

# Gabarito da 1a Avaliação à Distância

28/02/2012

## Questão 1

(a) (1,0 ponto) Considere uma viagem a ser feita com a velocidade média de  $80\text{Km}/h$ . Inicialmente, devido ao tráfego, o primeiro trecho, de  $20\text{Km}$ , foi percorrido a  $60\text{km}/h$ .

(i) Com qual velocidade deve ser percorrido o segundo trecho, de  $40\text{Km}$ , para que a velocidade média seja de  $80\text{Km}/h$ ?

(ii) Diferentemente da situação do item (i), considere que o condutor consegue manter a velocidade de  $80\text{Km}/h$ , após percorrer o primeiro trecho a  $60\text{Km}/h$ . Neste caso, determine a velocidade média da viagem toda.

(b) (1,0 ponto) Qual o trabalho realizado por uma força dada em Newtons por  $\vec{F} = (3x\hat{i} + 2\hat{j})$ , onde  $x$  está em metros, que é exercida sobre uma partícula enquanto ela se move da posição, em metros,  $\vec{r}_i = 1\hat{i} + 4\hat{j}$ , para a posição (em metros)  $\vec{r}_f = -5\hat{i} - 2\hat{j}$ . Nas expressões anteriores,  $\hat{i}$  e  $\hat{j}$  são os vetores unitários nas direções  $x$  e  $y$ , respectivamente.

(c) (0,5 pontos) Um bloco de  $3\text{Kg}$  repousa sobre uma estante horizontal. Ele é fixado a um bloco de  $2\text{Kg}$  através de um cabo leve, conforme a figura.

(i) Qual é o menor coeficiente de atrito estático de modo que os blocos permaneçam em repouso? (ii) Se o coeficiente de atrito estático for menor do que o obtido no item (i) e se o coeficiente de atrito dinâmico entre o bloco e a estante é de 0,35, determine o tempo gasto para o bloco de  $2\text{Kg}$  cair por 2m até o piso se o sistema parte do repouso.

## Gabarito

### Item a

Dados

- Velocidade média do percurso:  $V_m = 80\text{Km}/h$
- Distância percorrida no primeiro trecho  $\Delta S_1 = 20\text{Km}$

- Distância percorrida no segundo trecho  $\Delta S_2 = 40 \text{ Km}$
- Velocidade média do primeiro trecho  $V_{m1} = 60 \text{ Km/h}$

(i)

O percurso total percorrido é de

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 = 60 \text{ Km}. \quad (1)$$

Como também conhecemos a velocidade média do percurso todo, podemos determinar o tempo total transcorrido no percurso,

$$\Delta t = \frac{\Delta S}{V_m} = \frac{3}{4} h, \quad (2)$$

e o tempo da primeira parte do percurso,

$$\Delta t_1 = \frac{\Delta S_1}{V_{m1}} = \frac{1}{3} h. \quad (3)$$

Logo, a segunda parte do percurso foi percorrida em

$$\Delta t_2 = \Delta t - \Delta t_1 = \frac{5}{12} h. \quad (4)$$

Agora é possível determinar a velocidade média do segundo trecho,

$$V_{m2} = \frac{\Delta S_2}{\Delta t_2} = 96 \text{ Km/h}. \quad (5)$$

(ii)

Dado:  $V_{m2} = 80 \text{ Km/h}$

O tempo do primeiro trecho continua o mesmo. Porém o tempo do segundo trecho é maior, pois a velocidade média no segundo trecho é menor. Assim,

$$\Delta t_2 = \frac{\Delta S_2}{V_{m2}} = \frac{1}{2} h. \quad (6)$$

Então o tempo total do percurso passa a ser

$$\Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2 = \frac{5}{6} h. \quad (7)$$

Podemos agora calcular a nova velocidade média do percurso

$$V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t} = 72 \text{ Km/h} \quad (8)$$

### Item b

Temos uma força que depende da posição  $\vec{F} = (3x\hat{i} + 2\hat{j})N$  e o vetor deslocamento infinitesimal é  $d\vec{r} = dx\hat{i} + dy\hat{j}$ . Como temos as posições inicial,  $\vec{r}_i = 1\hat{i} + 4\hat{j}$ , e final,  $\vec{r}_f = -5\hat{i} - 2\hat{j}$ , basta aplicarmos a definição de trabalho,

$$\begin{aligned} W &= \int \vec{F} \cdot d\vec{r} = \int_1^{-5} 3x dx + \int_4^{-2} 2dy = 3 \left. \frac{x^2}{2} \right|_1^{-5} + 2 \left. y \right|_4^{-2} \\ &= 24 N.m \end{aligned} \quad (9)$$

### Item c

Dados:

- Aceleração da gravidade  $g = 10 m/s^2$ .
- $m_1 = 3 Kg$  e  $m_2 = 2 Kg$

#### Caso estático

Na vertical:

Forças que agem no bloco 1:

$$\begin{aligned} N_1 - P_1 &= 0 \\ N_1 = P_1 &= m_1 \cdot g = 30 N. \end{aligned} \quad (10)$$

Forças que agem no bloco 2:

$$\begin{aligned} T - P_2 &= 0 \\ T &= m_2 \cdot g = 20 N \end{aligned} \quad (11)$$

Na horizontal:

Forças que agem no bloco 1:

$$\begin{aligned} T - F_{at} &= 0 \\ F_{at} &= N_1 \mu_e = T = 20 \\ \mu_e &= 2/3 \end{aligned} \quad (12)$$

#### Caso dinâmico

Como o sistema se move junto, ambos os corpos adquirem a mesma aceleração. Assim temos que resolver:

$$\begin{aligned} T - F_{at} &= m_1 \cdot a \\ P_2 - T &= m_2 \cdot a \end{aligned} \quad (13)$$

para  $a$ . O que nos dá,

$$a = \frac{P_2 - F_{at}}{m_1 + m_2}. \quad (14)$$

Agora, utilizamos a equação horária do movimento acelerado,

$$\Delta S = v_0 t + a \frac{t^2}{2}, \quad (15)$$

para determinar o tempo. Utilizando a aceleração obtida na Eq.(14) (e lembrando que o sistema parte do repouso,  $v_0 = 0$ ) podemos obter o tempo de queda do bloco 2:

$$\begin{aligned} \Delta S &= a \frac{t^2}{2} \\ t &= \sqrt{\frac{4(m_1 + m_2)}{P_2 - N_1 \mu_c}} \\ t &= 1,4 \text{ s} \end{aligned} \quad (16)$$

## Questão 2

(a) (1,0 pontos) Duas bolas de boliche se movem com a mesma velocidade; porém, uma desliza sobre uma pista, enquanto a outra rola pela pista. Qual das bolas possui maior energia cinética? Explique.

(b) (1,5 ponto) Duas bolas de boliche aproximam-se, ambas em movimento sobre um trilho. A primeira, de massa  $m_1$ , se desloca com velocidade  $v_1$  e a segunda, de massa  $m_2$ , com  $v_2$ . Qual a velocidade do centro de massa? Qual a velocidade do centro de massa do sistema após as bolas colidirem elasticamente? Qual é a quantidade de movimento do sistema antes e qual passa a ser após a colisão? Por quê?

### Gabarito

#### Item a

*REVER: sendo as velocidades de centro de massa iguais, ambas tem energia translacional idêntica, mas a que rola tem energia rotacional. Ou seja, além de ter que parar a a translação, ter-se-ia que fazer a bola girante parar de girar. Ambas possuem a mesma energia cinética. Contudo, a que desliza possui maior energia cinética translacional, enquanto que a que rola divide a energia cinética em rotacional e translacional.*

#### Item b

Adotando a direção do deslocamento da bola 1 como referência, a velocidade do centro de massa é dada por

$$\vec{v}_{cm} = \frac{m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2}{m_1 + m_2}. \quad (17)$$

Como não há a ação de forças externas, tanto a velocidade quanto o momento (quantidade de movimento) do centro de massa se conservam. Logo, o momento antes e depois da colisão é:

$$\vec{P}_{antes} = \vec{P}_{depois} = m_1 \vec{v}_1 - m_2 \vec{v}_2 \quad (18)$$

### Questão 3

(a) (0,5 pontos) Quando dois pulsos de amplitude máxima unitária em forma de semicírculo sobre uma corda são somados, em cada ponto onde ocorre interferência há algum ganho ou perda na energia transportada? E se um dos pulsos tiver amplitude inversa à do outro? Explique.

(b) (1,0 ponto) Músicos profissionais sabem que, antes de uma apresentação, é necessário tocar um pouco o violão e ajustar suas cordas porque, após alguns minutos da apresentação, as cordas se aquecem e cedem ligeiramente. Como esse fenômeno das cordas cederem afeta as frequências de ressonância das mesmas?

(c) (1,0 ponto) Uma onda transfere energia e momento linear. Será possível que a onda transfira também momento angular?

#### Gabarito

##### Item a

A energia transportada em ambos os casos é a mesma. O que muda nos pontos onde há interferência é que as amplitudes são somadas, no primeiro caso (interferência construtiva) e se subtraem no segundo (interferência destrutiva).

##### Item b

A frequência de ressonância depende da velocidade de propagação das ondas, que por sua vez depende da tensão da corda,

$$v = \sqrt{\frac{T}{\rho}}. \quad (19)$$

Onde  $T$  é a tensão e  $\rho$  a densidade linear da corda.

Se a tensão diminuir, a velocidade de propagação diminuirá e consequentemente a frequência de ressonância também, pois  $f = v/\lambda$ .

##### Item c

Sim, pois ondas transportam energia e momento, tanto linear quanto angular.

## Questão 4

- (a) (0,5 pontos) Dê uma explicação qualitativa da relação entre o livre caminho médio das moléculas de amônia no ar e o tempo que se leva para sentir o cheiro da amônia, quando um vidro é aberto do outro lado de uma sala.
- (b) (1,0 ponto) Em dias de verão é comum o uso de ventiladores para refrescar o ambiente. Uma constatação interessante é que o ventilador não esfria o ar que circula; na realidade, ele o esquentava levemente. Explique como sentimos um pouco refrescados com o uso do ventilador?
- (c) (1,0 ponto) A temperatura do corpo humano é controlada por mecanismos fisiológicos, entretanto esse controle é realizado dentro de uma faixa limitada de temperatura externa. Explique como essa faixa pode ser aumentada, para os dois extremos (frio e calor), com o uso de roupas.

### Gabarito

#### Item a

O livre caminho médio está relacionado à distância média percorrida pela molécula entre colisões com outras moléculas,

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{2}\pi d^2 n_v}. \quad (20)$$

O  $\text{NH}_3$  possui um livre caminho médio da ordem de  $10^{-8} \text{ m}$ . Quanto maior o livre caminho médio, mais rápido a molécula chegará ao seu nariz. O livre caminho médio depende também da temperatura e da pressão do ambiente, pode-se verificar isso se se utilizar a lei dos gases ideais para reescrever  $\lambda$ ,

$$n_v = \frac{n \cdot N_a}{V} = \frac{n \cdot N_a}{\frac{nRT}{P}} = \frac{N_a \cdot P}{RT} \quad (21)$$

e assim,

$$\lambda = \frac{RT}{\sqrt{2}\pi d^2 N_a P} \quad (22)$$

onde  $N_a$  é o número de Avogadro. Por isso, em dias quentes os cheiros são mais intensos. Outro fenômeno que influencia no tempo que se leva para sentir o cheiro da  $\text{NH}_3$  é a existência de correntes de convecção no ambiente.

#### Item b

As moléculas do ar que saem do ventilador colidem com o suor da pele. Isto provoca espalhamento das moléculas que compõem o suor, provocando uma sensação de “evaporação” do suor, o que nos dá a sensação de frescor.

### Item c

No verão, usam-se roupas claras, que refletem a radiação, e soltas, favorecem a convecção do ar, ventilando o corpo. Com as roupas mais grossas de inverno, a camada de ar junto da pele, aquecida por irradiação do corpo, funciona como isolante térmico.

## Questão 5 - ANULADA

(a) (0,0 pontos) Uma barra metálica eletricamente carregada atrai fragmentos de cortiça que, assim que entram em contato com a barra são repelidos. Explique.

(b) (0,0 pontos) A força elétrica que uma carga exerce sobre outra se altera ao aproximarmos delas outras cargas, sem que elas se mexam? Explique.

(c) (0,0 pontos) Uma carga puntiforme  $q$  de massa  $m$  é colocada em repouso num campo não uniforme. Será que ela seguirá, necessariamente, a linha de força que passa pelo ponto em que foi abandonada? Explique.

(d) (0,0 pontos) Uma bola carregada positivamente está suspensa por um longo fio de seda. Desejamos determinar  $E$  num ponto situado no mesmo plano horizontal da bola. Para isso, colocamos uma carga de prova positiva  $q_0$  neste ponto e medimos  $F/q_0$ . A razão  $F/q_0$  será menor, igual ou maior do que  $E$  no ponto em questão?

### Gabarito

#### Item a

Não. Pois a força que uma carga exerce sobre outra depende apenas da carga e do campo gerado pela outra carga.

#### Item b

A barra metálica carregada polariza os fragmentos de cortiça. Quando estes entrarem em contato com a barra, ela transfere parte de sua carga em excesso (pois ela “quer” ficar neutra) para os fragmentos de cortiça eletrizando-os com a mesma polaridade da barra, o que provoca a repulsão após o contato.

#### Item c

Não. Pois a direção da força elétrica é tangente às linhas de força. A assertiva só será verdade se o campo for radial, pois neste caso a tangente coincide com as linhas de força, que são radiais.

**Item d**

Quando a carga de prova  $q_0$  é colocada no ponto em questão, a distância entre a carga de prova e a bola aumenta até que o equilíbrio seja atingido. Logo, a razão  $F/q_0$  é menor do que o campo no ponto em questão. O módulo do campo gerado pela bola pode ser escrito como,

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon r^2}. \quad (23)$$

Onde  $Q$  é a carga da bola,  $\epsilon$  é a permissividade elétrica do meio e  $r$  é a distância da bola ao ponto em questão. Na situação de equilíbrio o campo é dado por,

$$E' = \frac{F}{q_0} = \frac{Q}{4\pi\epsilon r_e^2}. \quad (24)$$

Como  $r_e > r$ ,  $E > E' = F/q_0$ .