

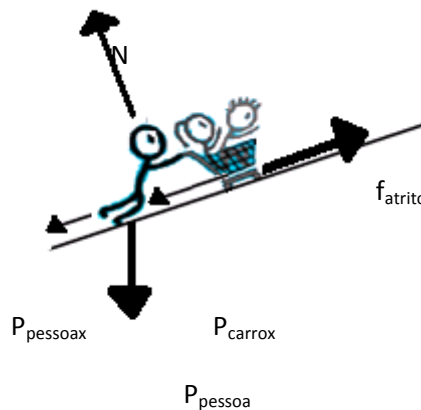
1ª Questão (2,5 pontos)

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 0,34. Ademais, a massa que será puxada no conjunto carrinho+compras será m . **(a)** Para a situação em que m é, no máximo, $M/4$, calcule o ângulo máximo de inclinação. **(b)** Para os valores $M=60$ kg, $m=35$ kg, explique detalhadamente o que ocorre.

- (a) Para a situação em que m é, no máximo, $M/4$, calcule o ângulo máximo de inclinação.

Solução:

Inicialmente, é importante identificar os elementos que constituem o problema. A rampa tem inclinação θ , a pessoa tem seu peso, P_{pessoa} , assim como o carrinho, P_{carrinho} . Estas forças podem ser decompostas em duas componentes, uma ao longo da direção da rampa e outra perpendicular ao plano da rampa. A componente do peso do carrinho que é perpendicular à rampa não tem importância para a solução do problema, porque o carrinho tem rodinhas e desliza no plano da rampa. A componente do peso do carrinho ao longo do plano da rampa tem relevância, pois aí se dá a liberdade de movimento do sistema. Com relação ao peso da pessoa, a componente ao longo da rampa tem importância, assim como a normal à rampa, que determina o atrito do sapato da pessoa com a rampa.



Na figura temos a representação das forças que atuam na pessoa. Quando o sistema ainda não se move as acelerações são zero e, conseqüentemente, também o são as respectivas componentes da força resultante. Portanto, a segunda lei de Newton nos fornece para as componentes, horizontal e vertical as equações, respectivamente,

$$f_{\text{atrito}} - P_{\text{carro}} - P_{\text{pessoa}} = 0$$

$$N - P_{\text{pessoa}} = 0$$

Reescrevendo as equações:

$$f_{\text{atrito}} = P_{\text{carro}} + P_{\text{pessoa}} = m g \sin(\theta) + M g \sin(\theta) = (m + M) g \sin(\theta)$$

e

$$N = P_{\text{pessoa}} = M g \cos(\theta)$$

O limiar para que o sistema não permaneça em repouso ocorrerá quando f_{atrito} seja igual a $\mu_s N$, ou seja,

$$f_{\text{atrito}} = \mu_s N$$

Fazendo as devidas substituições:

$$(m + M) g \sin(\theta) = \mu_s M g \cos(\theta)$$

Observando que $m = \frac{M}{2}$ e $\mu_s = 0.34$, temos:

$$\frac{\sin(\theta)}{\cos(\theta)} = \frac{\mu_s M g}{(m + M) g} = \frac{0.34 M}{\frac{M}{4} + M} = \frac{0.34 M}{\frac{5M}{4}} = \frac{1.36}{5} = 0,272$$

Assim,

$$\text{tg}(\theta) = \frac{\sin(\theta)}{\cos(\theta)} = 0.272$$

$$\theta = \arctg(0.272) \approx 15.2^\circ$$

Portanto, a rampa tem uma inclinação de 15.2° .

(b) Para os valores $M=60\text{kg}$, $m=35\text{ kg}$, explique detalhadamente o que ocorre.

Resposta:

O item (a) foi resolvido levando em conta que o carrinho pesaria no máximo $M/4$. Assim, foi calculado o ângulo de $15,2$ graus. Ou seja, se o ângulo fosse maior do que este limite, uma pessoa escorregaria para carrinho com massa $M/4$. Ocorre que, se o ângulo ficasse no valor limite, mas o carrinho tivesse massa maior que $M/4$, a pessoa escorregaria.

Observando que 35kg/60kg é maior do que $\frac{1}{4}$, pode-se afirmar que a pessoa escorregará rampa abaixo.

2ª Questão (1,5 pontos)

Durante o dia, o ar próximo à areia da praia se aquece mais rapidamente do que o ar próximo à superfície do mar. Desta forma o ar aquecido do continente sobe e o ar mais frio do mar desloca-se para o continente, formando a brisa marítima. À noite, o ar sobre o oceano permanece aquecido mais tempo do que o ar sobre o continente, e o processo se inverte. Ocorre então a brisa terrestre. Explique esse fenômeno.

Resposta:

O entendimento desse fenômeno está ligado, primordialmente, às propriedades térmicas da terra, em comparação com as do mar. Este, dado o seu porte, pode ser considerado, em primeira aproximação, como um reservatório, para efeitos de explicação do observado. Isto significa que o mar pode ser considerado como portador de características constantes (no caso em questão, calor específico “muito grande”, o que faz com que sua temperatura quase não mude).

Observando-se, então, o que ocorre com a terra/areia, constata-se que este material, compacto, conduz calor bem, e absorve rapidamente (dado o calor específico “pequeno”) a energia oriunda da radiação eletromagnética (visível e não visível) diurna. A energia absorvida é convertida em calor. O ar próximo, na interação com o solo aquecido se aquece e, em consequência, expande, reduzindo sua densidade, e busca subir. Claro que o espaço que o ar aquecido vai deixar é gradualmente ocupado pelo ar mais frio proveniente da camada de ar sobre o mar, já que este está mais denso que aquele. Esta é a base da brisa que vem do mar para a terra (brisa marítima). Um movimento do ar, de área de alta pressão para uma área de pressão baixa. Mais tarde, com a redução da insolação, a terra, perdendo calor (com rapidez, dado o calor específico “pequeno”) e reduzindo sua temperatura, passa a determinar que o ar próximo gradualmente acompanhe a baixa de temperatura. Isto progride até a temperatura do ar próximo à areia ficar mais baixa que a do mar; neste caso o ar mais frio, que agora é o que está sobre a terra tenda a fluir para remover o ar de mais baixa pressão que está sobre o mar (brisa terrestre). Ou seja, mais uma vez um movimento do ar, de área de alta pressão para uma área de pressão baixa.

3ª Questão

a) **(1,5 pontos)** Explique por que os passarinhos, mesmo pousando sobre fios condutores desencapados de alta tensão, não estão sujeitos a choques elétricos que possam causar-lhes algum dano.

O material do qual o fio condutor é feito exibe resistividade elétrica.

Assim, entre A e B há uma (pequena) resistência elétrica. Entre os pontos A e B existe, portanto, uma (pequena) diferença de potencial (ddp). A explicação para o pássaro não ser eletrocutado pode ser ilustrada quando se analisa um trecho de um circuito unindo A até B , com ddp V , por meio de dois resistores em paralelo, um com resistência r e outro com resistência R , sendo $R \gg r$. Como a ddp é a mesma, V , para os dois resistores, resulta que as correntes que passam pelos resistores são $i = V/r$ e $I = V/R$. No caso em questão, a corrente que passará pelo pássaro será $I < i$, como decorrência de $r \ll R$. Claramente que ajuda, para haver uma ddp pequena no trecho entre A e B , o fato de a distância entre tais pontos ser pequena. Quanto maior ela for, maior será a ddp (e, conseqüentemente a corrente, mesmo aquela que é muito menor que a que passa pelo fio).

b) **(2,0 pontos)** A força elétrica que uma carga exerce sobre a outra se altera ao aproximarmos delas outras cargas?

Resposta:

A força entre duas cargas pontuais quaisquer é determinada univocamente pelas intensidades das cargas, se estas são de mesmo sinal ou de sinais contrários, além da distância entre elas. Isto está expresso na expressão matemática da lei de Coulomb. Portanto, conclui-se que a força pré-existente entre um par de cargas jamais poderá depender da aproximação de uma ou mais cargas.

Observe, entretanto, que o que resulta, na aproximação de cargas extras, é que a força resultante sobre uma carga pré-existente irá alterar-se, sendo obtida pela soma vetorial das forças geradas pelas interações individuais entre a carga pré-existente considerada e cada uma das outras cargas, a antiga e as novas. A isto se denomina *princípio da superposição*.

4ª Questão (2,5 pontos)

Explique detalhadamente como determinar o caráter quântico da radiação eletromagnética.

Resposta:

Uma forma de determinar a natureza quântica da radiação eletromagnética é por meio do efeito fotoelétrico.

Em um experimento do início do século XX, observou-se uma situação peculiar: aplicando-se uma diferença de potencial sobre um material que não conduzia eletricidade à temperatura do experimento, nenhuma corrente era observada. Ocorre que, incidindo-se luz sobre o mesmo material, a partir de certa cor (associada à energia da radiação) passou a ocorrer condutividade elétrica. Além disso, na frequência em que começa a haver condução, se a luz fosse de baixa intensidade (pouca luz), baixa condutividade era verificada; com o aumento da intensidade (com “mais luz”), a condutividade aumentava gradativamente.

A explicação mais adequada encontrada baseou-se na ideia, em que já se acreditava, que havia níveis discretos de energia para os elétrons “orbitando” em torno dos núcleos dos átomos e, por conseguinte, para os átomos agrupados. Assim, a teoria foi de que a radiação fosse composta por “pacotes” de energia, que foram denominados *fótons* (também chamados *quanta* de energia). E que os pacotes de energia se relacionariam com a frequência, ou seja $E = h \cdot \nu$. Com essa explicação, decorre que o número de partículas que fazem a condução elétrica, os elétrons, aumentaria com a intensidade da radiação incidida sobre o material, desde que a energia de um fóton incidente sobre o material coincidisse com o valor do salto entre o nível de energia em

que um elétron preso a um núcleo esteja e o nível em que este elétron se desprende do átomo específico para ficar disponível para conduzir eletricidade. A teoria anterior (chamada teoria ondulatória) não era capaz de explicar o aumento do número de elétrons com o aumento da intensidade. Por esta teoria apenas ocorreria aquecimento do material sob a luz, sem o efeito de condutividade crescente observado.

Portanto, para explicar o fenômeno descrito acima, denominado “efeito fotoelétrico”, são essenciais e suficientes: a noção de discretização (quantização) dos níveis de energia dos átomos individuais, com suas implicações para os níveis de energia de materiais; a noção de que a radiação eletromagnética tem comportamento ondulatório sob certas condições, mas que também exibe um “empacotamento” em unidades de energia, chamadas *fótons*, que podem ter comportamento semelhante ao de partículas.