



Sociedade Portuguesa de Física

Olimpíadas de Física

Etapa Nacional

2 DE JUNHO DE 2018

DURAÇÃO DA PROVA: 1 h 15 min

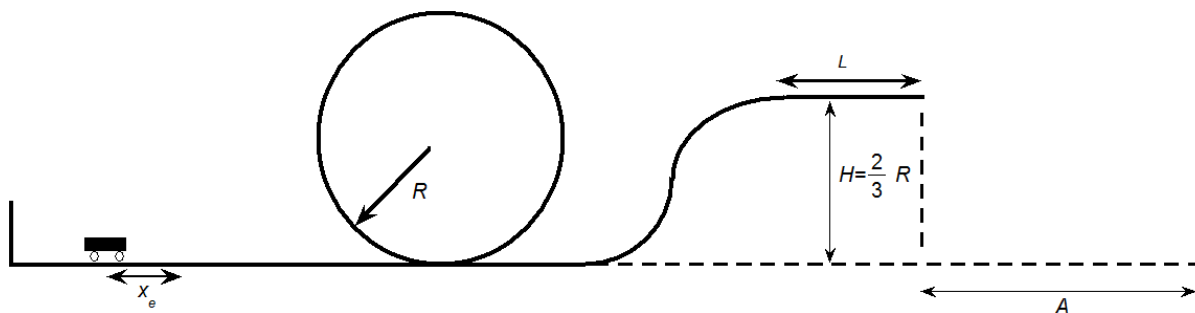
**PROVA TEÓRICA**  
**Escalão B**

**Problema 1 – FÍSICA NA FEIRA POPULAR**

O Bernardo e a Rita foram juntos à feira popular.

Os dois amigos queriam experimentar o novo divertimento da feira: o *crazy loop*. Este divertimento consiste em efetuar um circuito em forma de montanha-russa suicida que inclui uma volta circular num plano vertical dentro de um carrinho, e posterior lançamento para uma piscina.

O carrinho, de massa  $m$ , é lançado a partir do repouso pelo impulso de uma mola ideal, de constante elástica  $k$ . Uma vez em movimento, o carrinho desliza pelos carris de uma pista, e realiza a volta vertical e circular de raio  $R$ . A pista termina numa subida e um patamar de extensão  $L$ , a uma altura  $\frac{2}{3}R$ . Após terminar a pista, o carrinho é projetado na horizontal, atingindo a superfície da água de uma piscina, a uma distância  $A$  da vertical que passa pelo ponto de descolagem. A figura seguinte, que não está à escala, ilustra um esquema da pista.



Os dois amigos, ao verem a pista estabeleceram o seguinte diálogo:

Bernardo:



- Não compreendo como é que este sistema funciona. O carrinho pode levar até 4 pessoas, pelo que não há uma massa fixa para cada caso. Como é que o carrinho consegue sempre dar a volta?

A Rita, rapariga que sabe Física, respondeu:

- Para o carrinho poder dar a volta com sucesso, a sua velocidade na posição mais elevada não pode ser nula. Assim, se a velocidade com que o carrinho for propulsionado for a adequada, o carrinho consegue dar a volta com sucesso, desde que a força normal que os carris exercem no carrinho não se anule antes de este atingir a posição mais elevada.

Com esta dica, o Bernardo compreendeu o funcionamento do divertimento.

Nas alíneas a) e b) considera desprezáveis as forças dissipativas

Admite que a mola inicialmente está comprimida de um comprimento  $x_e$ . A energia potencial elástica associada a essa deformação é  $\frac{1}{2} k x_e^2$ . Determina uma expressão para:

a) o menor valor de  $x_e$  para que o carrinho consiga efetuar com sucesso a volta vertical.

b) o valor mínimo do alcance  $A$ .

*Admite que depois de sair da pista, a abcissa  $x$  do carrinho varia no tempo de acordo com o facto de na direção horizontal não atuar nenhuma força no carrinho, e a ordenada  $y$  do carrinho varia no tempo de acordo com o facto de na direção vertical atuar uma força constante.*

Considera agora a existência de forças de atrito dissipativas entre os carris e o carrinho apenas no percurso circular. Admite que o efeito dissipativo dessas forças é equivalente ao de uma força de atrito cinético de intensidade  $F$  constante.

c) Qual deverá ser o menor valor de  $x_e$  de modo que o alcance seja igual ao calculado na alínea b)?



## Problema 2 – O QUE FAZ UMA CHUVA DE RAIOS CÓSMICOS

A Marisa e o Manuel viram um documentário televisivo sobre a formação e evolução da Terra.

Souberam que a Terra é constantemente bombardeada por raios cósmicos, que têm a sua origem fora do Sistema Solar. Souberam ainda que foi determinado experimentalmente, por intermédio de medidas efetuadas em balões e em satélites, que os raios cósmicos são constituídos fundamentalmente por protões, embora existam também eletrões e partículas alfa, por exemplo.

Pode-se admitir, por simplicidade, que os raios cósmicos são feixes de protões. A energia dos raios cósmicos é da ordem de  $10^9$  eV (1 eletrão-volt é a energia cinética adquirida por um eletrão quando é acelerado por uma diferença de potencial de 1 volt) e o fluxo de protões que atingem a Terra situa-se em torno do valor  $1 \text{ protão cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

Os amigos, depois de ouvirem o documentário estabeleceram este diálogo:

Marisa:

- O fluxo contínuo de protões aumenta o potencial electrostático da Terra, que por sua vez, se opõe crescentemente à chegada de novos protões.

Manuel:

- Tens razão; e com esta condição seremos capazes de estimar a idade da Terra!

Marisa:

- Exatamente! Após um certo intervalo de tempo, é de esperar que a chegada de protões cesse.

Considera que o potencial de uma esfera, de raio  $R$ , e uniformemente carregada com a carga total  $Q$  é:

$$V = 9 \times 10^9 \frac{Q}{R}$$

e que a energia potencial  $E$  de uma carga elétrica  $q$ , localizada num ponto do espaço em que o potencial é  $V$ , é

$$E = qV.$$

a) Estima o intervalo de tempo referido. Admite que a Terra é uma esfera de raio  $6,37 \times 10^3$  km e que a carga elétrica do protão é  $1,60 \times 10^{-19}$  C.

b) Compara o valor obtido com a idade aceite para a Terra (cerca de 5 mil milhões de anos). Se o tempo que calculaste é inferior à idade da Terra põe-se a pergunta: porque é que os raios cósmicos continuam a atingir a Terra?