

第一部分 力热

专题1 弹力和弹簧 摩擦力

专题总结

弹力和摩擦力是力学中不易分析的两个力,而弹簧则是物理题中常出现的连接物,下面对弹力和摩擦力以及弹簧进行分析:

1. 弹力分析

(1) 弹力方向的判断

- a. 球与面接触的弹力的方向,在接触点与球心连线上,而指向受力物体;
- b. 球与球接触的弹力方向,垂直于过接触点的公切面,而指向受力物体;
- c. 轻杆两端受到拉伸或挤压时会出现拉力或压力,拉力或压力的方向沿细杆方向. 因为此时只有轻杆两端受力,在这两个力作用下杆处于平衡,则这两个力必共线,即沿杆的方向. 当杆受力较复杂时,杆中弹力的方向要具体问题具体分析;
- d. 根据物体的运动情况,利用平衡条件或动力学规律判断.

(2) 判断弹力的有无——假设法

用假设法判断弹力有无的基本思路是:假设将与研究对象接触的物体解除接触,判断研究对象的运动状态是否发生改变,若运动状态不变,则此处不存在弹力;若运动状态改变,则此处一定存在弹力.

(3) 根据“物体的运动状态”分析弹力

由运动状态分析弹力,即是物体的受力必须与物体的运动状态符合,依据物体的运动状态,由二力平衡(或牛顿第二定律)列方程,求解物体间的弹力.

2. “弹簧”和“橡皮绳”,是理想化模型,具有如下几个特性:

- (1) 轻:即弹簧(或橡皮绳)的质量和重力均可视为等于零,由此特点可知,同一弹簧的两端及其中间各点的弹力大小相等;
- (2) 弹簧既能受拉力,也能受压力(沿着弹簧的轴线),橡皮绳只能受拉力,不能承受压力(因橡皮绳能弯曲);
- (3) 由于弹簧和橡皮绳受力时,其形变较大,发生形变需要一段时间,所以弹簧和橡皮绳中的弹力不能突变,但是,当弹簧或橡皮绳被剪断时,它们所受的弹力不会立即消失.

3. 摩擦力分析

(1) “相对滑动”和相对滑动趋势的理解

- a. 相对滑动方向是指相互接触的物体中的一个物体相对于另一物体的滑动方向;
- b. “相对滑动趋势的方向”是指相对静止相互接触的物体中的一个物体对另一个物体企图滑动的方向,它的方向与光滑时相对滑动的方向相同.

(2) 相对滑动趋势产生的条件

- a. 相对于静止物体的相对滑动趋势可由该物体的(除摩擦力之外)合外力在沿接触面方向的分力产生(例如斜面上静止的物体可由重力沿斜面下滑方向的分力产生);
- b. 相互接触的物体的一方在沿接触面方向上运动状态突然变化,也会使它们之间有相对滑动的“趋势”(例如水平传送带加速运动时,使传送带上的物体有相对传送带滑动的趋势).

(3) 静摩擦力的方向、大小特点

- a. 静摩擦力的方向沿接触面且与接触面上的压力垂直.
- b. 静摩擦力的大小由相对滑动趋势的大小决定,相对滑动趋势越大,静摩擦力越大,反之亦然. 其大

小在零和最大值之间变化,据物体的受力及其运动状态由牛顿定律进行分析判断.

4. 整体法和隔离法的应用

隔离法和整体法是力学分析的常用方法,要熟练掌握隔离法,灵活运用整体法.当系统中的各物体运动状态相同,或系统各物体尽管有相对运动但加速度均为零时,就可以把整个系统看作一个整体,只研究系统外的物体对整体的作用力,不研究系统内各物体之间的相互作用.

高考考型例高

【例1】三个相同的支座上分别搁着三个质量和直径都相等的光滑圆球*a*、*b*、*c*,支点*P*、*Q*在同一水平面上,*a*球的重心*O_a*位于球心,*b*球和*c*球的重心*O_b*、*O_c*分别位于球心的正上方和球心的正下方,如图1-1所示,三球均处于平衡状态,支点*P*对*a*球的弹力为*F_{Na}*,对*b*球和*c*球的弹力分别为*F_{Nb}*和*F_{Nc}*,则

- A. $F_{Na} = F_{Nb} = F_{Nc}$
 B. $F_{Nb} > F_{Na} > F_{Nc}$
 C. $F_{Nb} < F_{Na} < F_{Nc}$
 D. $F_{Na} > F_{Nb} = F_{Nc}$

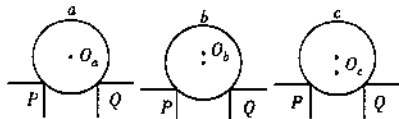


图 1-1

【解析】三种情况下,支点*P*、*Q*对球的弹力都沿着它们与球心的连线指向球心,而不是想当然地错误认为弹力都沿着它们与重心的连线而指向重心.由对称性可知:*P*、*Q*两点对球的作用力的大小相等,平衡时,每一种情况下,*P*、*Q*两点对球的作用力大小相等;平衡时,每一种情景下,*P*、*Q*两点对球的弹力的夹角一定.故由三力平衡知识可得:三种情景下*P*点对球的弹力相等,正确答案选A.

【例2】(1999年全国卷)如图1-2所示,两木块的质量分别为*m₁*和*m₂*,两轻质弹簧的劲度系数分别为*k₁*和*k₂*,上面的木块压在上部弹簧上(但不拴接),整个系统处于平衡状态,现缓慢向上提上面的木块直到它刚离开上面的弹簧,在这个过程中,下面木块移动的距离为

- A. $\frac{m_1 g}{k_1}$ B. $\frac{m_2 g}{k_1}$ C. $\frac{m_1 g}{k_2}$ D. $\frac{m_2 g}{k_2}$

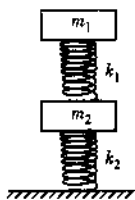


图 1-2

【解析】选两木块和上部的弹簧为研究对象,设下部弹簧的压缩量为*x*,根据二力平衡条件有 $k_2 x = (m_1 + m_2)g$.当质量为*m₁*的木块离开上部的弹簧时,设下部弹簧压缩量为*x'*,选质量为*m₂*的木块为研究对象,根据二力平衡条件有 $k_2 x' = m_2 g$.在提起上面木块的过程中,下面木块移动的距离为 $x - x' = \frac{m_1 + m_2}{k_2} g - \frac{m_2}{k_2} g = \frac{m_1 g}{k_2}$.该题的正确答案为C.

【例3】有一半径*r*为0.2m的圆柱体绕竖直轴*OO'*以角速度*ω*为9rad/s匀速转动,今用水平力*F*把质量*m*为1kg的物体*A*压在圆柱体的侧面.由于受挡板上竖直的光滑槽的作用,物体*A*在水平方向上不能随圆柱体转动,而以*v₀*为2.4m/s的速率匀速下滑,如图1-3所示.若物体*A*与圆柱体间的动摩擦因数*μ*为0.25,试求水平推力*F*的大小(*g*取10m/s²).

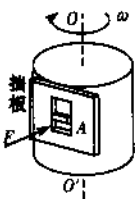


图 1-3

【解析】如图1-4所示,在垂直于圆柱面的方向上有 $F_N = F$,物体相对圆柱面的速度为*v*.

$$v = \sqrt{v_0^2 + (\omega r)^2} = \sqrt{2.4^2 + (9 \times 0.2)^2} = 3 \text{ m/s}$$

物体所受摩擦力的方向跟*v*的方向相反.由物体的平衡条件得

$$F_f \cos \alpha = mg, \text{ 又 } F_f = \mu N; \cos \alpha = \frac{v_0}{v} = \frac{2.4}{3} = 0.8;$$

$$\text{故 } F = \frac{mg}{\mu \cos \alpha} = \frac{1 \times 10}{0.25 \times 0.8} = 50 \text{ N}$$

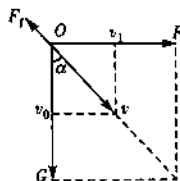


图 1-4

专专专练

1. 如图 1-5 所示, 容器内盛有水, 器壁 AB 呈倾斜状态, 有一个物块 P 处于图示状态, 并保持静止状态, 则该物体受力情况正确的说法是 ()

- A. P 可能只受一个力
B. P 可能受到三个力
C. P 不可能只受两个力
D. P 不是受到两个力就是受到四个力

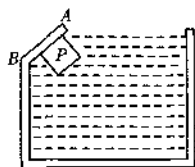


图 1-5

2. 如图 1-6, 物体 A 、 B 、 C 叠放在水平桌面上, 水平力 F 作用于 C 物体上, 使 A 、 B 、 C 以共同速度向右匀速运动, 那么关于物体受几个力的说法正确的是

- A. A 受 6 个, B 受 2 个, C 受 4 个
B. A 受 5 个, B 受 3 个, C 受 3 个
C. A 受 5 个, B 受 2 个, C 受 4 个
D. A 受 6 个, B 受 3 个, C 受 4 个

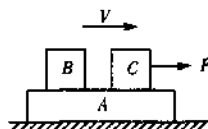


图 1-6

3. 如图 1-7 所示, 置于水平地面上的斜面体始终保持静止, 当小物体沿斜面体的斜面下滑时

- A. 若匀速下滑, 则斜面体对小物体的作用力竖直向下
B. 若匀速下滑, 则斜面体对地面没有摩擦力作用
C. 若加速下滑, 则斜面体对小物体的作用力竖直向上
D. 若加速下滑, 则斜面体对地面没有摩擦力作用

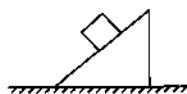


图 1-7

4. 如图 1-8 所示, 斜面体放在墙角附近, 一个光滑的小球置于竖直墙和斜面之间, 若在小球上施加一个竖直向下的力 F , 小球处于静止. 如果稍增大竖直向下的力 F , 而小球和斜面体都保持静止, 关于斜面体对水平地面的压力和静摩擦力的大小的下列说法: ①压力随力 F 增大而增大; ②压力保持不变; ③静摩擦力随 F 增大而增大; ④静摩擦力保持不变, 其中正确的是 ()

- A. 只有 ①③ 正确
B. 只有 ①④ 正确
C. 只有 ②③ 正确
D. 只有 ②④ 正确

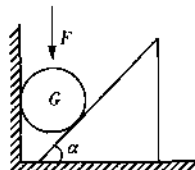


图 1-8

5. 如图 1-9 所示, 物体 a 、 b 和 c 叠放在水平桌面上, 水平力 $F_b = 5\text{N}$ 、 $F_c = 10\text{N}$ 分别作用于物体 b 、 c 上, a 、 b 和 c 仍保持静止. 以 f_1 、 f_2 、 f_3 分别表示 a 与 b 、 b 与 c 、 c 与桌面间的静摩擦力的大小, 则

- A. $f_1 = 5\text{N}$, $f_2 = 0$, $f_3 = 5\text{N}$
B. $f_1 = 5\text{N}$, $f_2 = 5\text{N}$, $f_3 = 0$
C. $f_1 = 0$, $f_2 = 5\text{N}$, $f_3 = 5\text{N}$
D. $f_1 = 0$, $f_2 = 10\text{N}$, $f_3 = 5\text{N}$

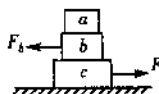


图 1-9

6. 如图 1-10 所示, 滑轮本身的质量可忽略不计, 滑轮轴 O 安装在一根轻木杆 B 上, 一根轻绳 AC 绕过滑轮, A 端固定在墙上, 且绳保持水平, C 端下面挂一个重物, BO 与竖直方向夹角 $\theta = 45^\circ$, 系统保持平衡, 若保持滑轮的位置不变, 改变 θ 的大小, 则滑轮受到木杆的弹力大小变化的情况是 ()

- A. 只有角 θ 变小, 弹力才变大
B. 只有角 θ 变大, 弹力才变大
C. 不论角 θ 变大或变小, 弹力都变大
D. 不论角 θ 变大或变小, 弹力都不变

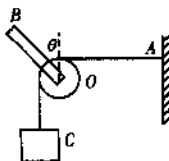


图 1-10

7. 运动员握住竹竿匀速上攀和匀速下滑时, 他受到的摩擦力分别为 F_1 、 F_2 , 则

- A. $F_1 > F_2$
B. $F_1 < F_2$
C. F_1 与 F_2 大小相等
D. F_1 向下, F_2 向上

8. 汽车前进主要依靠发动机产生的动力使车轮转动, 利用车轮与地面间的摩擦力使汽车前进, 通常产生驱动力的轮子只有两个, 或前轮驱动, 或后轮驱动, 其余两个轮子被拉着或推着前进, 武汉制造的“富康”小汽车是采用前轮驱动的方式, 而“城市猎人”越野吉普车是采用四轮驱动方式, 则下列说法中

正确的有

()

- A. “富康”小汽车在平直路面上匀速前进时,前轮受到的摩擦力向后,后轮受到的摩擦力向前
 B. “富康”小汽车在平直路面上匀速前进时,前轮受到的摩擦力向前,后轮受到的摩擦力向后
 C. “城市猎人”越野吉普车在平直路面上匀速前进时,前轮受到的摩擦力向后,后轮受到的摩擦力向前
 D. “城市猎人”越野吉普车在平直路面上匀速前进时,前、后轮受到的摩擦力均向前

9. 在中央电视台五套,每周都有棋类节目,如棋类授课和评析,他们的棋盘都是竖直挂在墙上,棋盘上布有磁石,而每个棋子都是一个小磁体,关于棋盘和棋子有下列几种说法:

① 小棋子共受四个力的作用;② 每个棋子的质量肯定都有细微差异,所以不同棋子所受摩擦力不同;③ 棋盘面应选取相对粗糙的材料;④ 如果某个棋子贴不上棋盘,总会滑落,肯定是其质量偏大.

以上说法中正确的是

()

- A. ①②④ B. ①②③ C. ①③④ D. ②③④

10. 如图 1-11 所示,物体在沿斜面向上的拉力作用下静止在斜面上,当撤去拉力后,物体仍然静止在斜面上,那么物体在撤去拉力后与撤去拉力前相比较,以下说法正确的是

()

- A. 物体所受的摩擦力一定减少了
 B. 物体所受的摩擦力一定增大了
 C. 物体对斜面的压力一定减小了
 D. 物体所受的摩擦力可能大小没变

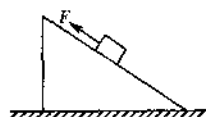


图 1-11

11. 如图 1-12 所示,一根轻弹簧上端固定在 O 点,下端拴一个钢球 P ,球处于静止状态. 现对球施加一个方向向右的外力 F ,使球缓慢偏移,在移动中的每一个时刻,都可以认为钢球处于平衡状态. 若外力 F 方向始终水平,移动中弹簧与竖直方向的夹角 $\theta < 90^\circ$ 且弹簧的伸长量不超过弹性限度,则下面给出的弹簧伸长量 x 与 $\cos \theta$ 的函数关系图象(图 1-13)中,最接近的是

()

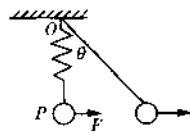


图 1-12

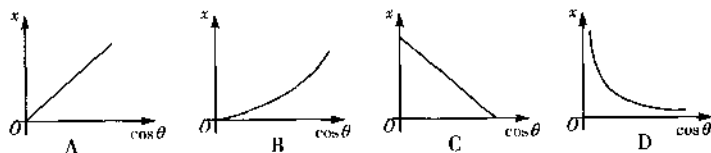


图 1-13

12. 如图 1-14 所示,小车支架的杆子上固定一铁球,在水平路面上匀速向左运动,关于杆子对铁球作用力的方向,下列说法正确的是

()

- A. 沿杆子
 B. 垂直于杆子
 C. 竖直向上
 D. 沿杆子方向到竖直方向之间的某一方向斜向上

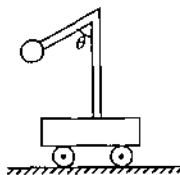


图 1-14

13. 在半球形光滑容器内,放置一细杆. 如图 1-15 所示,细杆与容器的接触点分别为 A 、 B 两点,则容器上 A 、 B 两点对细杆的作用力方向分别为

()

- A. 均竖直向上
 B. 均指向球心
 C. A 点处指向球心 O , B 点处竖直向上
 D. A 点处指向球心 O , B 点处垂直细杆向上

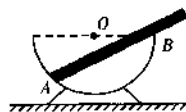


图 1-15

14. 如图 1-16 所示,原长分别为 L_1 和 L_2 、劲度系数分别为 k_1 和 k_2 的轻质弹簧竖直悬挂在天花板上,两弹簧之间有一质量为 m_1 的物体,最下端挂着质量为 m_2 的另一物体,整个装置处于静止状态. 求:(1)这时两弹簧的总长为多大?(2)若用一个质量为 M 的平板把下面的物体竖直缓慢地

向上托起,直到两弹簧的总长度等于两弹簧的原长之和,这时平板受到下面物体 m_2 的压力。

参参答案

1. D 2. A 3. B 4. A 5. C 6. D 7. C 8. BD 9. B 10. D 11. D
12. C 13. D 14. (1) $L = L_1 + L_2 + \frac{(m_1 + m_2)g}{k_1} + \frac{m_2g}{k_2}$ (2) $N = m_2g + \frac{k_2}{k_1 + k_2}m_1g$

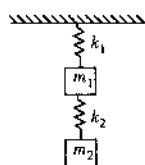


图 1-16

专题 2 力的合成与分解

参题案案

力的合成与分解用的规律是平行四边形定则。

1. 共点力的合成

若两个共点力 F_1 、 F_2 的夹角为 θ , 根据余弦定理, 其合力大小为: $\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\theta}$

由此可知: (1) $\theta = 0^\circ$ 时, 即同向的合力 $F = F_1 + F_2$; (2) $\theta = 90^\circ$ 时, 即相互垂直的合成 $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$; (3) $\theta = 180^\circ$ 时, 即反向的力合成 $F = |F_1 - F_2|$; (4) $\theta = 120^\circ$ 时, 且 $F_1 = F_2$ 时, 有 $F = F_1 = F_2$; (5) θ 在 $0^\circ \sim 180^\circ$ 变化时 (F_1 、 F_2 大小一定), θ 越小, F 越大。

合力的范围是: $|F_1 - F_2| \leq F \leq F_1 + F_2$ 。还可以看出: 合力可能大于分力, 也可能小于分力。

合力的方向: F 与 F_1 的夹角为 φ , $\tan\varphi = \frac{F_2\sin\theta}{F_1 + F_2\cos\theta}$, 当 $\theta = 90^\circ$ 时, $\tan\varphi = \frac{F_2}{F_1}$ 。

2. 力的分解及常见问题的讨论

若没有条件限制, 把一个力分解为两个分力可有无数组解 (对于平行四边形, 由一个已知的对角线可以做出无数个平行四边形, 即一个对角线与无数组平行四边形的邻边相对应)。

(1) 已知合力 F 的大小和方向: 有无数组解 (即可分解为无数对分力)

(2) 已知合力 F 的大小和方向:

a. 又知 F_1 、 F_2 的方向: 有确定的解 (三角形唯一的确定)

b. 又知 F_1 、 F_2 的大小: 有无数解

c. 又知 F_1 的大小和方向: 有确定的解 (三角形唯一的确定)

d. 又知 F_1 的方向及 F_2 的大小:

当 $F\sin\theta < F_2 < F$ 时, 有两组解; 当 $F_2 = F\sin\theta$ 时, 有唯一解; 当 $F_2 > F$ 时, 有确定的解。

3. 动态平衡问题的图解分析法

动态平衡问题指某一量的变化使物体的状态发生缓慢的变化, 即在这个变化过程中物体始终处于一系列的平衡状态。分析这类问题常用图解法, 它是利用力的矢量三角形中角与边长的变化情况来直接确立物理量变化情况进而得出结论的方法。首先要找出确定不变的量, 其次要正确判断变化量变化空间的范围 (包括大小和方向的变化范围)。

案考题参例参

【例 1】将一个 20N 的力进行分解, 其中一个分力自方向与这个力成 30° , 试讨论: (1) 另一个分力的大小不会小于多少? (2) 若另一个分力大小是 $20\sqrt{3}$ N, 则已知方向的分力的大小是多少?

【解析】(1) 根据已知条件, 可作出图 2-1(a), 合力 F 与它的两个分力要构成一个三角形, F 的末端到直线 OA 的最短距离表示那个分力的最小值, 即过 F 末端作 OA 的垂线构成一个直角三角形, 如图 2-1(b) 所示, 由几何关系知 $F_2 = 10$ N。

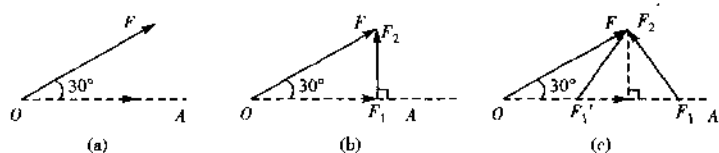


图 2-1

(2) 当另一个分力 $F_2 = 20\sqrt{3}\text{N}$ 时, 由于 $20\sqrt{3} > 10$, 根据力的三角形法则, 可以组成两个不同三角形, 如图 2-1(c) 所示. 根据正弦定理 $\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C}$ 和 $A + B + C = 180^\circ$, 可求出 $F_1 = \frac{40}{\sqrt{3}}\text{N} = \frac{40\sqrt{3}}{3}\text{N}$, $F_1' = \frac{20}{\sqrt{3}}\text{N} = \frac{20\sqrt{3}}{3}\text{N}$.

【例 2】如图 2-2 所示, 质量为 m 的球放在倾角为 α 的光滑斜面上, 试分析挡板 AO 与斜面间的倾角 β 多大时, AO 所受压力最小?

【解析】以球为研究对象. 球所受重力 mg 产生的效果有两个: 对斜面产生了压力 F_1 , 对挡板产生了压力 F_2 . 根据重力产生的效果将重力分解, 如图 2-3 所示.

当挡板与斜面的夹角由图示位置变化时, F_1 大小改变, 但方向不变, 始终与斜面垂直, F_2 的大小、方向均改变(图中画出一系列虚线表示变化的 F_2). 由图可看出, 当 F_2 与 F_1 垂直, 即 $\beta = 50^\circ$ 时, 挡板 AO 所受压力最小, 最小压力 $F_{2\min} = mg\sin\alpha$.

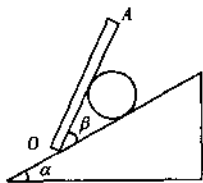


图 2-2

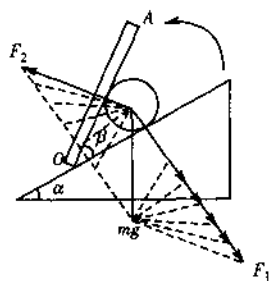


图 2-3

专项专专

1. 用两根绳子吊起一重物, 使重物保持静止, 逐渐增大两绳之间的夹角, 则两绳对重物拉力的合力变化情况是 ()

- A. 不变 B. 减小 C. 增大 D. 可能增大, 也可能减小

2. 三段不可伸长的细绳 OA 、 OB 、 OC 能承受的最大拉力相同, 它们共同悬挂一重物, 如图 2-4 所示, 其中 OB 时是水平的, A 端、 B 端固定, 若逐渐增加 C 端所挂物体的质量, 则最先断的绳 ()

- A. 必定是 OA B. 必定是 OB
C. 必定是 OC D. 可能是 OC , 也可能是 OB

3. 如图 2-5 所示, 长为 L 的细绳拴一个质量为 m 的小球, 现用一外力 F 将小球向右拉到与竖直方向成 θ 角而静止, 在静止位置, 外力 F 的最小值大小和方向分别是 ()

- A. $mg\sin\theta$, 水平向右 B. $mg\tan\theta$, 水平向右
C. $mg\sin\theta$, 垂直绳斜向右上方 D. $mg\tan\theta$, 垂直绳斜向右上方

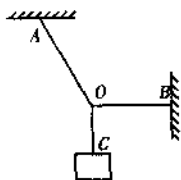


图 2-4

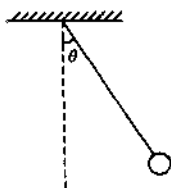


图 2-5

4. 不可伸长的轻细绳 AO 和 BO 的结点为 O , 在 O 点悬挂电灯. OA 绳处于水平, 电灯 L 处于平衡, 如图 2-6 所示. 如果保持 O 点位置不变, 改变 OA 的长度, 使 A 点逐渐上移至 C 点. 随着 A 点逐渐上移, 细绳 AO 的拉力将 ()

- A. 逐渐增大
B. 逐渐减小
C. 先减小后增大
D. 先增大后减小

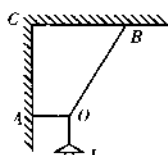


图 2-6

5. 如图 2-7 所示, 能承受最大拉力 10N 的细绳 OA 与水平方向成 45° , 能承受最大拉力为 5N 的细绳 OB 水平, 细绳 OC 能承受足够大的拉力. 为使 OA 、 OB 均不被拉断, OC 下端所悬挂的物体的最大重力是 ()

- A. $5\sqrt{2}$
B. $\frac{5\sqrt{2}}{2}$
C. 5N
D. 10N

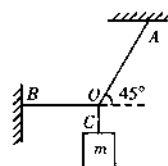


图 2-7

6. 水平横梁的一端 A 插在墙壁内, 另一端装有一小滑轮 B , 一轻绳的一端 C 固定于墙壁上, 另一端跨过滑轮后悬挂一质量为 $m = 10\text{kg}$ 的重物, $\angle CBA = 30^\circ$, 如图 2-8 所示, 则滑轮受到绳子的作用力为 (g 取 10N/kg) ()

- A. 50N
B. $50\sqrt{3}\text{N}$
C. 100N
D. $100\sqrt{3}\text{N}$

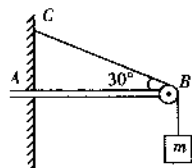


图 2-8

7. 一根质量可以不计的细线, 能够承受的最大拉力为 F , 现把重量 $G = F$ 的重物通过光滑的、重量不计的小钩挂在这根细线上, 两手握住细线的两端, 开始时两手并拢, 然后沿水平方向慢慢地分开. 为了不使细线被拉断, 细线的两段之间的夹角不能大于 ()

- A. 60°
B. 90°
C. 120°
D. 150°

8. 将一细绳的两端固定于两竖直墙的 A 、 B 两点, 通过一个光滑的挂钩将某重物挂在绳上, 下面给出的四幅图中, 如图 2-9 所示, 有可能使物体处于平衡状态的是 ()

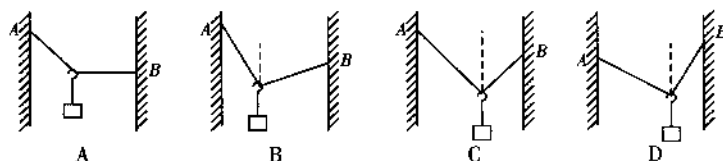


图 2-9

9. 悬挂输电线的电线杆在输电线路转弯处常用一根多股金属丝作电线杆的斜拉线, 以平衡输电线两端对电线杆的拉力的合力, 如图 2-10 所示, 已知两输电线对电线杆的水平拉力大小相等, 现将斜拉线的着地点由图中的 A 点处移至 B 点处, 关于斜拉线的方位、线中的张力变化、电线的受力情况, 下列说法中正确的是 ()

- A. 斜拉线应尽量与两输电线的角平分线在同一竖直平面上, 斜拉线中的张力将变大, 电线杆对地面的压力不变
B. 斜拉线应尽量与两输电线的角平分线在同一竖直平面上, 斜拉线中的张力将变大, 电线杆对地面的压力也变大
C. 斜拉线可以与两输电线的角平分线不在同一竖直平面上, 斜拉线中的张力将变大, 电线杆对地面的压力不变
D. 斜拉线可以与两输电线的角平分线不在同一竖直平面上, 斜拉线中的张力将变小, 电线杆对地面的压力也变小

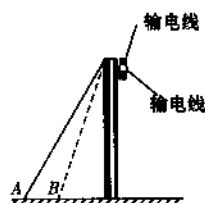


图 2-10

10. 作用在同一物体上的三个力, 其大小分别为 5N 、 8N 、 7N , 则它们合力的最大值为多少? 最小值为多少?

11. 在研究两个共点力合成的实验中, 得到如图 2-11 的合力 F 与两个分力夹角 θ 的关系图象 (两个分力大小不变), 试求合力 F 的变化范围.

12. 如图 2-12 所示, 半径为 r 的光滑球被固定在斜面上的厚度为 h 的垫块垫住, 静止在倾角为 θ 的光滑斜面上, 已知 $\theta = 30^\circ$, 而且球对斜面和垫块的压力大小相等, 试求垫块厚度 h 与球半径 r 之比.

13. 质量为 m 的物体放在水平面上, 在沿水平方向大小为 F 的拉力 ($F < mg$) 作用下做匀速运动, 如图 2-13 所示. 试求: (1) 物体与水平面间的动摩擦因数; (2) 在物体上再施加另一个大小为 F 的力. 若要使物体仍沿原方向做匀速运动, 则该力的方向应如何?

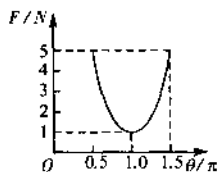


图 2-11

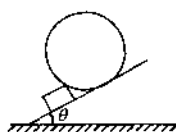


图 2-12

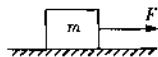


图 2-13

参考答案

1. A 2. A 3. C 4. C 5. C 6. C 7. C 8. C 9. B 10. 20 N, 0 N 11. $1 \text{ N} \leq F \leq 7 \text{ N}$ 12. 1:2
13. (1) F/mg (2) $\arctan \frac{mg}{F}$, 斜向右下方或左上方

专题 3 解决平衡态问题的常用方法

专题案结

一个物体同时受到几个力的作用, 如果它们作用在物体上同一点或作用线相交于一点, 这几个力就叫共点力. 物体保持匀速直线运动或静止的状态叫平衡状态. 共点力作用下物体保持平衡的条件是: 物体所受合外力为零.

求共点力平衡的一般步骤: (1) 选对象: 根据题目要求, 选取某平衡体 (整体或局部) 作为研究对象; (2) 画力的示意图: 对研究对象作受力分析, 并按各个力的作用方向画出隔离体受力图; (3) 选取合适的坐标系, 列方程求解.

共点力平衡求解的方法比较多, 下面介绍几种:

1. 正交分解法是解共点力平衡问题的基本方法, 其优点是不受物体所受外力多少的限制. 解题依据是根据平衡条件, 将各力分解到相互垂直的两个方向上, 利用 $F_x = 0$, $F_y = 0$, 列方程求解. 正交分解法是根据平衡条件, 将各力分解到相互垂直的两个方向. 为解题方便通常的做法是: ① 使所选取的方向上有较多的力; ② 选取运动方向和与其相垂直的方向为正交分解的两个方向; ③ 使未知的力特别是不需要的未知力落在所选取的方向上, 从而可以方便快捷地求解.

2. 合成法或分解法:

当物体只受三力作用处于平衡时, 此三力必共面共点, 将其中的任意两个力合成, 合力必定与第三个力大小相等、方向相反; 或将其中某一个力 (一般为已知力) 沿另外两个力的反方向进行分解, 两分力的大小与另两个力大小相等.

所作平行四边形中若包含有直角三角形, 一般用三角函数知识求解, 也可用正弦定理和余弦定理求解 (高考不作要求); 若平行四边形为菱形, 可作另一条对角线为辅助线, 由于菱形的两条对角线相互垂直平分, 可将菱形转化为一组直角三角形; 若观察分析发现所作力的三角形与几何三角形相似, 则可用相似三角形对应边成比例的性质求解.

3. 临界问题

平衡物体的临界状态是指物体所处平衡状态将要变化的状态,解决这类问题关键是要注意“恰好出现”或“恰好不出现”的条件.

4. 极值问题

(1) 解析法:根据物体的平衡条件列方程,在解方程时采用数学知识求极值.通常用到的数学知识有二次函数极值、均分定理求极值、讨论分式极值、三角函数极值以及几何法求极值等.

(2) 图解法:即根据物体的平衡条件作出力的矢量图,如只受三个力,则这三个力构成封闭矢量三角形,然后根据图进行动态分析,确定最大值和最小值.此法简便、直观.

(3) 几何极值原理:三角形一条边 a 的大小和方向都确定,另一条边 b 只能确定其方向(即 a, b 的夹角 θ 确定),欲求第三边 c 的最小值,则必有 c 垂直于 b ,且 $c = a \sin \theta$,如图 3-1 所示.

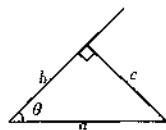


图 3-1

高考题型例题

【例 1】如图 3-2 所示,一个重为 G 的小球套在竖直放置的半径为 R 的光滑圆环上,一个劲度系数为 k 、自然长度为 L ($L < 2R$) 的轻质弹簧,一端与小球相连,另一端固定在大环的最高点,求小球处于静止状态时,弹簧与竖直方向的夹角 φ .

【解析】小球受力如图 3-3 所示,有竖直向下的重力 G ,弹簧的弹力 F ,圆环的弹力 N , N 沿半径方向背离圆心 O .

利用合成法,将重力 G 和弹力 N 合成,合力 $F_{\text{合}}$ 应与弹簧弹力 F 平衡.观察发现,图中力的三角形 $\triangle BCD$ 与 $\triangle AOB$ 相似,设 AB 长度为 l ,由三角形相似有:

$$\frac{mg}{F} = \frac{AO}{AB} = \frac{R}{l}, \text{ 即得 } F = \frac{mg l}{R}$$

另外由胡克定律有 $F = k(l - L)$,而 $l = 2R \cos \varphi$

$$\text{联立上述各式可得: } \cos \varphi = \frac{kL}{2(kR - G)},$$

$$\varphi = \arccos \frac{kL}{2(kR - G)}$$

【例 2】如图 3-4(a) 所示,物体的质量为 2kg ,两根轻细绳 AB 和 AC 的一端连接于竖直墙上,另一端系于物体上,在物体上另施加一个方向与水平线成 $\theta = 60^\circ$ 的拉力 F ,若要使绳都能伸直,求拉力 F 的大小范围.

【解析】作出 A 受力图如图 3-4(b) 所示.

$$\text{由平衡条件有 } F \cos \theta - F_2 - F_1 \cos \theta = 0 \quad (1)$$

$$F \sin \theta + F_1 \sin \theta - mg = 0 \quad (2)$$

由 (1)(2) 式得

$$F = \frac{mg}{\sin \theta} - F_1 \quad (3) \quad F = \frac{F_2}{2 \sin \theta} + \frac{mg}{2 \sin \theta} \quad (4)$$

要使两绳都能绷直,则有 $F_1 \geq 0$ (5) $F_2 \geq 0$ (6)

由 (3)(5) 式得 F 有最大值 $F_{\text{max}} = mg / \sin \theta = 40 / \sqrt{3} \text{ N}$

由 (4)(6) 式得 F 有最小值 $F_{\text{min}} = mg / 2 \sin \theta = 20 / \sqrt{3} \text{ N}$

综合得 F 的取值范围为 $\frac{20}{\sqrt{3}} \text{ N} \leq F \leq \frac{40}{\sqrt{3}} \text{ N}$

【例 3】重量为 G 的木块与水平地面间的动摩擦因数为 μ ,一人欲用最小的作用力 F 使木块做匀速运动,则此最小作用力的大小和方向应如何?

【解析】木块在运动中受摩擦力作用,要减小摩擦力,应使作用力 F 斜向上,设当 F 斜向上与水平方向的夹角为 α 时, F 的值最小.木块受力分析如图 3-5 所示,由平衡条件知

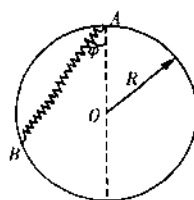


图 3-2

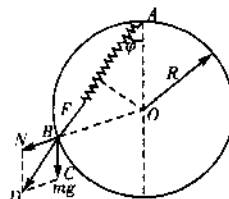
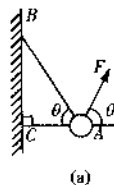
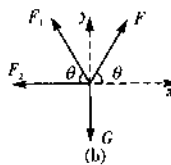


图 3-3



(a)



(b)

图 3-4

$$F \cos \alpha - \mu F_N = 0, \quad F \sin \alpha + F_N - G = 0$$

$$\text{解上述二式得 } F = \frac{\mu G}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha}$$

$$\text{令 } \tan \varphi = \mu, \text{ 则 } \sin \varphi = \mu / \sqrt{1 + \mu^2}$$

$$\cos \alpha + \tan \varphi \sin \alpha = \sqrt{1 + \mu^2} (\cos \varphi \cos \alpha + \sin \varphi \sin \alpha) = \sqrt{1 + \mu^2} \cos(\alpha - \varphi)$$

$$\text{可见, 当 } \alpha = \varphi = \arctan \mu \text{ 时, } F \text{ 有最小值, 即 } F_{\min} = \mu G / \sqrt{1 + \mu^2}$$

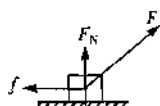


图 3-5

专专训练

1. 如图 3-6 所示, 轻绳跨过定滑轮, 它的两端分别连接着物体 A 和 B, A 的质量大于 B 的质量, A 和 B 均保持静止, A 与水平桌面间动摩擦因数为 μ . 如果在物体 A 上再加一个砝码, 则以下分析正确的是 ()

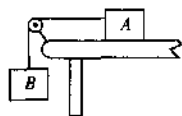


图 3-6

- A. A 与桌面间的动摩擦因数 μ 将增大
- B. A 与桌面间的动摩擦力将不变
- C. A 与桌面间的最大静摩擦力将增大
- D. A 与桌面的压力增大, 静摩擦力增大

2. 如图 3-7 所示, 一质量为 M 的楔形木块放在水平桌面上, 它的顶角为 90° , 两个底角分别为 α 和 β ; a、b 为两个位于斜面上质量均为 m 的小木块. 已知所用接触面都是光滑的. 现发现 a、b 沿斜面下滑, 而楔形木块静止不动, 这时楔形对水平桌面的压力等于 ()



图 3-7

- A. $Mg + mg$
- B. $Mg + 2mg$
- C. $Mg + mg(\sin \alpha + \sin \beta)$
- D. $Mg + mg(\cos \alpha + \cos \beta)$

3. 如图 3-8 所示, 一个质量为 $m = 2.0 \text{ kg}$ 的物体, 放在倾角为 $\theta = 30^\circ$ 的斜面上静止不动, 若用竖直向上的力 $F = 5.0 \text{ N}$ 提物体, 物体仍能静止 ($g = 10 \text{ m/s}^2$), 下述结论正确的是 ()

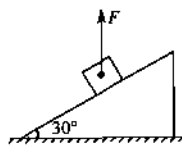


图 3-8

- A. 物体受到的合外力减小 5.0 N
- B. 物体受到的摩擦力减小 5.0 N
- C. 斜面受到的压力减小 5.0 N
- D. 物体对斜面的作用力减小 5.0 N

4. 一氢气球下系一小重物 G, 重物只在重力和绳的拉力作用下作匀速直线运动, 不计空气阻力和风力影响, 而重物匀速运动的方向如图 3-9 中箭头所示的虚线方向, 图中气球和重物 G 在运动中所处的位置正确的是 ()

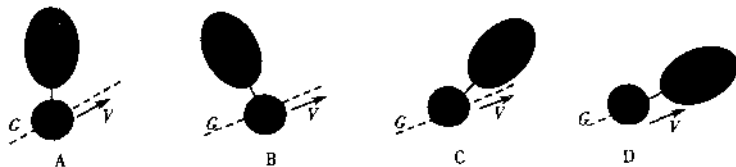


图 3-9

5. 如图 3-10 所示, 在倾角为 30° 的粗糙斜面上有一重为 G 的物体. 若用与斜面底边平行的水平恒力 $F = G/2$ 推它, 恰好能使它做匀速直线运动. 物体与斜面之间的动摩擦因数为 ()

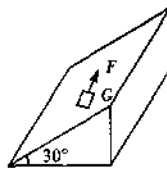


图 3-10

- A. $\sqrt{2}/2$
- B. $\sqrt{3}/3$
- C. $\sqrt{6}/3$
- D. $\sqrt{6}/3$

6. 弹性轻绳的一端固定在 O 点, 另一端拴一个物体, 物体静止在水平地面上的 B 点, 并对水平地面有压力, O 点的正下方 A 处有一垂直于纸面的光滑杆, 如图 3-11 所示, OA 为弹性轻绳的自然长度. 现在用水平力使物体沿水平面运动, 在这一过程中, 物体所受水平面的摩擦力的大小的变化情况是 ()

- A. 先变大后变小
B. 先变小后变大
C. 保持不变
D. 条件不够充分, 无法确定

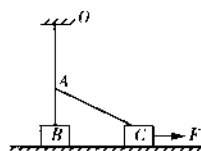


图 3-11

7. 如图 3-12 所示, 一个倾角为 45° 的斜面固定于竖直墙上, 为使一个光滑的铁球静止在如图所示的位置, 需用一个水平推力作用于球体上, F 的作用线通过球心. 设球体的重力为 G , 竖直墙对球体的弹力为 N_1 , 斜面对球体的弹力为 N_2 , 则以下结论正确的有 ()

- A. $N_1 = F$
B. $G = F$
C. $N_2 > G$
D. N_2 一定大于 N_1

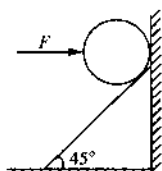


图 3-12

8. 如图 3-13 所示, 轻质光滑滑轮两侧用细绳连着两个物体 A 与 B , 物体 B 放在水平地面上, A 、 B 均静止. 已知 A 和 B 的质量分别为 m_A 、 m_B , 绳与水平方向的夹角为 θ , 则 ()

- A. 物体 B 受到的摩擦力可能为 0
B. 物体 B 受到的摩擦力为 $m_A g \cos \theta$
C. 物体 B 对地面的压力可能为 0
D. 物体 B 对地面的压力为 $m_B g - m_A g \sin \theta$

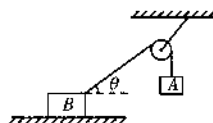


图 3-13

9. 身高和质量完全相同的两人穿同样的鞋在同一水平地面上通过一轻杆进行顶牛比赛, 企图迫使对方后退. 设甲、乙对杆的推力分别为 F_1 、 F_2 . 甲、乙两人体因前倾而偏离竖直方向的夹角分别为 α_1 、 α_2 , 倾角越大, 此刻人手持杆的端点位置就越低, 如图 3-14 所示, 若甲获胜, 则 ()

- A. $F_1 = F_2$, $\alpha_1 > \alpha_2$
B. $F_1 > F_2$, $\alpha_1 = \alpha_2$
C. $F_1 = F_2$, $\alpha_1 < \alpha_2$
D. $F_1 > F_2$, $\alpha_1 > \alpha_2$

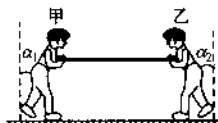


图 3-14

10. 在水平天花板下用绳 AC 和 BC 悬挂着物体 m , 绳与竖直方向的夹角分别为 $\alpha = 37^\circ$ 和 $\beta = 53^\circ$ 且 $\angle ACB$ 为 90° , 如图 3-15 所示. 绳 AC 能承受的最大拉力为 100N , 绳 BC 能承受的最大拉力为 180N . 重物质量过大时会使绳子拉断. 现悬挂物的质量 m 为 14kg ($g = 10\text{m/s}^2$, $\sin 37^\circ = 0.6$, $\sin 53^\circ = 0.8$) 则有 ()

- A. AC 绳断, BC 不断
B. AC 不断, BC 绳断
C. AC 和 BC 绳都会断
D. AC 和 BC 绳都不会断

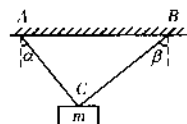


图 3-15

11. 如图 3-16 所示, 一斜面体置于粗糙水平地面上, 斜面顶端固定一定滑轮, 质量分别为 m_1 和 m_2 的物块用细线相连跨过定滑轮置于斜面体上, 下列说法中正确的有 ()

- A. 若 m_1 、 m_2 均静止, 则地面对斜面体间无摩擦力
B. 若 m_1 沿斜面匀速下滑, 则地面对斜面体有向右的摩擦力
C. 若 m_1 沿斜面匀速上升, 则地面对斜面体有向左的摩擦力
D. 不论 m_1 沿斜面向上还是向下匀速滑动, 地面对斜面体均无摩擦力

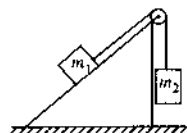


图 3-16

12. 如图 3-17 所示, 两根相同的橡皮绳 OA 、 OB , 开始夹角为 0 , 在 O 点处打结吊一重 50N 的物体后, 结点 O 刚好位于圆心. 今将 A 、 B 分别沿圆周向两边移至 A' 、 B' , 使 $\angle AOA' = \angle BOB' = 60^\circ$. 欲使结点仍在圆心处, 则此时结点处应挂多重的物体?

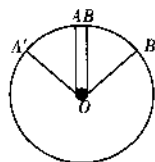


图 3-17

13. 当物体从高空下落时, 空气阻力随速度的增大而增大, 因此经过一段距离后将匀速下降, 这个速度称为此物体下落的终极速度. 已知球形物体速度不大时所受的空气阻力正比于速度 v , 且正比于球的半径 r , 即阻力 $f = kvr$, k 是比例系数. 对于常温下空气, 比例系数 $k = 3.4 \times 10^{-4}\text{Ns/m}^2$, 已知水的密度 $\rho = 1.0 \times 10^3\text{kg/m}^3$, 取 $g = 10\text{m/s}^2$, 试求半径

$r = 0.1 \text{ mm}$ 的球形雨滴在无风情况下的终极速度 v (取两位有效数字).

14. 在2004年8月21日雅典奥运会的举重赛场上,中国烟台“铁姑娘”唐功红,在第一轮抓举比赛中落后 7.5 kg ,处劣势,名列第八,在第二轮挺举比赛中,一下子超出了第二名选手 10 kg 的重量,举起了 182.5 kg 的杠铃,一举打破挺举和总分两项世界纪录,勇夺奥运金牌.若“铁姑娘”唐功红两手臂间保持 106° ,如图3-18所示,则唐功红在挺举比赛中,手臂力量比第二名选手大多少? ($g = 10 \text{ m/s}^2$, $\cos 37^\circ = 0.8$)

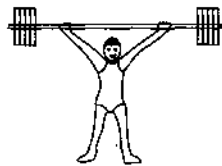


图3-18

参考答案

1. BC 2. A 3. D 4. A 5. C 6. C 7. BC 8. BD 9. A 10. C 11. AD 12. 25 N 13. $v_t = 1.2 \text{ m/s}$ 14. 62.5 N

专题4 匀变速直线运动规律及应用

参参总结

匀变速直线运动的规律是应该熟练掌握的,在此基础上要注意一些运算技巧.

1. 常用公式有以下四个

$$v_t = v_0 + at \quad s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \quad v_t^2 - v_0^2 = 2as \quad s = \frac{v_0 + v_t}{2} t$$

(1) 以上四个公式中共有五个物理量: s 、 t 、 a 、 v_0 、 v_t , 这五个物理量中只有三个是独立的, 可以任意选定. 只要其中三个物理量确定之后, 另外两个就唯一确定了. 每个公式中只有其中的四个物理量, 当已知某三个而要求另一个时, 往往选定一个公式就可以了.

(2) 以上五个物理量中, 除时间 t 外, s 、 v_0 、 v_t 、 a 均为矢量. 一般以 v_0 的方向为正方向, 以 $t = 0$ 时刻的位移为零, 这时 s 、 v_t 和 a 的正负就都有了确定的物理意义.

2. 匀变速直线运动中几个常用的结论

(1) $\Delta s = aT^2$, 即任意相邻相等时间内的位移之差相等. 可以推广到 $s_m - s_n = (m - n)aT^2$

(2) $v_{\frac{t}{2}} = \frac{v_0 + v_t}{2}$, 某段时间的中间时刻的瞬时速度等于该段时间内的平均速度.

$v_{\frac{s}{2}} = \sqrt{\frac{v_0^2 + v_t^2}{2}}$, 某段位移的中间位置的瞬时速度公式 (不等于该段位移内的平均速度).

可以证明, 无论匀加速还是匀减速, 都有 $v_{\frac{t}{2}} < v_{\frac{s}{2}}$.

3. 初速为零的匀变速直线运动, 设 T 为时间单位, S 为位移单位, 则有

(1) $1T$ 末、 $2T$ 末、 $3T$ 末……瞬时速度之比为 $1:2:3:\dots$

(2) $1T$ 内、 $2T$ 内、 $3T$ 内……的位移之比为 $1:4:9:\dots$

(3) 第1个 T 内、第2个 T 内、第3个 T 内……的位移之比为 $1:3:5:\dots$

(4) $1S$ 、 $2S$ 、 $3S$ ……所用的时间之比为 $1:\sqrt{2}:\sqrt{3}:\dots$

(5) 第1个 S 、第2个 S 、第3个 S ……所用的时间之比为 $1:(\sqrt{2}-1):(\sqrt{3}-\sqrt{2}):\dots$

对末速为零的匀变速直线运动, 可以相应地运用这些规律.

高考题题例考

【例1】 火车紧急刹车后经 7 s 停止, 设火车做的是匀减速直线运动, 它在最后 1 s 内的位移是 2 m , 则火车在刹车过程中通过的位移和开始刹车时的速度各是多少?

【解析】 首先将火车视为质点, 由题意画出草图, 如图4-1.

解法一:用基本公式、平均速度.

质点在第7s内的平均速度为: $v_7 = \frac{-s}{t} = \frac{1}{2}(v_6 + 0) = 2\text{m/s}$

则第6s末的速度: $v_6 = 4\text{m/s}$,求出加速度:

$$a = (0 - v_6)/t = -4\text{m/s}^2$$

求初速度: $0 = v_0 - at, v_0 = at = 4 \times 7 = 28\text{m/s}$

$$\text{求位移: } s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2 = 28 \times 7 - \frac{1}{2} \times 4 \times 49 = 98\text{m}$$

解法二:逆向思维,用推论.倒过来看,将匀减速的刹车过程看作初速度为0,末速度为28m/s,加速度大小为4m/s²的匀加速直线运动的逆过程.

由推论: $s_1 : s_7 = 1 : 7^2 = 1 : 49$,则7s内的位移: $s_7 = 49s_1 = 49 \times 2 = 98\text{m}$

求初速度: $s = \frac{1}{2}(v_0 + v_t)t, v_0 = 28\text{m/s}$

解法三:逆向思维,用推论.仍看作初速为0的逆过程,用另一推论:

$$s_1 : s_2 : s_3 : \dots : s_{10} = 1 : 3 : 5 : 7 : 9 : 11 : 13, s_1 = 2\text{m}$$

则总位移: $s = 2(1 + 3 + 5 + 7 + 9 + 11 + 13) = 98\text{m}$

求 v_0 同解法二.

解法四:图象法作出质点的速度-时间图象如图4-2.质点第7s内的位移大小

为阴影部分小三角形面积: $s_7 = \frac{1}{2}(1 \times v_6), v_6 = 4\text{m/s}$

小三角形与大三角形相似,有 $v_6 : v_0 = 1 : 7, v_0 = 28\text{m/s}$

总位移为大三角形面积: $s = \frac{1}{2}(7 \times 28) = 98\text{m}$

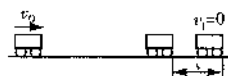


图4-1

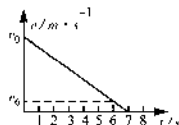


图4-2

【例2】(2000年上海卷)两木块自左向右运动,现用高速摄影机在同一底片上多次曝光,记录下木块每次曝光时的位置,如图4-3所示,连续两次曝光的时间间隔是相等的.由图可知

- A. 在时刻 t_2 以及时刻 t_5 两木块速度相同
- B. 在时刻 t_1 两木块速度相同
- C. 在时刻 t_3 和时刻 t_4 之间某瞬时两木块速度相同
- D. 在时刻 t_4 和时刻 t_5 之间某瞬时两木块速度相同

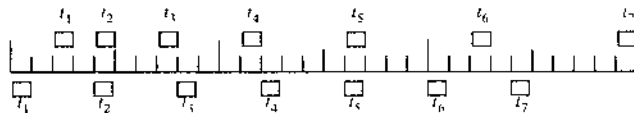


图4-3

【解析】解法一:设连续两次曝光的时间间隔为 t ,记录木块位置的直尺最小刻度间隔长为 l ,由图可以看出下面木块间隔均为 $4l$,木块匀速直线运动,速度 $v = \frac{4l}{t}$.上面木块相邻的时间间隔内木块的间隔分别为 $2l, 3l, 4l, 5l, 6l, 7l$,相邻相等时间间隔 t 的速度等于中间时刻的瞬时速度, t_2, t_3, t_4, t_5 时刻的瞬时速度分别为 $v_2 = \frac{2l + 3l}{2t} = \frac{5l}{2t}, v_3 = \frac{3l + 4l}{2t} = \frac{7l}{2t}, v_4 = \frac{4l + 5l}{2t} = \frac{9l}{2t}, v_5 = \frac{5l + 6l}{2t} = \frac{11l}{2t}$,因此本题选C.

解法二:首先由图看出,上边那个物体相邻相等时间内的位移之差为恒量,可以判定其做匀变速直线运动;下边那个物体明显地是做匀速运动.由于 t_2 及 t_5 时刻两物体位置相同,说明这段时间内它们的位移相等,因此其中间时刻的即时速度相等,这个中间时刻显然在 t_3, t_4 之间,因此本题选C.

【例3】一物体初速度为零,先以大小为 a_1 的加速度做匀加速运动,后以大小为 a_2 的加速度做匀减

速运动直到静止,整个过程中物体的位移为 s ,则该物体在此直线运动过程中的最大速度为多少?

【解析】加速与减速阶段的分界点是最大速度所在的位置,抓住分界点灵活选择公式求解并不难.

物体匀加速运动末速度等于匀减速运动的初速度,由匀变速直线运动的平均速度公式 $\bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2}$

知,前后两段位移上物体的平均速度相等,都等于 $\frac{v}{2}$.

设物体的最大速度为 v ,匀加速和匀减速运动过程的时间分别是 t_1 、 t_2 ,

$$\text{则由题意: } \frac{v}{2}gt_1 + \frac{v}{2}gt_2 = s \quad ①$$

$$\text{而对于加速过程, } v = a_1t_1 \quad ②$$

$$\text{对于减速过程, } v = a_2t_2 \quad ③$$

$$\text{由 } ②③ \text{ 整理出 } t_1, t_2, \text{ 代入 } ① \text{ 式中, } \frac{v}{2} \left(\frac{v}{a_1} + \frac{v}{a_2} \right) = s, \text{ 解得 } v = \sqrt{\frac{2a_1a_2s}{a_1+a_2}}$$

专项专项

1. 某物体从静止开始做直线运动,从运动开始计时,测得物体在连续的第一个 t 秒、第二个 t 秒、第三个 t 秒……内的位移分别为 2m 、 4m 、 6m 、……,则该物体 ()

- A. 一定做匀速直线运动 B. 一定做匀变速直线运动
C. 一定做非匀变速直线运动 D. 前 $3t$ 秒内的平均速度为 $(4/t)\text{m/s}$

2. 几个做匀变速直线运动的物体,在 t 秒内位移最大的是 ()

- A. 加速度最大的物体 B. 初速度最大的物体
C. 末速度最大的物体 D. 平均速度最大的物体

3. 关于匀加速直线运动,下列说法中正确的是 ()

- A. 速度与运动时间成正比 B. 速度的增量与运动时间的平方成正比
C. 位移与运动时间的平方成正比 D. 相邻相同时间间隔内的位移增量都相同

4. 一个初速度为零的匀加速直线运动的物体,下列说法中正确的是 ()

- ① 第 4s 内的平均速度大于 4s 内的平均速度 ② 第 4s 内的平均速度大于 4s 末的瞬时速度
③ 第 4s 内的位移小于前 4s 内的位移 ④ 第 3s 末的速度等于第 4s 初的速度
A. ①② B. ①②④ C. ①③④ D. ③④

5. 作匀加速直线运动的质点,连续经过 A 、 B 、 C 三点,已知 $AB = BC$,且已知质点在 AB 段的平均速度为 3m/s ,在 BC 段的平均速度为 6m/s ,则质点在 B 点时速度为 ()

- A. 4m/s B. 4.5m/s C. 5m/s D. 5.5m/s

6. 一列火车匀加速运动,车头和车尾经过路旁一电线杆时,速度分别为 v_1 和 v_2 ,列车的中点经过这根电线杆时速度为 ()

- A. $\frac{1}{2}(v_1 + v_2)$ B. $\frac{1}{2}(v_2 - v_1)$ C. $\sqrt{(v_1^2 + v_2^2)/2}$ D. $\sqrt{(v_2^2 - v_1^2)/2}$

7. 一质点由静止开始做匀加速直线运动,加速度大小为 a_1 ,经时间 t 后做匀减速直线运动,加速度大小为 a_2 ,若再经时间 t 恰能回到出发点,则 $a_1:a_2$ 应为 ()

- A. $1:1$ B. $1:2$ C. $1:3$ D. $1:4$

8. 一个做匀加速直线运动的物体,初速度 $v_0 = 2.0\text{m/s}$,它在第 3s 内通过的位移是 4.5m ,则它的加速度为 ()

- A. 0.5m/s^2 B. 1.0m/s^2 C. 1.5m/s^2 D. 2.0m/s^2

9. 在同一地点有五个静止的物体,现依次每隔 1s 有物体出发,作匀加速直线运动,则第 5s 末,这五个物体相互间距离之比为 ()

- A. $1:3:5:7$ B. $3:7:9:11$ C. $3:5:7:9$ D. $1:4:9:16$

10. 在交通事故的分析中,刹车线的长度是很重要的依据.刹车线是汽车刹车后,停止转动的轮胎在地面上滑动时留下的痕迹.在某次交通事故中,汽车的刹车线长度是 14m.假设汽车轮胎与地面间的动摩擦因数为 0.7, $g = 10\text{m/s}^2$,则汽车开始刹车时的速度为 ()

- A. 7m/s B. 10m/s C. 14m/s D. 20m/s

11. 飞机的起飞过程是从静止出发,在直跑道上加速前进,等达到一定速度时离地.已知飞机加速前进的路程为 1600m,所用的时间为 40s.假设这段运动为匀加速运动,用 a 表示加速度, v 表示离地时的速度,则 ()

- A. $a = 2\text{m/s}^2$, $v = 80\text{m/s}$ B. $a = 1\text{m/s}^2$, $v = 40\text{m/s}$
C. $a = 80\text{m/s}^2$, $v = 40\text{m/s}$ D. $a = 2\text{m/s}^2$, $v = 80\text{m/s}$

12. 如图 4-4 所示,传送带的水平长为 L ,运动速率恒为 v ,在其左端无初速放上木块,若木块与传送带间的动摩擦因数为 μ ,则木块从左到右的运动时间可能是 ()

- A. $\frac{L}{v}$ B. $\frac{L}{v} + \frac{v}{2\mu g}$ C. $\sqrt{\frac{2L}{\mu g}}$ D. $\frac{2L}{v}$



图 4-4

13. 如图 4-5 所示,有许多根交于 A 点的光滑硬杆具有不同的倾角和方向,每根光滑硬杆上套有一个小环,它们的质量不相等.设在 $t = 0$ 时刻时,各小环都由 A 点从静止开始沿各条杆自由滑下,在 t 时刻,拍摄一张照片,从照片上可知这些环在 ()

- A. 同一球面上 B. 同一抛物面上
C. 同一水平面上 D. 不规则曲面上



图 4-5

14. 驾驶员手册规定:具有良好刹车的汽车以 72km/h 的速率行驶时,可以在 52m 的距离内被刹住;在以 36km/h 的速率行驶时,可以在 18m 的距离内被刹住.假设在这两种刹车情况中,驾驶员所允许的反应时间(在反应时间内驾驶员来不及使用刹车,车速不变)为 Δt .现刹车的加速度值都相同,则允许驾驶员的反应时间 Δt 为多少?

15. 有若干材料完全相同、质量均为 $m = 0.1\text{kg}$ 的小滑块(可视为质点),每隔 0.1s 将它们其中的一块放在倾角为 37° 的斜面上,让这些滑块匀加速下滑(初速度为零),连续放下若干块后,某时刻撤下最前面的四个小滑块,照片如图 4-6 所示,经测量得 $BC = 20\text{cm}$, $CD = 18\text{cm}$, g 取 10m/s^2 , $\sin 37^\circ = 0.6$.试求:(1) 在下滑过程中(从释放至图示时刻)重力对 B 做的功;(2) 在 D 木块后面还有几个木块正在下滑?

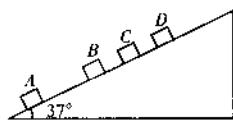


图 4-6

16. 一列火车从静止开始做匀加速直线运动,一人站在车厢旁的前端观察,第 1 节车厢从他面前通过历时 2s,第 9 节车厢从他面前通过需经历的时间为多少?(设各节车厢长度相等,且不计相邻车厢间距离)

17. 美国“肯尼迪”号航空母舰上装有帮助飞机起飞的弹射系统,已知 F-15A 型战斗机在跑道上加速时可能产生的最大加速度为 5.0m/s^2 ,起飞速度为 50m/s,若要该飞机滑行 100m 后起飞,则弹射系统必须使飞机具有多大的初速度?假设某航空母舰不装弹射系统,要求该种飞机仍能在此舰上正常起飞,则该舰身长至少应为多长?

参考答参

1. C 2. D 3. D 4. C 5. C 6. C 7. C 8. B 9. C 10. C 11. A 12. BCD 13. A
14. 1s 15. (1) 0.6615J (2) 8 个 16. 0.344s 17. 39m/s, 250m

专题5 自由落体运动和竖直上抛运动

专题总结

自由落体运动和竖直上抛运动是匀变速直线运动的重要内容。

1. 自由落体运动

只受重力作用,初速度 $v_0 = 0$ 的匀加速直线运动。

(1) 特点:只在重力作用下的直线运动 $v_0 = 0, a = g$

(2) 基本规律: $v_t = gt, h = \frac{1}{2}gt^2, v_t^2 = 2gh$

2. 竖直上抛运动

(1) 特点:只在重力作用下的直线运动 $v_0 \neq 0, a = -g$ (加速度与初速度反向)

(2) 基本规律: $v_t = v_0 - gt, h = v_0t - \frac{1}{2}gt^2, v_t^2 - v_0^2 = -2gh$

(3) 几个特征量:

① 上升到最高点的时间 $t = \frac{v_0}{g}$

② 上升的最大高度 $H = \frac{v_0^2}{2g}$

③ 上升阶段与下降阶段抛体通过同一段距离所用的时间相等(时间对称性: $t_{\uparrow} = t_{\downarrow}$)

④ 上升阶段与下降阶段抛体通过同一位置时的速度等大反向(速度对称性: $v_{\uparrow} = -v_{\downarrow}$)

(4) 解题方法:竖直上抛运动的处理方法有两种。一种方法是把竖直上抛运动分为匀减速上升和自由下落两个过程;另一种方法是把它看成一个统一的匀变速直线运动。

采用第二种方法,物体抛出后至落地前任何时间的速度和位移都可以由匀减速运动的速度公式和位移公式计算。算出的 $v_t > 0$, 表示物体在向上运动, $v_t < 0$ 表示物体在向下运动; $h > 0$ 表示物体在抛出点上方, $h < 0$ 表示物体在抛出点下方。

专考题题例专

【例1】 水滴从屋檐自由落下,经过高为 1.8m 的窗户历时 0.2s,若不计空气阻力, g 取 10m/s^2 ,则屋檐离窗顶有多高?

【解析】 如图 5-1 所示, O 表示屋檐, A, B 分别表示窗户的最高点和最低点,因水滴做自由落体运动,显然有 $h = \frac{1}{2}gt^2$ ①

$$(h + \Delta h) = \frac{1}{2}g(t + \Delta t)^2 \quad ②$$

由 ①② 解得 $\Delta h = \frac{1}{2}g(\Delta t^2 + 2\Delta t)$, 代入数据得 $t = 0.8\text{s}$ 。

$$\text{屋檐到窗顶高度 } h = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 0.8^2 = 3.2\text{m}$$

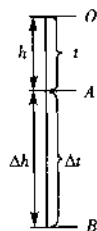


图 5-1

【例2】 (1999 年全国卷) 一跳水运动员从 10m 高的平台上跃起,举双臂直身体离开台面,此时其重心升高 0.45m 达到最高点,落水时身体竖直,手先入水。(在此过程中运动员水平方向的运动忽略不计)从离开跳台到手触水面他可用于完成空中动作的时间是多少秒?(计算时,可以把运动员的全部质量集中在重心的一个质点, g 取 10m/s^2 ,结果保留两位数字)。

【解析】 如图 5-2 所示,可以把运动员简化成一根直棒 ab ,重心在中点 O ,运动员的全部质量集中在 O 点,且忽略其水平方向的运动,因此运动员做的是竖直上抛运动。

解法一:设运动员上升时间为 t_1 ,有 $h = \frac{1}{2}gt_1^2$. 设下降时间为 t_2 ,有 $h + H =$

$$\frac{1}{2}gt_2^2. \text{ 将 } h = 0.45\text{m}, H = 10\text{m} \text{ 代入,}$$

解得 $t_1 = 0.3\text{s}, t_2 \approx 1.4\text{s}$, 运动员完成空中动作的时间是

$$t = t_1 + t_2 \approx 1.7\text{s}$$

解法二:由 $h = \frac{v_0^2}{2g}$ 可求出运动员刚离开台面时的速度 $v_0 = \sqrt{2gh} = 3\text{m/s}$,

由题意知整个过程运动员的位移为 -10m (以向上为正方向),由 $h = v_0t -$

$$\frac{1}{2}gt^2 \text{ 得 } -10 = 3t - 5t^2, \text{ 解得 } t \approx 1.7\text{s}.$$

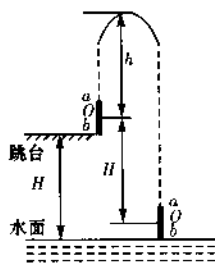


图 5-2

专专专练

1. 我国旅游专家在河北省保定考察时,发现了我国最大的瀑布群,其中瑶台山瀑布上下落差 170m ,若瀑布上方水速为零,则瀑布冲击下方水面的速度约为 ()

- A. 14m/s B. 30m/s C. 60m/s D. 170m/s

2. 从某处自由下落到地面的小物体,在最后 1s 内通过的路程是 30m ,空气阻力不计,则该物体下落时距地面的高度为 ()

- A. 45m B. 61.25m C. 100m D. 1225m

3. 1991年5月11日《北京晚报》曾经报道了这样一件事情:5月9日下午,一位4岁小男孩从高层楼的15层坠下,被同楼的一位青年在楼下接住,幸免于难.设每层楼高度是 3m ,这位青年从他所在地方冲到楼下需要的时间是 1.3s ,则该青年要接住孩子,至多允许他反应的时间是(取 $g = 10\text{m/s}^2$) ()

- A. 3.0s B. 1.7s C. 0.4s D. 1.3s

4. 从某一高度相隔 1s 先后释放两个相同的小球甲和乙,不计空气阻力,则它们下落的过程中,下列说法中正确的是 ()

- A. 两球距离保持不变 B. 两球的距离越来越大
C. 两球的速度差保持不变 D. 乙球相对甲球做匀加速运动

5. 某同学在一根不计质量且不可伸长的细绳两端各拴一个可视为质点的小球,然后拿住绳子一端的小球,让绳竖直静止后,从三楼的阳台上由静止无初速释放小球,两小球落地的时间差为 T ,如果该同学用同样装置和同样的方法从该楼四楼的阳台上放手后让两小球自由下落,那么,两小球落地的时间差将(空气阻力不计) ()

- A. 不变 B. 增加
C. 减小 D. 无法确定

6. 一杂技演员,用一只手抛球.他每隔 0.40s 抛出一球,接到球便立即把球抛出,已知除抛、接球的时刻外,空中共有四个球,将球的运动看作是竖直方向的运动,球到达的最大高度是(高度从抛出点算起,取 $g = 10\text{m/s}^2$) ()

- A. 1.6m B. 2.4m C. 3.2m D. 4.0m

7. 某同学身高 1.8m ,在运动会上他参加跳高比赛,起跳后身体横着越过 1.8m 的高度的横杆,据此可估算出他起跳时竖直向上的速度大约为(取 $g = 10\text{m/s}^2$) ()

- A. 2m/s B. 4m/s C. 6m/s D. 8m/s

8. 一个从地面竖直向上抛的物体,它两次经过一个较低点 a 的时间间隔是 T_a ,两次经过一个较高点 b 的时间间隔是 T_b ,则 a, b 之间的距离为 ()

- A. $g(T_a^2 - T_b^2)/8$ B. $g(T_a^2 - T_b^2)/4$
C. $g(T_a^2 - T_b^2)/2$ D. $g(T_a - T_b)/2$

9. 滴水法测重力加速度的过程是这样的:让水龙头的水一滴一滴地滴在其正下方的盘子里,调整水