

练习 2 质点动力学

一、选择题：将符合题意的答案前的字母填入下表中相应题号的空格内，并在题后空白处写出解题过程。

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
答案	B	D	B	C	B	B	A	A	B	D	B	A	B	D	D

- B 1. 如图所示，一轻绳跨过一个定滑轮，两端各系一质量为 m_1 和 m_2 的重物，且 $m_1 > m_2$ 。滑轮质量及轴上的摩擦可忽略不计，此时重物的加速度大小为 a 。今用一竖直向下的恒力 $F = m_1 g$ 代替质量为 m_1 的物体，可得质量为 m_2 的物体的加速度大小为 a' ，则

(A) $a' = a$

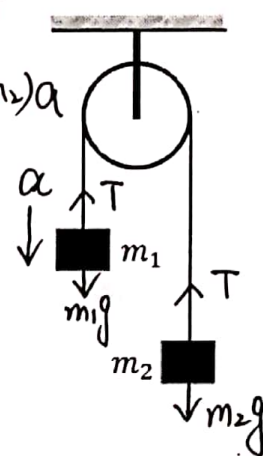
(B) $a' > a$

(C) $a' < a$

(D) 不能确定

$$\left. \begin{array}{l} m_1 g - T = m_1 a \\ T - m_2 g = m_2 a \end{array} \right\} \Rightarrow m_1 g - m_2 g = (m_1 + m_2) a$$

$$\text{得 } a = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} g$$



用 $F = m_1 g$ 代替 m_1 物体 $m_1 g - m_2 g = m_2 a'$

$$\text{得 } a' = \frac{m_1 - m_2}{m_2} g$$

$$a' > a$$

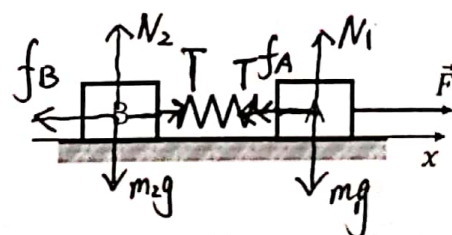
- D 2. 质量分别为 m_1 和 m_2 的两滑块 A 和 B 通过一轻弹簧水平连结后置于水平桌面上，滑块与桌面间的摩擦系数均为 μ ，系统在水平拉力 \vec{F} 作用下匀速运动，如图所示。如突然撤消拉力，则刚撤消后瞬间，二者的加速度 a_A 和 a_B 分别为

(A) $a_A = 0, a_B = 0$

(B) $a_A > 0, a_B < 0$

(C) $a_A < 0, a_B > 0$

(D) $a_A < 0, a_B = 0$



对于 B 块 突然撤消拉力 $a_B = 0$

$$T = f_B = \mu m_2 g$$

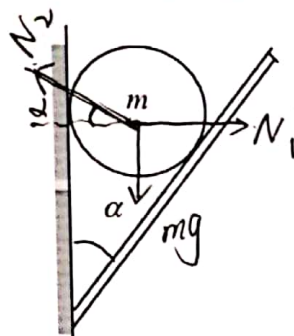
对于 A 块 $-\mu m_1 g - T = m_1 a_A$

$$a_A = \frac{-\mu m_1 g - \mu m_2 g}{m_1} = -\mu \frac{m_1 + m_2}{m_1} g < 0$$

(μ, m_1, m_2, g 都大于零)



- B 3. 质量为 m 的小球，放在光滑的木板和光滑的墙壁之间，并保持平衡，如图所示。设木板和墙壁之间的夹角为 α ，当 α 逐渐增大时，小球对木板的压力将：

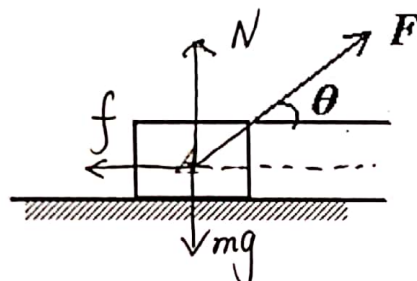


- (A) 增加.
(B) 减少.
(C) 不变.
(D) 先是增加，后又减小。压力增减的分界角为 $\alpha = 45^\circ$.

$$\begin{aligned} mg &= N_2 \sin \alpha \\ N_1 &= N_2 \cos \alpha \\ \text{当 } \alpha \uparrow \quad \sin \alpha \uparrow \quad \cos \alpha \downarrow \quad N_2 &= \frac{mg}{\sin \alpha} \downarrow \end{aligned}$$

$\alpha \text{ 范围 } < 90^\circ$

- C 4. 水平地面上放一物体 A，它与地面间的滑动摩擦系数为 μ 。现加一恒力 \vec{F} 如图所示。欲使物体 A 有最大加速度，则恒力 \vec{F} 与水平方向夹角 θ 应满足：



- (A) $\sin \theta = \mu$.
(B) $\cos \theta = \mu$.
(C) $\tan \theta = \mu$.
(D) $\cot \theta = \mu$.

$$F \cos \theta - f = ma \quad (1)$$

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

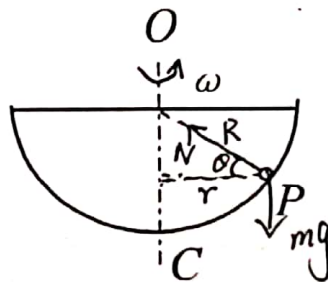
$$f = \mu N = \mu mg - \mu F \sin \theta \quad \text{代入 (1) 式}$$

$$\text{得 } F \cos \theta - \mu mg + \mu F \sin \theta = ma$$

$$a = \frac{1}{m} (F \cos \theta - \mu mg + \mu F \sin \theta) \quad \text{求最大值.}$$

$$\text{令 } \frac{da}{d\theta} = \frac{1}{m} (-F \sin \theta + \mu F \cos \theta) = 0 \quad \text{得 } \tan \theta = \mu$$

- B 5. 一光滑的内表面半径为 10 cm 的半球形碗，以匀角速度 ω 绕其对称 OC 旋转。已知放在碗内表面上的一个小球 P 相对于碗静止，其位置高于碗底 4 cm，则由此可推知碗旋转的角速度约为：



- (A) 10 rad/s.

- (B) 13 rad/s.

- (C) 17 rad/s

- (D) 18 rad/s.

$$N \sin \theta = mg \quad (1)$$

$$N \cos \theta = m r \omega^2 \quad (2)$$

$$\cos \theta = \frac{r}{R} \quad (3)$$

$$\text{将 (1)(3) 代入 (2) 得 } \frac{mg}{\sin \theta} \cos \theta = m R \cos \theta \omega^2$$

$$\omega^2 = \frac{g}{R \sin \theta} = \frac{9.8}{10 \times 10^{-2} \times 0.6} \approx 16.3 \text{ (rad/s)}$$

$$\sin \theta = \frac{10 - 4}{10} = 0.6$$

练习 2



- B 6. 质量 m 的雨滴下降时, 因受空气阻力, 在落地前已是匀速运动, 其速率为 $v = 5.00 \text{ m/s}$ 。设空气阻力大小与雨滴速率的平方成正比, 则当雨滴下降速率为 $v' = 2.50 \text{ m/s}$ 时, 相应的加速度的大小为 $a = \underline{\hspace{2cm}}$ (重力加速度 $g = 9.80 \text{ m/s}^2$)。

(A) 8.2 m/s^2 ;

(B) 7.4 m/s^2 ;

(C) 6.3 m/s^2 ;

(D) 3.5 m/s^2 ;

(E) 1.9 m/s^2 。

匀速运动时 $v = 5.00 \text{ m/s}$

阻力的大小为 $25k$

雨滴匀速运动 $mg = 25k$

现 $v' = 2.50 \text{ m/s}$, $f_{\text{阻}} = 2.50^2 k$

则 $mg - f_{\text{阻}} = ma$

$$a = g - \frac{f_{\text{阻}}}{m} = g - \frac{2.50^2 k}{\frac{25k}{g}} = g - \frac{6.25}{25} g \approx 7.4 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

- A 7. 质量为 m 的物体自空中落下, 它除受重力外, 还受到一个与速度平方成正比的阻力的作用, 比例系数为 k , k 为正值常量。该下落物体的收尾速度(即最后物体作匀速运动时的速度)将是

(A) $\sqrt{mg/k}$;

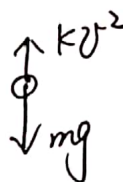
(B) $g/2k$;

(C) gk ;

(D) \sqrt{gk} 。

$$mg = kv^2$$

$$v = \sqrt{\frac{mg}{k}}$$



- A 8. 下面有关表面张力的说法中, 错误的是:

(A) 表面张力的作用是使液体的表面有伸张的趋势;

(B) 有些小昆虫能在水面自由行走, 这是由于有表面张力的缘故;

(C) 用滴管滴液滴, 液滴总是球形, 这是由于表面张力的缘故;

(D) 表面张力的大小跟液面上分界线的长短有关。

看教材 P28

- B 9. 一物体质量 $m = 2.00 \text{ kg}$, 在合外力 $\vec{F} = (3.00 + 2.00t)\vec{i}$ (SI) 的作用下, 从静止开始运动, 式中 \vec{i} 为方向一定的单位矢量, 则在 $t = 2.00 \text{ s}$ 时刻物体速度的大小 $v_t = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(A) 27 m/s ;

(B) 5.0 m/s ;

(C) 9.0 m/s ;

(D) 14 m/s ;

(E) 20 m/s 。

$$F = 3 + 2t = ma$$

$$a = 2.00 \text{ kg}$$

$$a = 1.50 + t$$

$$\frac{dv}{dt} = 1.50 + t$$

$$\int_0^v dv = \int_0^t (1.50 + t) dt$$

$$v = 1.50t + \frac{1}{2}t^2$$

练习 2

$$\text{当 } t = 2 \text{ s 时 } v = 5.00 \text{ (m/s)}$$



- D 10. 质量 $m = 2.00 \text{ kg}$ 的物体沿 x 轴作直线运动, 所受合外力 $\vec{F} = (10.0 + 6.00x^2)\vec{i}$ (SI)。如果在 $x = 0.00$ 处时速度为 $v_0 = 0.00$; 则该物体运动到 $x_1 = 8.00 \text{ m}$ 处时, 速度的大小为 $v = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

$$F = 10.0 + 6.00x^2 = ma \quad m = 2.00 \text{ kg}$$

$$a = 5.00 + 3.00x^2 \quad \frac{dv}{dt} = 5.00 + 3.00x^2$$

$$\frac{dv}{dx} \frac{dx}{dt} = 5.00 + 3.00x^2 \Rightarrow \frac{dv}{dx} v = 5.00 + 3.00x^2$$

$$\int_0^v v dv = \int_0^8 (5.00 + 3.00x^2) dx$$

$$\frac{1}{2} v^2 = (5.00x + x^3) \Big|_0^8 = 5.00 \times 8 + 8^3 = 552$$

$$v \approx 33 \text{ (m/s)}$$

- B 11. 一个水平圆盘, 以角速度 $\omega = 2.00 \text{ rad/s}$ 绕过其中心的竖直固定轴旋转。在盘上距盘心 $r = 0.80 \text{ m}$ 处放置一质量为 $m = 1.20 \text{ kg}$ 的小物体, 则此物体所受的惯性离心力的大小为 $F = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(A) 1.6N; (B) 3.8N; (C) 4.8N; (D) 6.4N; (E) 8.0N。

$$\omega = 2.00 \text{ rad/s} \quad r = 0.80 \text{ m} \quad m = 1.20 \text{ kg}$$

$$F = m r \omega^2 = 2.00 \times 0.80 \times 2.00^2 = 3.84 \text{ (N)}$$

- A 12. 在作匀速转动的水平转台上, 与转轴相距 R 处有一体积很小的工件 A, 如图所示。设工件与转台间静摩擦系数为 μ_s , 若使工件在转台上无滑动, 则转台的角速度 ω 应满足 _____

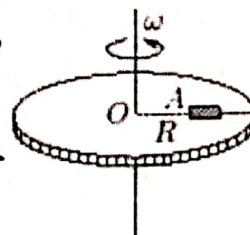
- (A) $\omega \leq \sqrt{\frac{\mu_s g}{R}}$;
 (B) $\omega \leq \sqrt{\frac{3\mu_s g}{2R}}$;
 (C) $\omega \leq \sqrt{\frac{3\mu_s g}{R}}$;
 (D) $\omega \leq 2\sqrt{\frac{\mu_s g}{R}}$ 。

$$F = m R \omega^2 \quad f = \mu_s m g$$

当 $F \leq f$ 时 满足条件

$$m R \omega^2 \leq \mu_s m g$$

$$\omega \leq \sqrt{\frac{\mu_s g}{R}}$$



- B 13. 用水平压力 F 把一个物体压着靠在粗糙的竖直墙面上保持静止。当 F 逐渐增大时，物体所受的静摩擦力 $f =$ _____

- (A) 恒为零;
(B) 不为零，但保持不变;
(C) 随 F 成正比地增大;
(D) 开始随 F 增大，达到某一最大值后，就保持不变。

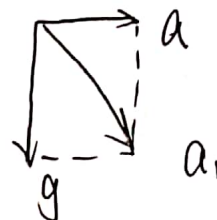
物体受的静摩擦力始终等于重力
所以不变

- D 14. 小车在水平地面上以匀加速度 $a = 11 \text{ m/s}^2$ 向右运动时，从天花板上掉下一小球。略去空气阻力，用惯性力概念求出相对于地面上的观察者小球的加速度的大小为 $a_1 =$ _____。

(重力加速度 $g = 9.80 \text{ m/s}^2$)。

- (A) 9.8 m/s^2 ;
(B) 11 m/s^2 ;
(C) 13 m/s^2 ;
(D) 15 m/s^2 ;
(E) 16 m/s^2 。

$$\begin{aligned} a_1 &= \sqrt{a^2 + g^2} \\ &= \sqrt{11^2 + 9.8^2} \\ &\approx 15 \text{ (m/s}^2\text{)} \end{aligned}$$

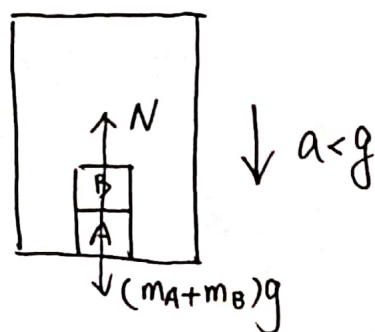


- D 15. 升降机内地板上放有物体 A，其上再放另一物体 B，二者的质量分别为 M_A 、 M_B 。当升降机以加速度 a 向下加速运动时 ($a < g$)，物体 A 对升降机地板的压力在数值上等于[]

- (A) $M_A g$;
(B) $(M_A + M_B)g$;
(C) $(M_A + M_B)(g + a)$;
(D) $(M_A + M_B)(g - a)$ 。

$$(M_A + M_B)g - N = (M_A + M_B)a$$

$$N = (M_A + M_B)(g - a)$$



二、填空题：将正确答案填入空格处，并在题后空白处写出计算过程。

1. 一圆锥摆摆长为 l 、摆锤质量为 m ，在水平面上作匀速圆周运动，摆线与铅直线夹角 θ ，

则 (1) 摆线的张力 $T = \frac{mg}{\cos\theta}$ ；(2) 摆锤的速率 $v = \sin\theta \sqrt{\frac{gl}{\cos\theta}}$ 。

$$T \cos\theta = mg$$

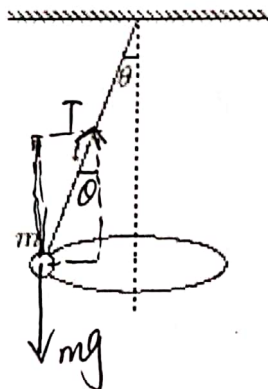
$$T \sin\theta = m \frac{v^2}{r}$$

$$T = \frac{mg}{\cos\theta}$$

$$r = l \sin\theta$$

$$\frac{mg}{\cos\theta} \cdot \sin\theta = m \frac{v^2}{l \sin\theta}$$

$$v^2 = \frac{gl}{\cos\theta} \sin^2\theta \quad v = \sin\theta \sqrt{\frac{gl}{\cos\theta}}$$



2. 在如图所示装置中，若两个滑轮与绳子的质量以及滑轮与其轴之间的摩擦都忽略不计，

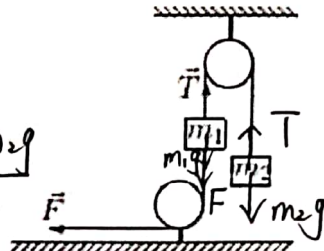
绳子不可伸长，则在外力 F 的作用下，物体 m_1 和 m_2 的加速度

为 $a = \frac{F + m_1 g - m_2 g}{m_1 + m_2}$ ； m_1 和 m_2 间绳子的张力

$$T = \frac{m_2}{m_1 + m_2} (F + 2m_1 g)$$

$$F + m_1 g - T = m_1 a \quad \text{消掉 } T \quad a = \frac{F + m_1 g - m_2 g}{m_1 + m_2}$$

$$T - m_2 g = m_2 a \quad \text{消掉 } a \quad T = \frac{m_2}{m_1 + m_2} (F + 2m_1 g)$$



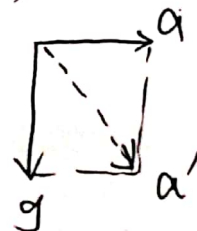
$$T = m_2 \left[\frac{(m_1 - m_2)g + F}{m_1 + m_2} + g \right] \text{ 也对}$$

3. 小车在水平地面上以匀加速度 $a = 5.00 \text{ m/s}^2$ 向右运动时，从天花板上掉下一小球。略去

空气阻力，用惯性力概念求出相对于车上静止的观察者小球的加速度的大小为

$a = 11 \text{ m/s}^2$ 。(重力加速度为 $g = 9.80 \text{ m/s}^2$ ，结果保留两位有效数字。)

$$a' = \sqrt{a^2 + g^2} = \sqrt{5^2 + 9.80^2} = 11 \text{ (m/s}^2\text{)}$$



4. 一木块恰好能在倾角 $\theta = 30^\circ$ 的斜面上以匀速下滑, 现在使它以初速率 $v_0 = 2 \text{ m/s}$ 沿这一斜面上滑, 则它在斜面上停止前, 可向上滑动的距离 $s = \underline{0.20} \text{ m}$ 。(重力加速度 $g = 9.80 \text{ m/s}^2$, 结果保留两位有效数字。)

匀速下滑 $mg \sin \theta = \mu mg \cos \theta$
 $\mu = \tan \theta = \frac{\sqrt{3}}{3}$



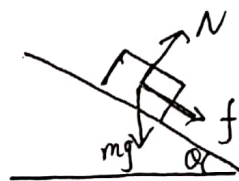
下滑

上滑 $mg \sin \theta + \mu mg \cos \theta = ma$

$$a = g \sin \theta + \mu g \cos \theta$$

$$= \frac{1}{2}g + \frac{\sqrt{3}}{3} \times \frac{\sqrt{3}}{2}g = g$$

$$s = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{2^2}{2 \times 9.8} = 0.20 \text{ (m)}$$



上滑

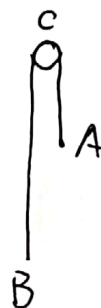
5. 一条长为 $l = 1.10 \text{ m}$, 质量均匀分布的细链条 AB, 挂在半径可忽略的光滑钉子上, 开始时处于静止状态, BC 段长为 L ($3/4l > L > l/2$), 释放后链条将作加速运动。则当 $BC = 0.72 \text{ m}$ 时, 链条的加速度的大小 $a = \underline{3.0} \text{ m/s}^2$ 。(重力加速度为 $g = 9.80 \text{ m/s}^2$, 结果保留两位有效数字。)

AC 段质量 $\frac{l - BC}{l} m$

BC 段质量 $\frac{BC}{l} m$

$$ma = \left(\frac{BC}{l} - \frac{l - BC}{l} \right) mg$$

$$a = \frac{0.72 - 1.10 + 0.72}{1.10} \times 9.8 \approx 3.0 \text{ (m/s}^2\text{)}$$



三、计算题: 要规范答题, 写出必要的文字说明, 方程和演算步骤。



1. 质量为 m 的子弹以速度 v_0 水平射入沙土中, 设子弹所受阻力与速度反向, 大小与速度成正比, 比例系数为 k , 忽略子弹的重力, 求:

(1) 子弹射入沙土后, 速度随时间变化的函数式;

(2) 子弹进入沙土的最大深度.

解: (1) $-kV = m \frac{dv}{dt}$ $\frac{dv}{v} = -\frac{k}{m} dt$ $\int_{v_0}^v \frac{dv}{v} = \int_0^t -\frac{k}{m} dt$ $V = v_0 e^{-\frac{k}{m}t}$

$\ln V - \ln v_0 = -\frac{k}{m}t$ $\frac{v}{v_0} = e^{-\frac{k}{m}t}$

(2) 方法一 $v = \frac{dx}{dt}$ 方法二 $-kV = m \frac{dv}{dt} = m \frac{dv}{dx} \frac{dx}{dt} = mV \frac{d}{dx}$

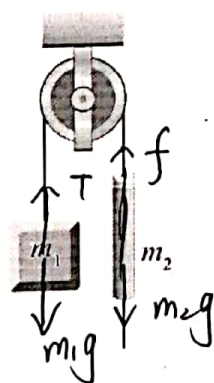
$dx = v_0 e^{-\frac{k}{m}t} dt$ $dx = -\frac{m}{k} dv$

两边积分 $\int_0^x dx = \int_0^t v_0 e^{-\frac{k}{m}t} dt$ 两边积分 $\int_0^{x_{\max}} dx = -\frac{m}{k} \int_{v_0}^0 dv$

$x = \frac{m}{k} v_0 (1 - e^{-\frac{k}{m}t})$ $x_{\max} = \frac{m}{k} v_0$

$x_{\max} = \frac{m}{k} v_0$

2. 如图所示, 一细绳跨过一定滑轮, 绳的一边悬有一质量为 m_1 的物体, 另一边穿在质量为 m_2 的圆柱体的竖直细孔中, 圆柱可沿绳子滑动, 今看到绳子从圆柱细孔中加速上升, 柱体相对于绳子以匀加速度 a' 下滑, 求 m_1, m_2 相对于地面的加速度、绳的张力及柱体与绳子间的摩擦力 (绳轻且不可伸长, 滑轮的质量及轮与轴间的摩擦不计).



解: 对于 m_1 $m_1 g - T = m_1 a_1$ (1)

对于 m_2 $f - m_2 g = m_2 a_2$ (2)

圆柱体与绳子间的摩擦力为 f , 即为绳子的拉力 $f = T$ (3)

$a' = a_1 - a_2$ (4)

(1)-(4) 式联立

得 $a_1 = \frac{m_1 g - m_2 g + m_2 a'}{m_1 + m_2}$

$a_2 = \frac{m_1 g - m_2 g - m_1 a'}{m_1 + m_2}$

$T = f = \frac{m_1 m_2 (2g - a')}{m_1 + m_2}$



3. 质量为 m 的雨滴下降时，因受空气阻力，在落地前已是匀速运动，其速率为 5.0 m/s 。设空气阻力大小与雨滴速率的平方成正比，问：当雨滴速率为 4.0 m/s 时，其加速度 a 多大？

解： $f = -kv^2$

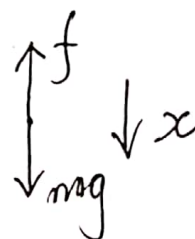
匀速运动的速率为 $v_1 = 5.0 \text{ m/s}$

$$mg = kv_1^2 \quad k = \frac{mg}{v_1^2}$$

当 $v_2 = 4.0 \text{ m/s}$ 时

$$mg - kv_2^2 = ma$$

$$a = g - \frac{kv_2^2}{m} = g - \frac{\frac{mg}{v_1^2} v_2^2}{m} = g - g \frac{v_2^2}{v_1^2} \approx 3.53 (\text{m/s}^2)$$



4. 桌上有一质量 M 的板，板上放一质量为 m 的另一物体，设物体与板、板与桌面之间的摩擦系数均为 μ 。要将板从物体下面抽出，至少需要多大的水平力？

解： $f_1 = \mu mg$

$$f_2 = \mu(m+M)g$$

对于 m 只受 f_1 力 $\mu mg = m_1 a$

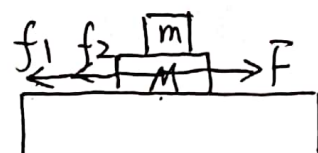
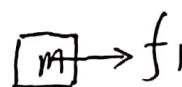
对于 M $F - f_1 - f_2 = M a_2$

因要将木板抽出 $a_2 \geq a_1$

$$F - \mu mg - \mu(m+M)g \geq \mu mg$$

$$F \geq 2\mu(m+M)g$$

至少需要 $2\mu(m+M)g$ 的力



→ 正



D

14. 小车在水平地面上以匀加速度 $a = 11 \text{ m/s}^2$ 向右运动时，从天花板上掉下一小球。略去空气阻力，用惯性力概念求出相对于地面上的观察者小球的加速度的大小为 $a_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(重力加速度 $g = 9.80 \text{ m/s}^2$)。

(A) 9.8 m/s^2 ;

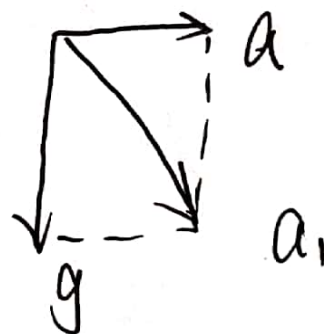
(B) 11 m/s^2 ;

(C) 13 m/s^2 ;

(D) 15 m/s^2 ;

(E) 16 m/s^2 。

$$\begin{aligned} a_1 &= \sqrt{a^2 + g^2} \\ &= \sqrt{11^2 + 9.8^2} \\ &\approx 15 \text{ (m/s}^2\text{)} \end{aligned}$$



对于地面上的观察者，小球受到重力和 ma 的惯性力(方向向右)

