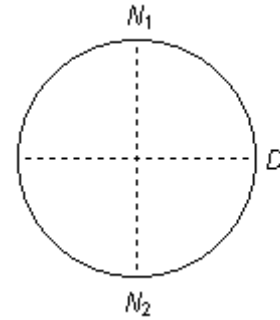


Um motociclista, num globo da morte, comunica a seu veículo um a velocidade mais que suficiente para passar pelo topo sem cair. Nessas condições desliga o motor e sem usar os freios passa a descrever uma circunferência situada num plano vertical. Desprezando o atrito e supondo P o peso da moto e seu ocupante, calcule:

- A diferença entre as reações do globo no ponto mais baixo e mais alto da trajetória ($N_2 - N_1$);
- O valor de N_3 , reação do globo no ponto D, supondo que $N_1 = 2P$.



Dado do problema

- peso da moto e do piloto: P ;
- reação em N_1 : $N_1 = 2P$;
- adotando-se M para a massa do conjunto moto e piloto e g para a aceleração da gravidade.

Solução

a) Para encontrarmos a resultante das forças sobre a moto no ponto mais alto do globo, aplicamos a 2.ª Lei de Newton de acordo com o esquema da figura 1 (isolando a moto do globo)

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \quad (I)$$

onde $\vec{F}$ será a resultante dada pelas forças peso $\vec{P}$ e normal $\vec{N}_1$ e aceleração será $\vec{a} = \vec{a}_{cp}$ onde temos a aceleração centrípeta (que faz a moto fazer a curva do globo), que em módulo vale

$$a_{cp} = \frac{v^2}{R}$$

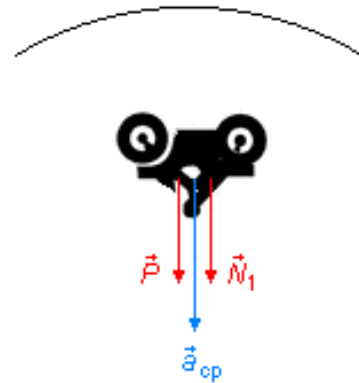


figura 1

sendo v a velocidade da moto no ponto desejado e R o raio do globo.

A aplicação da equação (I) neste caso fica

$$N_1 + P = M \frac{v_1^2}{R} \quad (II)$$

No ponto mais baixo do globo, isolando os corpos, temos o esquema da figura 2 e a aplicação da expressão (I) nos leva a

$$N_2 - P = M \frac{v_2^2}{R} \quad (III)$$

Para encontrarmos a velocidade no ponto mais baixo do globo (v_2) em função da velocidade na parte superior (v_1) usamos o *Princípio da Conservação da Energia Mecânica*

$$E_M^1 = E_M^2$$

Adotamos a parte mais baixa do globo como nível de referência (N.R.), figura 3, assim na parte mais alta (1) o corpo tem energias cinética e potencial e na parte mais baixa (2) apenas energia cinética

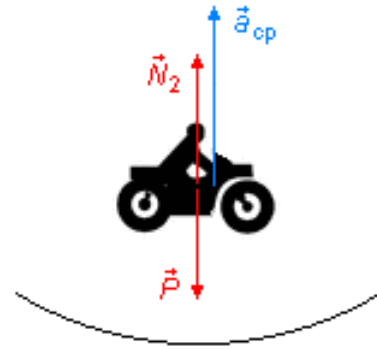


figura 2

$$E_C^1 + E_P^1 = E_C^2$$

$$\frac{M \cdot v_1^2}{2} + M \cdot g \cdot 2R = \frac{M \cdot v_2^2}{2}$$

simplificando M que é comum a todos os termos da equação e multiplicando-a por 2, temos

$$2 \frac{v_1^2}{2} + 2g \cdot 2R = 2 \frac{v_2^2}{2}$$

$$v_2^2 = v_1^2 + 4g \cdot R \quad (IV)$$

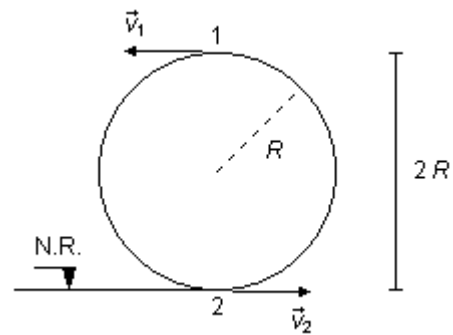


figura 3

Substituindo a expressão (IV) obtida acima para v_2^2 na expressão (III) podemos escrever

$$N_2 - P = \frac{M}{R} \cdot (v_1^2 + 4 \cdot g \cdot R)$$

$$N_2 - P = M \frac{v_1^2}{R} + \frac{M \cdot 4 \cdot g \cdot R}{R}$$

Do lado direito da igualdade o primeiro termo é dado pela equação (II) acima e simplificando R no segundo termo ficamos com

$$N_2 - P = N_1 + P + 4M \cdot g$$

como

$$P = M \cdot g \quad (V)$$

temos que

$$N_2 - N_1 = P + P + 4P$$

$$N_2 - N_1 = 6P$$

b) Para o cálculo de N_3 aplicamos a 2.ª Lei de Newton à situação mostrada ao lado. Como queremos a reação do globo que está na direção horizontal desprezamos o peso que age na direção vertical, assim na equação (I) a resultante das forças e dada apenas pela reação N_3 o que nos leva a

$$N_3 = M \frac{v_3^2}{R} \quad (VI)$$

Para o cálculo de v_3 usamos novamente o *Princípio da Conservação da Energia Mecânica*

$$E_M^2 = E_M^3$$

Novamente sendo a parte mais baixa do globo como nível de referência (N.R.), no ponto (3) o corpo tem energias cinética e potencial e na parte mais baixa (2) apenas energia cinética (figura 5)

$$E_C^2 = E_C^3 + E_P^3$$

$$\frac{M \cdot v_2^2}{2} = \frac{M \cdot v_3^2}{2} + M \cdot g \cdot R$$

simplificando M que é comum a todos os termos da equação e multiplicando-a por 2, temos

$$2 \frac{v_2^2}{2} = 2 \frac{v_3^2}{2} + 2g \cdot R$$

$$v_2^2 = v_3^2 + 2g \cdot R \quad (VII)$$

Substituindo o valor de v_3^2 obtido em (VII) expressão (VI) temos

$$N_3 = \frac{M}{R} \cdot (v_1^2 + 2g \cdot R)$$

$$N_3 = M \frac{v_1^2}{R} + \frac{M \cdot 2g \cdot R}{R}$$

No lado direito da igualdade o primeiro termo é dado pela equação (II) e simplificando R no segundo termo obtemos

$$N_2 - P = N_1 + P + 4 M \cdot g$$

aplicando o resultado de (V) e usando o dado do problema que $N_1 = 2P$ temos

$$N_3 = 2P + P + 2P$$

$$N_3 = 5P$$

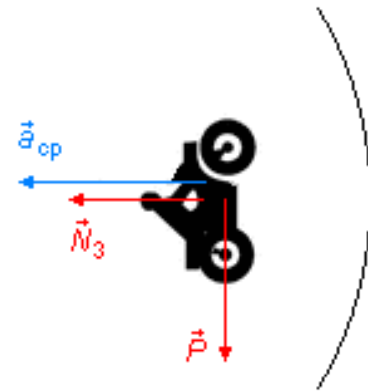


figura 4

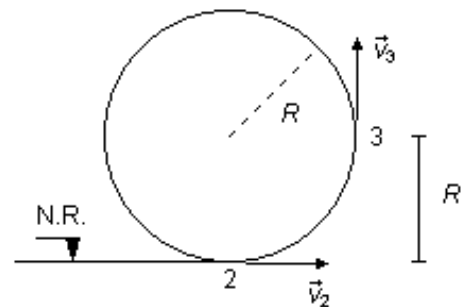


figura 5