Gabarito:

Resposta da questão 1:
[E]

Após o lançamento horizontal, temos:

Em y: $h = \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow 1{,}25 = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot t^2 \Rightarrow t = 0{,}5\ \text{s}$ (tempo de queda)

Em x: $d = vt \Rightarrow 5 = v \cdot 0{,}5 \Rightarrow v = 10\ \text{m/s}$ (velocidade horizontal da esfera)

Desprezando o atrito com a mesa, por conservação da energia mecânica:

$$\frac{kx^2}{2} = \frac{mv^2}{2}$$

$$k \cdot 0{,}1^2 = 0{,}05 \cdot 10^2$$

$$\therefore k = 500\ \text{N/m}$$

Resposta da questão 2:
[C]

Analisando o sistema e aplicando o teorema da conservação da energia mecânica:

$$mgh = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow h = \frac{v^2}{2g} \Rightarrow \frac{28^2}{2 \cdot 10} \Rightarrow h = 39{,}2\,\text{m} \Rightarrow \boxed{h \cong 40\ \text{m.}}$$

Resposta da questão 3:
[A]

Em relação ao nível de referência adotado, a energia mecânica é igual à energia cinética no ponto A, pois nesse ponto a energia potencial gravitacional é nula.

$$E_{mec} = E_{cin}^{A} = \frac{m\,v_A^2}{2}.$$

Usando a conservação da energia mecânica, para o ponto onde a energia cinética do corpo é o triplo da sua energia potencial, tem-se:

$$E_{cin} + E_{pot} = E_{mec} \Rightarrow 3\,E_{pot} + E_{pot} = \frac{m\,v_A^2}{2} \Rightarrow 4\,\cancel{m}\,g\,h = \frac{\cancel{m}\,v_A^2}{2} \Rightarrow h = \frac{v_A^2}{8g} = \frac{10^2}{80} \Rightarrow$$

$$\boxed{h = 1{,}25\ \text{m.}}$$

Resposta da questão 4:
[D]

$$E_p = E_c$$

$$m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

Como a velocidade cai a metade após a colisão, a energia cinética final será $\frac{1}{4}$ da energia inicial ($E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$). Logo, $\frac{3}{4}$ da energia foram perdidos.

$$\Delta E = \frac{3}{4}\cdot 10\cdot 10^{-3}\cdot 1{,}2\cdot 10 \Rightarrow \Delta E = \frac{3}{4}\cdot 120\cdot 10^{-3} \Rightarrow \Delta E = \frac{3}{4}\cdot 120\ \text{mJ} \Rightarrow \Delta E = 90\ \text{mJ}$$

Resposta da questão 5:
[C]

A força $\vec{F}$ atua sobre o corpo por um intervalo de tempo $\Delta t = 3\ \text{s}.$ Como $\vec{F}$ tem módulo, direção e sentido constantes nesse período, pode-se afirmar que o corpo se desloca em um movimento retilíneo uniformemente variado.
A equação cinemática que descreve esse movimento é:

$$S = S_0 + v_0(\Delta t) + \frac{a}{2}(\Delta t)^2 \qquad (1)$$

sendo S uma posição genérica, S_0 a posição inicial, v_0 a velocidade inicial e a a aceleração.
Como o corpo parte de repouso, $v_0 = 0\ \text{m/s},$ e partindo-se da Segunda Lei de Newton, tem-se

$$F = m\,a \Rightarrow a = \frac{F}{m} \qquad (2)$$

Lembrando que, como não há atrito, a força resultante sobre o corpo é a própria força $\vec{F}.$
Por hipótese, durante a ação da força $\vec{F},$ o corpo se deslocou
$\Delta S = S - S_0 = 9\ \text{m}.$

Logo, conclui-se que, partindo-se da equação (1) e da equação (2):

$$\Delta S = S - S_0 = \cancel{v_0}^{\,0}(\Delta t) + \frac{a}{2}(\Delta t)^2$$

$$\Delta S = \frac{1}{2}\left(\frac{F}{m}\right)(\Delta t)^2 \Rightarrow F = \frac{2\,m\,\Delta S}{(\Delta t)^2} \qquad (3)$$

Substituindo-se os valores conhecidos na equação (3), tem-se:

$$F = \frac{2\times 4\times 9}{3^2} = 8\ \text{N}$$

O módulo do impulso $\vec{I}$ da força $\vec{F}$ sobre o corpo é, por definição:

$$I = F\,\Delta t = 8\ \text{N}\times 3\ \text{s} = \boxed{24\ \text{Ns}}$$

lembrando que $\vec{F}$ é constante.
O impulso é exatamente igual à variação da quantidade de movimento do corpo. Sabendo que o corpo encontra-se inicialmente em repouso, a quantidade de movimento inicial Q_0 é dado por:
$Q_0 = m\,v_0 = 0\ \text{Ns}$

Logo:

$$I = \Delta Q = Q_f - \cancel{Q_0}^{\,0} \Rightarrow Q_f = I = 24\ \text{Ns}.$$

Lembrando que $N\cdot s = kg\cdot\frac{m}{s}$:

$$\boxed{Q_f = 24\ kg\cdot\frac{m}{s}}$$

Resposta da questão 6:
[C]

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow a = \frac{32-(-18)}{0,1} \Rightarrow a = \frac{50}{0,1} \Rightarrow 500\ m/s^2$$

Ou usando o teorema do Impulso – Quantidade de movimento

$$F \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v$$
$$m \cdot a \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v$$
$$\frac{m \cdot a \cdot \Delta t}{m} = \frac{m \cdot \Delta v}{m}$$
$$a \cdot \Delta t = \Delta v$$
$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow a = \frac{32-(-18)}{0,1} \Rightarrow a = \frac{50}{0,1} \Rightarrow 500\ m/s^2$$

Resposta da questão 7:
[B]

Orientando a trajetória no mesmo sentido do movimento do móvel P, os dados são:
$m_P = 15\ kg;\ m_T = 13\ kg;\ v_P = 5\ m/s;\ v_T = -3\ m/s.$

Considerando o sistema mecanicamente isolado, pela conservação da quantidade de movimento:

$$Q_{sist}^{antes} = Q_{sist}^{depois} \Rightarrow m_P v_P + m_T v_T = m_P v_P' + m_T v_T' \Rightarrow 15(5) + 13(-3) = 15v_P' + 13v_T' \Rightarrow$$
$$\underline{15v_P' + 13v_T' = 36.|} \quad (I)$$

Usando a definição de coeficiente de restituição (e):

$$e = \frac{v_T' - v_P'}{v_P - v_T} \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{v_T' - v_P'}{5-(-3)} \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{v_T' - v_P'}{8} \Rightarrow \underline{v_T' - v_P' = 6.|} \quad (II)$$

Montando o sistema e resolvendo:

$$\left\{\begin{array}{l} 15v_P' + 13v_T' = 36 \\ v_T' - v_P' = 6 \end{array}\right\rangle \Rightarrow \left\{\begin{array}{l} 15v_P' + 13v_T' = 36 \\ -v_P' + v_T' = 6 \end{array}\right\rangle \Rightarrow \left\{\begin{array}{ll} 15v_P' + 13v_T' = 36 & \\ -15v_P' + 15v_T' = 90 & (+) \\ \hline 0 \quad + 28v_T' = 126 & \end{array}\right\rangle \Rightarrow$$

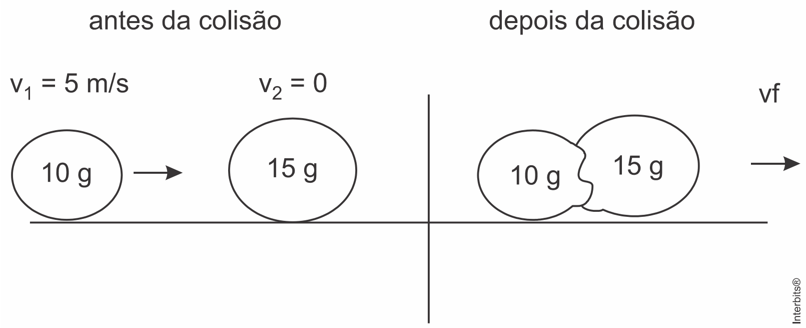
$$v_T' = \frac{126}{28} \Rightarrow \boxed{v_T' = 4,5\ m/s.}$$

Voltando em (II):

$$v_T' - v_P' = 6 \Rightarrow 4,5 - v_P' = 6 \Rightarrow 4,5 - 6 = v_P' \Rightarrow v_P' = -1,5\, m/s \quad \Rightarrow \boxed{\left|v_P'\right| = 1,5\ m/s.}$$

Resposta da questão 8:
[D]

As colisões totalmente inelásticas ocorrem quando os corpos após colidirem ficam unidos como se fosse um só corpo e suas velocidades finais são iguais entre si.



A quantidade de movimento Q se conserva, portanto a quantidade de movimento antes da colisão é a mesma após a colisão.

$$Q_{inicial} = Q_{final}$$
$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = (m_1 + m_2) \cdot v_f$$
$$v_f = \frac{m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2}{m_1 + m_2}$$

Substituindo os valores:
$$v_f = \frac{10\,g \cdot 5\,m/s + 15\,g \cdot 0\,m/s}{10\,g + 15\,g} = \frac{50\,g \cdot m/s}{25\,g} = 2\ m/s$$

Resposta da questão 9:
[B]

$$f = 900\ rpm = 15\ Hz$$
$$v = 2\pi Rf = 2 \cdot 3{,}1 \cdot 0{,}3 \cdot 15 \Rightarrow v = 27{,}9$$
$$\therefore v \approx 28\ {}^{m}\!/\!_{s}$$

Resposta da questão 10:
[B]

A velocidade angular ω em rad/s é:
$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi\ rad}{4\ s} \therefore \omega = \frac{\pi}{2}\ rad/s$$

E a aceleração centrípeta é calculada com:
$$a_c = \omega^2 \cdot R = \left(\frac{\pi}{2}\ rad/s\right)^2 \cdot 6\ m \therefore a_c = \frac{3\pi^2}{2}\ m/s^2$$

Resposta da questão 11:
a) Velocidade angular da engrenagem do pedal ω_p:

$$\omega_p = \frac{2\pi}{T_p}$$

O período da engrenagem do pedal T_p é:

$$T_p = \frac{\text{tempo}}{\text{nº voltas}} \therefore T_p = \frac{2}{3}\,s$$

$$\omega_p = \frac{2\pi}{T_p} \Rightarrow \omega_p = \frac{2\pi}{\frac{2}{3}\,s} \therefore \omega_p = 3\pi\ \text{rad/s}$$

b) A velocidade linear dos elos da corrente v_c é dada por:

$$v_c = \omega_p \cdot R_p \Rightarrow v_c = 3\pi\ \text{rad/s} \cdot 8\ \text{cm} \therefore v_c = 24\pi\ \text{cm/s}$$

c) Para calcular a distância percorrida pela bicicleta d no intervalo de tempo dado, necessitamos saber a velocidade da bicicleta v_b, mas primeiramente temos que relacionar o período da coroa do pedal T_p com o período da catraca T_c e com o período da roda T_b.

$$\frac{R_p}{T_p} = \frac{R_c}{T_c} \Rightarrow \frac{8\ \text{cm}}{\frac{2}{3}\,s} = \frac{4\ \text{cm}}{T_c} \therefore T_c = \frac{1}{3}\,s$$

Como os períodos da catraca e da roda são iguais, podemos calcular a velocidade da bicicleta.

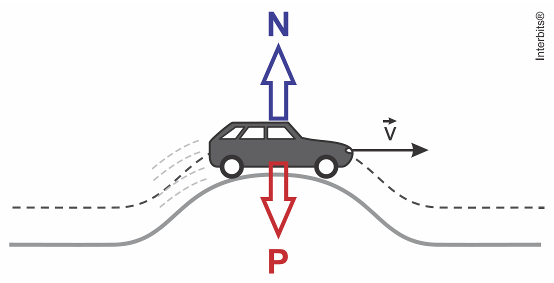
$$v_b = \frac{2\pi\, R_b}{T_b} \Rightarrow v_b = \frac{2\pi\ 35\ \text{cm}}{\frac{1}{3}\,s} \therefore v_b = 210\pi\ \text{cm/s} = 2{,}1\,\pi\ \text{cm/s}$$

Finalmente, para a distância percorrida, usamos o tempo dado em segundos:

$$d = v_b \cdot t \Rightarrow d = 2{,}1\,\pi\ \frac{m}{s} \cdot 300\ s \therefore d = 630\ \pi\ m$$

Resposta da questão 12:
[B]

Questão envolvendo a dinâmica no movimento circular uniforme, em que a força resultante no ponto mais alto da lombada é representado na figura abaixo:



A resultante das forças é a força centrípeta:

$$F_r = F_c \Rightarrow P - N = \frac{M\,v^2}{R} \Rightarrow Mg - N = \frac{M\,v^2}{R}$$

$$\therefore N = Mg - \frac{M\,v^2}{R}$$

Resposta da questão 13:
[B]

A dinâmica do movimento circular nos informa que as curvas dos pontos B e E possuem a maior chance de aumentar a reação normal da pista sobre a bicicleta, de acordo com a equação abaixo em que a força resultante no MCU, ou seja, a diferença entre a força normal e o peso é igual a resultante centrípeta:

$$F_r = F_c \Rightarrow N - P = \frac{m \cdot v^2}{R} \therefore N = \frac{m \cdot v^2}{R} + P$$

Como a velocidade, massa e peso da bicicleta não variam, a maior força normal será maior onde o raio é menor, portanto no ponto B.

Nos trechos C e D temos a normal menor que o peso, devido ao fato da pista ser inclinada e da normal apontar para fora da curva, respectivamente.

Resposta da questão 14:
[E]

Para a situação descrita, pode-se dizer que a Força Centrípeta será igual a Força gravitacional. Assim,

$$F_c = F_g$$

$$\frac{m \cdot v^2}{R} = \frac{G \cdot M \cdot m}{R^2}$$

$$\frac{m \cdot \left(\omega^2 \cdot R^2\right)}{R} = \frac{G \cdot M \cdot m}{R^2}$$

$$M = \frac{\omega^2 \cdot R^3}{G}$$

Como, $\omega = \frac{2\pi}{T}$

$$M = \frac{4\pi^2 \cdot R^3}{T^2 \cdot G}$$

Resposta da questão 15:
[C]

A velocidade mínima ocorre quando a força normal atuante na moto for nula, sendo a resultante centrípeta o próprio peso. Assim:

$$R_{cent} = P \Rightarrow \frac{\cancel{m} v^2}{R} = \cancel{m} g \Rightarrow v = \sqrt{Rg} = \sqrt{3{,}6 \cdot 10} = 6 \text{ m/s} \Rightarrow \boxed{v = 21{,}6 \text{ km/h.}}$$

Resposta da questão 16:
ANULADA

Questão anulada no gabarito oficial.

[I] Incorreta. Como o movimento é circular uniforme, a aceleração é radial, dirigida para o centro da curva, de módulo igual a v^2/R, sendo R o raio da trajetória;
[II] Correta. A aceleração é um vetor perpendicular ao vetor velocidade;
[III] Incorreta.O módulo da velocidade é **constante, já que o movimento é uniforme**.
[IV] Incorreta. A **intensidade** da força resultante que atua na partícula é constante e **seu sentido** aponta para o centro da trajetória circular.

Resposta da questão 17:
[A]

De acordo com a 3ª Lei de Kepler relacionamos o período de órbita com o raio da mesma conforme a equação:

$$\frac{T^2}{R^3} = \text{constante}$$

Como se trata de dois satélites com órbitas circulares e de mesma massa e girando em torno de um mesmo astro, temos:

$$\frac{T_1^{\,2}}{R_1^{\,3}} = \frac{T_2^{\,2}}{R_2^{\,3}}$$

Então, substituindo os valores apresentados ficamos com:

$$\frac{T_1^{\,2}}{R_1^{\,3}} = \frac{(28\ d)^2}{(4\ R_1)^3} \Rightarrow T_1 = \sqrt{\frac{(28\ d)^2 \cdot R_1^{\,3}}{(4\ R_1)^3}} = \sqrt{\frac{784 \cdot \cancel{R_1^{\,3}}}{64\ \cancel{R_1^{\,3}}}} \therefore T_1 = \sqrt{12{,}25} = 3{,}5 \text{ dias}$$

Resposta da questão 18:
[D]

[I] Verdadeira. No sistema binário as estrelas sempre ficam alinhadas com o centro de massa da estrela. Logo, elas irão ter o mesmo período e a mesma velocidade angular entre si.

[II] Verdadeira. Considerando D como a distância entre as estrelas, temos:

$$X_{cm} = \frac{m_1 \cdot 0 + m_2 \cdot D}{m_1 + m_2} \Rightarrow X_{cm} = \frac{m_2 \cdot D}{m_1 + m_2}$$

$$F = m \cdot a \Rightarrow F_g = m_1 \cdot \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot X_{cm} \Rightarrow \frac{Gm_1m_2}{D^2} = m_1 \cdot \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot X_{cm}$$

$$T^2 = \frac{4\pi^2 D^2}{Gm_2} \cdot \frac{m_2 D}{m_1 + m_2} \Rightarrow T = 2\pi D\sqrt{\frac{D}{G(m_1 + m_2)}}$$

[III] Falsa. Como as estrelas possuem raios distintos, eles iram percorrer distâncias diferentes no mesmo intervalo de tempo.

Resposta da questão 19:
[C]

[I] **Correta**. A segunda lei de Kepler afirma que o segmento de reta Sol-planeta varre áreas iguais em intervalos de tempo iguais.
[II] **Incorreta**. O **quadrado** do período (**T**) da órbita é proporcional ao **cubo** do raio médio (**r**) da trajetória (semieixo maior da elipse): $T^2 = k\,r^3$.
[III] **Correta**. O movimento do planeta é acelerado de H para A e retardado de A para H. Portanto, $V_A > V_H$.

Resposta da questão 20:
[D]

Análise das alternativas falsas:
[A] Falsa. A força resultante é o peso do satélite ou a força de atração gravitacional.
[B] Falsa. Mesmo que reduzida, existe gravidade nesta altitude em relação à Terra.
[C] Falsa. É a velocidade orbital que mantém o satélite na posição geoestacionária, que é calculada para que o período do movimento circular seja de $24\ h$.
[E] Falsa. O peso é reduzido por conta da redução da aceleração da gravidade de acordo com Newton, mas não é zero.

Resposta da questão 21:
[A]

A força exercida pelos dois planetas sobre o ponto P são iguais em módulo, portanto:
$F_{13} = F_{23}$
Usando a lei da Gravitação de Newton:
$F_{13} = \dfrac{G \cdot m_1 \cdot m_3}{(D/3)^2}$ e $F_{23} = \dfrac{G \cdot m_2 \cdot m_3}{(2D/3)^2}$

Igualando e simplificando:
$$\frac{\cancel{G} \cdot m_1 \cdot \cancel{m_3}}{(D/3)^2} = \frac{\cancel{G} \cdot m_2 \cdot \cancel{m_3}}{(2D/3)^2} \Rightarrow \frac{m_1}{\cancel{D^2/9}} = \frac{m_2}{\cancel{4D^2/9}} \therefore \frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{4}$$

Resposta da questão 22:
[D]

$$F = G\frac{m_1 \cdot m_2}{d^2}$$
$$F_1 = G\frac{2 \cdot m_1 \cdot m_2}{\left(\frac{d}{2}\right)^2} \Rightarrow F_1 = G\frac{2 \cdot m_1 \cdot m_2}{\frac{d^2}{4}} \Rightarrow F_1 = G\frac{8 \cdot m_1 \cdot m_2}{d^2} \Rightarrow F_1 = 8 \cdot G\frac{m_1 \cdot m_2}{d^2} \Rightarrow F_1 = 8F$$