

Fundação CECIERJ – Vice Presidência de Educação Superior a Distância  
Curso de Tecnologia em Sistemas de Computação  
Gabarito da 3ª Avaliação Presencial de Física para Computação – 2014.2

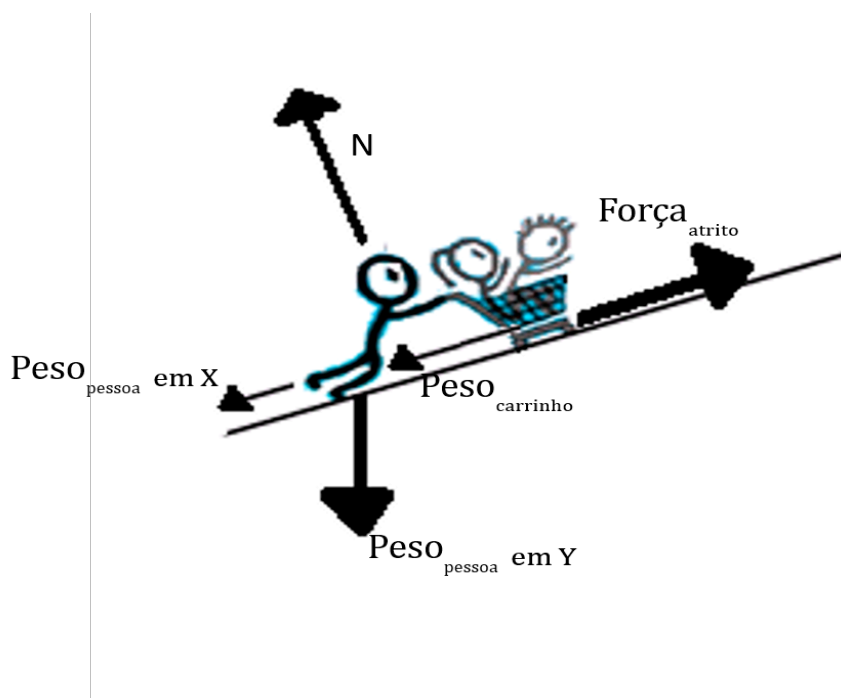
Nome: \_\_\_\_\_ Pólo: \_\_\_\_\_

**Observação:** Em todas as questões, explique passo a passo todas as etapas do seu desenvolvimento. Não se limite à aplicação de fórmulas. O uso de calculadora é permitido.

- 1ª Questão (2,5 pontos)** Você foi convidado(a) a dar uma opinião acerca do projeto de uma rampa de acesso entre pavimentos de um mercado. Especificamente, pede-se seu parecer sobre o ângulo de inclinação possível, sem que ocorram acidentes com carrinhos, nas condições previstas em modelo simplificado descrito a seguir. O usuário, de massa  $M$ , move o carrinho de compras rampa acima (ou abaixo), lentamente. Suponha que o menor coeficiente de atrito estático entre piso e calçado seja 0,45. Ademais, a massa que será puxada no conjunto carrinho+compras será  $m$ .
- (a)(1,5) Para a situação em que  $m$  é, no máximo,  $M/3$ , calcule o ângulo máximo de inclinação.
- (b)(1,0) Para os valores  $M=70\text{kg}$ ,  $m=40\text{ kg}$ , explique detalhadamente o que ocorre, e o motivo pelo qual ocorre, caso o ângulo adotado para a rampa tenha sido aquele calculado no item (a).

Solução:

De acordo com o estipulado no enunciado, haverá um ângulo máximo de inclinação que permita à única força que impede o conjunto carrinho+pessoa de deslizar rampa abaixo. Então, buscamos este ângulo limite, sabendo que ângulos menores que este, permitirão o uso da rampa nos limites estipulados.



a) Então, identificamos as seguintes forças:

Peso<sub>pessoa</sub>=Peso da pessoa

Peso<sub>carrinho</sub>= Peso do carrinho

Normal<sub>pessoa</sub>=Normal da pessoa = N

Normal<sub>carrinho</sub>=Normal do carrinho = N

Logo, realizamos o cálculo tanto no eixo "x" quanto no eixo "y":

$$\begin{aligned}\text{Eixo X: } \text{Peso}_{\text{pessoa}} \sin\theta + \text{Peso}_{\text{carrinho}} \sin\theta &= \text{Força}_{\text{atrito}} \\ M \cdot g \cdot \sin\theta + m \cdot g \cdot \sin\theta &= \text{Normal}_{\text{pessoa}} \cdot \mu \\ (M + m)g \cdot \sin\theta &= M \cdot g \cdot \cos\theta \cdot \mu \dots\dots\dots (i)\end{aligned}$$

$$\text{Eixo Y: } \text{Peso}_{\text{pessoa}} \cos\theta = \text{Normal}_{\text{pessoa}} \dots\dots(ii)$$

De acordo com o enunciado, pede-se para calcular a situação limite para  $m=M/3$ , então substituindo em (i):

$$\begin{aligned}(M + \frac{M}{3})g \cdot \sin\theta &= M \cdot g \cdot \cos\theta \cdot \mu \\ (\frac{4}{3})M \cdot g \cdot \sin\theta &= M \cdot g \cdot \cos\theta \cdot \mu\end{aligned}$$

$$\frac{\sin\theta}{\cos\theta} = \frac{3}{4} \times 0,45$$

$$\text{tg}\theta \cong 0,34$$

$$\theta = \arctg(0,34)$$

$$\theta \cong 19^\circ$$

Finalmente, o ângulo máximo de inclinação (possível) de uma rampa de acesso entre pavimentos desse mercado será de  $19^\circ$ .

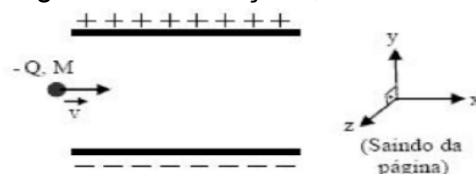
b) Utilizando o resultado de (a), observamos que o ângulo correspondente ao limite da capacidade da força de atrito, de sustentar um conjunto com uma pessoa de massa M e um carrinho com  $M/3$  é de aproximadamente  $19^\circ$ . Então, se a pessoa tiver massa 70kg, nas condições resultantes da análise do item (a), o máximo de massa que o carrinho poderia ter, sem deslizamento dos pés da pessoa, é  $70/3$  kg, ou seja, 23,3kg. Neste item o carrinho tem 40kg e, portanto, é impossível o atrito dos pés da pessoa na rampa compensar a força do conjunto pessoa+carrinho ao longo da rampa, porque  $40\text{kg} > 23,3\text{kg}$ , e o resultado é que o conjunto desliza rampa abaixo.

**2ª Questão (2,5 pontos)** Duas lâmpadas, uma de resistência R1 e a outra de resistência R2,  $R1 > R2$ , estão ligadas a uma bateria (a) em paralelo e (b) em série. Analise, e explique detalhadamente, que grandeza se mantém constante para ambos os resistores, em cada caso e, a partir disto, determine qual lâmpada brilha mais (dissipa mais energia) em cada caso. (c)(1,0) Suponha, agora, que os resistores tem a mesma resistência ( $R1=R2$ ). Neste caso, a partir da determinação da resistência equivalente para os arranjos em série e em paralelo, determine qual arranjo dissipa mais energia. Explique.

### Solução:

- a) Se as duas lâmpadas estão conectadas em paralelo, então haverá duas correntes diferentes que percorrerão o circuito, sendo que a diferença de potencial, DDP (Voltagem) é a mesma para ambos os resistores. Para determinar o brilho das lâmpadas utilizamos a potência dissipada, pois o brilho depende dela diretamente. Como  $V = R \cdot i$  a potência dissipada pode ser escrita de várias maneiras equivalentes, como  $P = V^2/R = R \cdot i^2 = V \cdot i$ . Ou seja, como  $V$  é a mesma para os dois resistores, a expressão mais adequada para a comparação pedida é  $P = V^2/R$ . Para o resistor 1, a potência é  $P_1 = V^2/R_1$ , para o resistor 2,  $P_2 = V^2/R_2$ . Logo, como  $R_1 > R_2$ , então  $P_1 < P_2$ . Portanto a lâmpada 2 brilha mais.
- b) Se as duas lâmpadas estão conectadas em série, então a mesma corrente (número de cargas por unidade de tempo) percorrerá o circuito todo. Ou seja, das 3 expressões  $P = V^2/R = R \cdot i^2 = V \cdot i$ , a expressão para potência mais adequada para esta análise é  $P = R \cdot i^2$ . Assim,  $P_1 = R_1 \cdot i^2$  e  $P_2 = R_2 \cdot i^2$ . Portanto, como  $R_1 > R_2$ , então  $P_1 > P_2$  e a lâmpada 1 brilha mais.
- c) Se as resistências  $R_1 = R_2 = R$ , então a resistência equivalente para o arranjo em série é  $2R$ ; no caso do arranjo em paralelo, a resistência equivalente é  $R \cdot R / (R + R) = R/2$ . A voltagem fornecida no circuito é a mesma para ambos os arranjos; portanto, a expressão mais adequada para a comparação da potência dissipada, é  $P = V^2/R_{eq}$ . Temos, então:  $P_{série} = V^2/(2R)$  e  $P_{paralelo} = V^2/(R/2)$ . Finalmente, observamos que  $P_{paralelo} > P_{série}$ , então o arranjo em paralelo dissipa mais energia e brilha mais do que o arranjo em série.

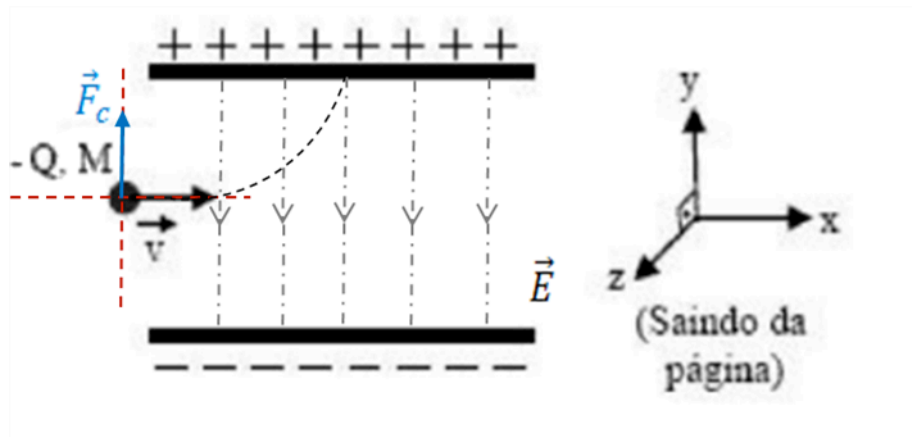
**3ª Questão:** Uma partícula de massa  $M$  e carga elétrica negativa  $-Q$  é lançada, no vácuo, com velocidade  $v = 150 \text{ m/s}$ , em trajetória paralela às placas de um capacitor plano como o ilustrado na figura abaixo. Desprezando-se os efeitos de borda e a ação da força gravitacional, faça o que se pede:



- (a) (0,5 ponto) Ilustre, na figura, a trajetória da partícula, após entrar na região entre as placas.
- (b) (1,0 ponto) Se for aplicado um campo magnético específico na região entre as placas, é possível conseguir que a partícula siga uma trajetória retilínea? Qual a explicação para isso? Determine direção e sentido do campo magnético em questão, se for o caso. Utilize na sua resposta o sistema de eixos mostrado na figura.
- (c) (1,0 ponto) Sabendo que o módulo do campo elétrico na região entre as duas placas é  $E = 2,5 \text{ N/C}$ , calcule o módulo do campo magnético necessário para que a trajetória seja retilínea.

### Solução:

- a) A trajetória da partícula será uma parábola, pois observamos que no eixo  $X$  o movimento da partícula é uniforme e no eixo  $Y$  o movimento será acelerado com sentido para cima. Isto decorre do efeito do campo elétrico que se apresenta nas placas do capacitor plano. Segue a ilustração.



- b) Para que a trajetória seja retilínea, é necessário que a força oriunda da presença da carga em um campo elétrico, identificada no item (a), seja compensada por uma outra. Esta virá da aplicação de um campo magnético apropriado. Como a força elétrica sobre uma partícula com carga  $q$  e velocidade  $\mathbf{v}$  **que esteja submetida a um campo magnético  $\mathbf{B}$**  é dada pela expressão  $\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})$ , deve-se escolher  $\mathbf{B}$  de modo que esta força equilibre a força elétrica mencionada no item (a).

A força mencionada em (a) é “para cima”, ou seja, no sentido  $+\mathbf{y}$ . Como a velocidade da carga é no sentido  $+\mathbf{x}$ , o campo  $\mathbf{B}$  terá que ser no sentido que permita que o produto vetorial  $\mathbf{v} \times \mathbf{B}$  seja no sentido  $+\mathbf{y}$  (como a carga é negativa a força terá o sentido contrário,  $-\mathbf{y}$ ). A “regra da mão direita” é uma técnica para se lembrar qual o sentido resultante do produto vetorial de dois vetores. No caso em questão, o sentido de  $\mathbf{B}$  tem que ser  $-\mathbf{z}$  (“para dentro do papel”) para que  $\mathbf{v} \times \mathbf{B}$  seja no sentido  $+\mathbf{y}$ . Como a carga em movimento é negativa, a força resultante da aplicação do campo magnético será no sentido  $-\mathbf{y}$ , como estipulado no enunciado, podendo esta compensar a força elétrica (se ambas tiverem o mesmo módulo).

- c) Como o enunciado pede para calcular o módulo do campo elétrico para que a trajetória seja retilínea, observamos então que as forças originadas pela ação do campo elétrico sobre a carga ( $F_e$ ) e pela passagem da carga em movimento por um campo magnético ( $F_m$ ) devem se cancelar. Para isto, os módulos destas forças devem ser iguais e com sentidos opostos. Ou seja,  $F_e = F_m$ , substituindo  $qE = qvB$

$$\rightarrow B = \frac{2,5 \text{ N/C}}{150 \text{ m/s}} = 16,67 \times 10^{-3} \text{ T}.$$

**4ª Questão:** Foi observado que, em um material submetido a uma pequena DDP externa, não havia corrente gerada. Ou seja, não era um bom condutor. Com a incidência de radiação eletromagnética de uma certa frequência passou a haver corrente através do material. Aumentando-se a intensidade da radiação emitida sobre o material, houve aumento linear da intensidade de corrente elétrica. Ou seja, dobrando a intensidade luminosa, dobra a corrente observada, no contexto de pequenas correntes elétricas. Leia os itens a seguir e responda estritamente o que está perguntado.

- a) (0,5) Explique a razão física responsável por, inicialmente, não haver corrente;  
b) (0,5) Explique o mecanismo devido ao qual passa a haver corrente a partir de uma certa frequência da radiação enviada sobre o material;

- c) (0,5) Explique o que significa, e como ocorre, aumento de corrente, se a DDP externa permanece constante;
- d) (1,0) O que significa o aumento de corrente explicado em (c) se relacionar de forma linear com o aumento da intensidade luminosa enviada sobre o material?

Solução:

- a) O que permite a existência de corrente elétrica em um material é a presença de elétrons livres. Se, para a pequena DDP aplicada não houve corrente, é porque não havia elétrons livres disponíveis para se moverem sob a ação do campo elétrico aplicado (DDP).
- b) Os elétrons que giram em volta dos núcleos dos átomos são aí mantidos por forças de atração. Se aos elétrons for fornecida energia suficiente, eles abandonarão as suas órbitas e ficarão disponíveis (livres) para conduzir eletricidade. Cada órbita tem sua energia característica e, para passar a uma órbita mais externa o elétron precisa receber uma quantidade específica de energia. Da mesma forma, para deixar uma órbita e se liberar do átomo o elétron precisaria receber uma quantidade de energia específica, a energia de ligação. Quando o material foi submetido à radiação, os pacotes de energia (fótons) que formam a radiação passaram a incidir sobre o material. Logo, segundo o enunciado, em certo momento a frequência da radiação incidente foi específica ao ponto de retirar elétrons, que estavam ligados aos átomos, de suas "órbitas", liberando-os para se movimentarem pelo material, sob a influência do campo elétrico imposto pela DDP.
- c) A corrente é o número de cargas que passa por certo ponto por unidade de tempo. Segundo o enunciado, ao se aumentar a intensidade de radiação, a intensidade da corrente elétrica aumenta, o que significa que o material que está sendo iluminado passa a fornecer cargas ao circuito, facilitando assim a movimentação das cargas elétricas pelo material. Se a movimentação das cargas elétricas fica mais fácil, isto significa menor resistência do material à passagem de corrente. Há, então, incremento da corrente e redução da resistência, mantida a DDP aplicada.
- d) A intensidade luminosa da radiação incidente, de frequência fixa, se traduz em quantidade de fótons incidentes por unidade de tempo. Ou seja, duplicar a intensidade da radiação incidente no material significaria lançar o dobro de fótons por unidade de tempo, todos da mesma frequência. Ora, se há uma grande quantidade de átomos no material com elétrons presos à órbita específica cuja energia de ligação é a mesma dos fótons incidentes, lançando o dobro de fótons sobre o material consegue-se liberar o dobro de elétrons. Estes serão responsáveis pela duplicação da corrente. Daí a relação linear entre a intensidade luminosa e a corrente observada.