



**Caderno de Questões – Instruções**  
**Prova 2ª série (01/02/2014)**

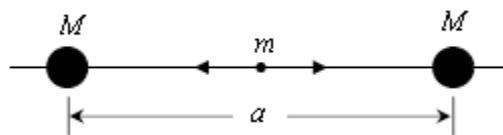
1. Este caderno contém **DUAS** folhas, incluindo esta com as instruções. Confira antes de começar a resolver a prova.
2. A prova é composta por **CINCO** questões. Cada questão tem o valor indicado no seu início. A prova tem valor total de **100 pontos**.
3. As respostas deverão ser transcritas no caderno de resposta, de acordo com as instruções nele contidas. **Utilize somente o texto necessário para a compreensão da solução.**
4. É permitido apenas o uso de lápis, caneta, régua e borracha. O uso do lápis e da borracha é permitido apenas no rascunho e no auxílio para a construção de gráficos, se necessário.
5. **Este caderno deve ser devolvido ao final da prova juntamente com o caderno de respostas.**
6. O estudante deverá permanecer na sala, **no mínimo**, 90 minutos.
7. A prova tem duração de **QUATRO HORAS**

Nome:	Série:
Nº e tipo de documento de identificação apresentado:	
Nome da Escola:	
Cidade:	Estado:
e-mail:	
Assinatura	

**Questão 1 (20 pontos)** – Um objeto pequeno de massa  $m$  está inicialmente em repouso sob a ação do campo gravitacional produzido por um corpo massivo de massa  $M$  e raio  $R$  (idênticos ao do nosso Sol). Qual o tempo (em anos terrestres) que será necessário para que o objeto, quando colocado a uma distância  $r$  do centro do corpo massivo, atinja a sua superfície. Use  $G$  para a constante de gravitação universal e  $R_T$  para o raio orbital da Terra em relação ao Sol.

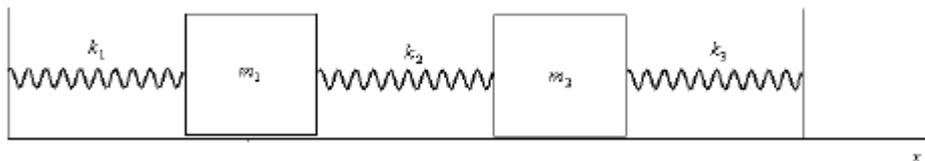
**Questão 2 (20 pontos)** – Um corpo de massa  $m$  move sob a ação de um potencial central e realiza uma órbita em espiral num plano cuja trajetória é descrita pela equação (em coordenadas polares  $r$  e  $\theta$ ):  $r(\theta) = c\theta^3$ , onde  $c$  é uma constante. Determine  $\theta(t)$  usando o valor  $L$  o momento angular do corpo.

**Questão 3 (20 pontos)** – A figura abaixo representa uma proposta de um modelo unidimensional puramente mecânico para o íon da molécula de Hidrogênio ( $H_2^+$ ):



As massas  $M$  representam os prótons e a massa  $m$  o elétron ( $M \gg m$ ). Os prótons exercem uma força atrativa de intensidade  $F$  sobre o elétron, a qual será considerada como constante. Numa situação de equilíbrio os prótons serão atraídos em direção ao elétron ocasionando um colapso do íon. Como o íon  $H_2^+$  é estável o elétron deve então oscilar colidindo com os íons. Determine o valor da frequência com que os prótons oscilam em torno da sua posição de equilíbrio (separação entre os prótons permanece praticamente  $a$ ), devido às colisões com o elétron, considerando que as colisões sejam perfeitamente elásticas.

**Questão 4 (20 pontos)** – Considere um sistema composto por três molas e duas massas como indicado na figura abaixo. As massas podem oscilar livremente sem atrito com a superfície. As molas  $k_1$  e  $k_3$  estão fixas em paredes rígidas.



- Escreva as equações de movimento para as duas massas após estas serem retiradas do equilíbrio.
- Determine as frequências normais de oscilação do sistema na situação em que  $k_1 = k_2 = k_3$  e  $m_1 = m_2$ .

**Questão 5 (20 pontos)** – A equação de estado de Van der Waals para um gás é escrita como:

$$\left(p - \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$$

$p$  é a pressão,  $V$  o volume,  $T$  a temperatura e  $a$ ,  $b$  e  $R$  constantes.

- Considere um gás que é submetido a uma expansão isotérmica de um volume  $V_1$  para um volume  $V_2$ , calcule a energia livre de Helmholtz para este processo e o trabalho necessário;
- Calcule a variação na energia interna do gás para o processo do item a).