sqrt{\frac{4gR}{3}}$, $v_B = \sqrt{\frac{gR}{3}}$, C 、 D 错误。

10. [解题思路:题中分两个过程:过程一是子弹打中木块 A ,该过程中子弹与 A 的动量守恒,特别注意的是木块 B 未参与,这是由于子弹打中木块时间极短,弹簧来不及形变(或者说形变量极小,忽略这一影响)。过程二是子弹与 A 作为整体通过弹簧与 B 产生作用,在这个过程中,整体动量守恒,机械能也守恒。弹性势能最大时 A 、 B (包括子弹)速度相等。]

(1) 子弹射中木块 A ,并留在 A 中,根据动量守恒定律可得 $mv_0 = 2mv_1$,

$$\text{解得 } v_1 = \frac{1}{2}v_0.$$

弹簧压缩量达到最大时, A 、 B 两木块的速度相等,根据系统动量守恒可得 $2mv_1 = (2m + 4m)v_{\text{共}}$,

$$\text{解得 } v_A = v_B = v_{\text{共}} = \frac{v_0}{6}.$$

(2) 根据系统能量守恒可得

$$\frac{1}{2} \times 2mv_1^2 = \frac{1}{2} \times (2m + 4m)v_{\text{共}}^2 + E_p,$$

$$\text{解得弹簧弹性势能的最大值 } E_p = \frac{1}{6}mv_0^2.$$

第二章 机械振动

1. 简谐运动

1. **BC** 解析: $t = 0.2 \text{ s}$ 时,弹簧振子的位移为正向最大值,而弹簧振子的加速度与位移大小成正比,方向与位移方向相反, A 错误;在 $t = 0.1 \text{ s}$ 与 $t = 0.3 \text{ s}$ 两个时刻,弹簧振子的位移相同,故位置相同, B 正确;从 $t = 0$ 到 $t = 0.2 \text{ s}$ 时间内,弹簧振子从平衡位置向最大位移处运动,位移逐渐增大,加速度逐渐增大,加速度方向与速度方向相反,弹簧振子做加速度增大的减速运动, C 正确;在 $t = 0.6 \text{ s}$ 时,弹簧振子的位移为负向最大值,即弹簧的形变量最大,弹簧振子的弹性势能最大, D 错误。

2. 简谐运动的描述

2. (1) 由图可知,该质点的振幅为 4 cm ,周期为 2 s ,则 $f = \frac{1}{T} = 0.5 \text{ Hz}$.

(2) 设质点的振动方程为 $x = A \sin(\omega t + \varphi_0)$,

$$\text{其中 } \omega = \frac{2\pi}{T} = \pi \text{ rad/s}, A = 4 \text{ cm},$$

由于 $t = 0$ 时,质点的位移等于 2 cm ,得 $\varphi_0 = \frac{\pi}{6}$ 或 $\varphi_0 = \frac{5\pi}{6}$,

随着时间增大,质点向平衡位置运动[易错提醒:一定要注意有两解,通过判断质点运动情况,来确定角度的选取。],因此 $\varphi_0 = \frac{5\pi}{6}$,

$$\text{即 } x = 4 \sin\left(\pi t + \frac{5\pi}{6}\right) \text{ cm}.$$

3. 简谐运动的回复力和能量

3. **AD** 解析:由回复力及平衡位置的定义可知,物体处于平衡位置时,回复力为零, A 、 D 正确;物体停在平衡位置时处于平衡状态,物体振动至平衡位置时不一定处于平衡状态,合力不一定为零, B 、 C 错误。

4. 单摆

4. **BC** 解析:[拓展提升:摆钟的结构是机械式的,每振动一次记录的时间是一定的,与实际时间无关,如果振动过快,则计时偏多,时间偏快。]根据单摆周期公式 $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ 可知,摆钟从海南到南极,纬度升高,重力加速度 g 变大,摆钟的周期变小, A 错误, B 正确;摆钟的周期变小,摆动变快,为调节使之正常计时,要将周期 T 调大,应增大摆长, C 正确, D 错误。

5. 实验:用单摆测量重力加速度

5. 平衡(或振动的最低点) **A** 解析:从小球经过最低点时开始计时,由单摆周期公式 $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$,可得 $T^2 = \frac{4\pi^2}{g}L$.若该同学计算摆长的时候加的是小球直径,则有 $T^2 = \frac{4\pi^2}{g}\left(L - \frac{D}{2}\right)$,由图像可知, A 图线正确。

6. 受迫振动 共振

6. **D** 解析:若外界声波频率由 200 Hz 变为 300 Hz ,则系统振动频率为 300 Hz , A 错误;由 $f_0 = \frac{k}{\sqrt{\sigma L}}$,可得 $k = f_0 \sqrt{\sigma L}$, f_0 的单位是 s^{-1} , σ 的单位是 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$, L 的单位是 m ,则 k 单位是 $\text{kg}^{\frac{1}{2}} \cdot \text{m}^{-\frac{1}{2}} \cdot \text{s}^{-1}$, B 错误;为获得更好的减噪效果,可以使固有频率增加。根据固有频率 $f_0 = \frac{k}{\sqrt{\sigma L}}$ 可知,可减小 L 的大小或换用 σ 更小的薄板,故 C 错误, D 正确。

第三章 机械波

1. 波的形成

1. **BC** 解析:该绳波质点的振动方向与波的传播方向垂直,为横波, A 错误;根据“同侧法”可知, a 质点此时向下振动,则振动速度正在增大, b 质点向上振动,正在