

FÍSICA FUNDAMENTAL

1º Semestre de 2011

Prof. Maurício Fabbri

© 2004-11

5ª Série de Exercícios

Dinâmica e as Leis de Newton

As leis de conservação

Cinemática – Parte II

1. QUANTIDADE DE MOVIMENTO E AS LEIS DE NEWTON

(I) A quantidade de movimento (ou *momento*) de um corpo é um vetor definido como:

$$\vec{p} = m \vec{v}$$

$$\text{quantidade de movimento} = (\text{massa}) \times (\text{velocidade})$$

(II) **Primeira lei de Newton** : na ausência de forças externas, a quantidade de movimento de um corpo permanece constante durante o movimento.

Portanto, se a massa do corpo não varia, na ausência de forças ele se movimenta em linha reta, com velocidade constante (lei da inércia).

(III) A primeira lei de Newton, aplicada a um sistema de corpos, estabelece que a quantidade de movimento total do sistema não varia se não houver forças externas. A quantidade de movimento de um sistema composto de vários corpos é a soma das quantidades de movimento de cada corpo.

Exercício 1. Um carrinho A de massa 2kg está se movendo a 3m/s, e um outro carrinho B, de massa 1kg, a 2m/s. Os dois se movem na mesma direção. Quando A alcança B, eles engatam e continuam a se movimentar como um único conjunto. Qual a velocidade dos carrinhos após a colisão?



(IV) **Segunda lei de Newton** : a taxa de variação temporal do momento de um corpo é igual à soma das forças externas que agem sobre ele:

$$\frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \sum \vec{F}_{\text{ext}}$$

Se a massa do corpo não varia, isso significa que

$$\sum \vec{F}_{\text{ext}} = ma \quad (\text{massa constante})$$

$$\text{soma das forças externas} = (\text{massa}) \times (\text{aceleração})$$

(V) **UNIDADES SI** : No sistema internacional de unidades, a força é medida em Newtons (N).

$$1\text{N} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$$

A unidade da quantidade de movimento é kg.m/s , e não tem um nome especial.

Exercício 2. Qual a força necessária para levar um automóvel de 750kg do repouso a 100km/h em oito segundos, sob aceleração constante? (resposta com três significativos)

Exercício 3. Um corpo de 5kg, inicialmente em repouso, é submetido a uma força de 20N durante dez segundos. A força é então retirada, e o corpo continua o movimento livremente. Após mais dez segundos, o corpo é freado, na direção oposta ao movimento, por uma força de 40N, até parar novamente. Calcule o deslocamento total do corpo durante esse movimento.

(VI) (a força peso) Próxima à superfície da Terra, todos os corpos caem em queda livre com a mesma aceleração (aproximadamente $9,81\text{m/s}^2$). A força peso, que é a força exercida pela Terra sobre um corpo próximo à superfície, é então $P = mg$, onde m é a massa do corpo. No dia a dia, as balanças são calibradas em kg, e medem a massa do corpo. Note que um corpo de massa 1kg pesa cerca de 9,81N.

$$P = mg$$

próximo à superfície da Terra,

1kg de massa equivale a um peso de 9,81 Newtons

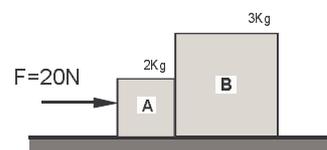
Exercício 4. Qual o valor da aceleração da gravidade em km/(h.s) ?

(VII) **Terceira lei de Newton** : (ação e reação)

Se um corpo B exerce uma força sobre o corpo A,
então o objeto A exerce sobre B uma força igual e oposta.

(as forças na natureza sempre ocorrem em pares)

Exercício 5. Qual a força que o bloco A exerce sobre o bloco B?
Suponha que não há atrito entre os blocos e o solo.



Exercício 5a. (a) Calcule a força mínima para levar um automóvel de 800kg do repouso a 120km/h em quinze segundos, supondo que isso seja feito mantendo a aceleração constante. (b) Calcule o deslocamento do automóvel nesses quinze segundos.

Exercício 6. A sensação de peso, para uma pessoa, é devida à força exercida sobre ela pelo chão. Suponha que uma pessoa de 70kg esteja dentro de um elevador. Calcule o seu peso aparente (*) nos seguintes casos: (utilize $g = 9,81\text{m/s}^2$)

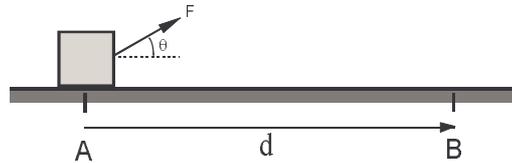
- O elevador está subindo com aceleração constante de 5m/s^2 .
- O elevador está descendo com aceleração constante de 5m/s^2 .
- O elevador está subindo ou descendo com velocidade constante.
- Qual deve ser a aceleração do elevador durante a subida para que a pessoa tenha a sensação de que seu peso dobrou?
- Suponha que a aceleração do elevador durante a descida seja o dobro da aceleração da gravidade (!!!). Nestas condições, a pessoa vai descolar do chão e bater com a cabeça no teto. Calcule a força (em unidades populares) exercida pelo teto do elevador sobre a cabeça da pessoa durante essa descida vertiginosa.

(*) o peso da pessoa é comumente expresso em unidades "populares". Na verdade, a massa da pessoa será 70kg, o que corresponde a um peso de $70 \times 9,81 = 686,7\text{N}$. As respostas também devem ser dadas em unidades populares. (no sistema técnico antigo, uma massa de 1kg pesava 1kgf).

2. O TEOREMA DA CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA

(VIII) Durante o movimento de um corpo, o trabalho de uma força que atua sobre o mesmo é definido como o produto do deslocamento do corpo pela componente da força ao longo desse deslocamento. Se o corpo se move em linha reta e se a força é constante, então o trabalho executado pela mesma será calculado como

$$\Delta W = F \times d \times \cos\theta$$



A quantidade ΔW é a *energia mecânica* que a força F transmite ao corpo durante o deslocamento d . No sistema SI, a unidade de trabalho, ou de energia, é o Joule (J). 1Joule de energia corresponde a uma força de 1N atuando na direção do movimento durante um deslocamento de 1 metro.

$$1\text{Joule} = 1\text{Newton} \times 1\text{metro}$$

NOTE que, se a força \vec{F} permanecer perpendicular ao movimento do corpo, ela não realiza trabalho mecânico.

(IX) (*o Teorema da energia cinética*) Se a força \vec{F} for a resultante de todas as forças que agem sobre o corpo, então pode-se mostrar que

$$\Delta W|_{\text{resul tan te}} = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$$

, onde v_A e v_B são as velocidades do corpo nas posições A e B, respectivamente.

Definimos a energia cinética do corpo como $E_K = \frac{1}{2}mv^2$, e então a equação acima significa que o trabalho da força resultante é igual à variação da energia cinética do corpo.

(X) (*forças conservativas*) Uma força é conservativa quando o trabalho que ela executa, durante um deslocamento de A para B, pode ser calculado como

$$\Delta W = E_p(A) - E_p(B)$$

E_p é a energia potencial associada à força \vec{F} .

(XI) (*a força gravitacional*) Próximo à superfície da Terra, a energia potencial associada à força da gravidade é

$$E_p = mgh \quad (\text{força gravitacional próxima à superfície da Terra})$$

, onde h é a altura (vertical !) medida em relação a um plano horizontal de referência.

(XII) (*a força elástica*) A força exercida por uma mola perfeitamente elástica, de constante K , está associada a uma energia potencial da forma

$$E_p = \frac{1}{2}Kx^2 \quad (\text{força elástica})$$

, onde x é o quanto a mola está distendida ou comprimida.

(XIII) (forças dissipativas) As forças que não são conservativas são chamadas de “dissipativas”. Esse tipo de força não tem uma energia potencial associada, e parte da energia mecânica que elas consomem não pode ser recuperada na forma de trabalho útil. O exemplo mais comum é a força de atrito, que sempre dissipa energia mecânica qualquer que seja o tipo de movimento.

(XIV) (o Teorema da conservação da energia mecânica) Se um corpo se move de modo que apenas forças conservativas realizam trabalho, então a soma da energia potencial das forças conservativas com a energia cinética do corpo permanece constante durante o movimento.

$$E_M = E_K + E_P = \text{constante, se apenas forças conservativas realizam trabalho}$$

E_M é chamada de energia mecânica do corpo.

Exercício 7. Um carrinho é abandonado do alto de uma elevação, no ponto A, a 15m de altura em relação à horizontal.



- (a) Com que velocidade (em km/h) ele chega ao nível horizontal?
(b) Com que velocidade (em km/h) ele passa no fundo da depressão C, que está 7m abaixo do nível horizontal?

Despreze qualquer tipo de atrito durante o movimento. Despreze a energia mecânica necessária para girar as rodas do carrinho. Use para a aceleração da gravidade o valor aproximado de 10m/s^2 . Dê as respostas com dois significativos.

(XV) (o princípio da conservação da energia) A cada tipo de fenômeno físico corresponde um tipo de energia. Assim, cada processo químico, elétrico, térmico, nuclear, etc... envolve um tipo de energia característico de cada um deles. É possível associar a cada um dos fenômenos que ocorre na natureza uma quantidade, chamada de energia, de modo que a energia total envolvida durante um processo físico seja invariante. Esse é um fato da natureza, um princípio (também conhecido como a primeira lei da termodinâmica), e não pode ser demonstrado matematicamente. Hoje sabemos expressar a energia envolvida nos vários tipos de processos de uma maneira única, utilizando uma mesma unidade (o Joule), e assim comparar quantitativamente quantidades de energia de origens diferentes.

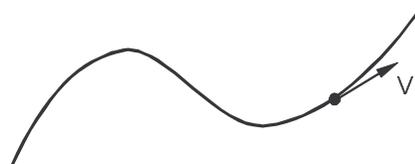
Exercício 8. O calor específico da água é de $1\text{cal}/(\text{g}\cdot^\circ\text{C}) = 4,18\text{J}/(\text{g}\cdot^\circ\text{C})$. Isso significa que, para aquecer 1 grama de água de 1°C é preciso uma energia de 4,18Joules.

- (a) Estime a que altura um corpo de massa 100kg deve estar, em relação ao solo, para que a sua energia potencial seja igual à energia necessária para esquentar um litro de água de 20°C a 70°C .
(b) Se esse corpo for abandonado dessa altura, com que velocidade (em km/h) ele chega ao chão?

Utilize $g = 9,81\text{m/s}^2$; respostas com três significativos

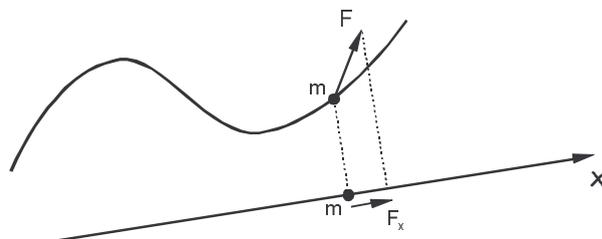
3. O MOVIMENTO NO PLANO

(XVI) Durante o movimento de um corpo, a velocidade é um vetor tangente à trajetória, no mesmo sentido do movimento, e cujo tamanho é a rapidez com que o corpo se desloca.



(XVII) (o princípio da decomposição do movimento de Galileu) O movimento pode ser decomposto (projetado) sobre uma direção conveniente. As leis da dinâmica valem para a projeção do movimento.

Se o corpo m se move no espaço e $F = ma$, então sua projeção sobre a direção x se move sobre a reta x de modo que $F_x = ma_x$.



Exercício 9. Um projétil é lançado do solo, a um ângulo de 60° com a horizontal. Ele volta ao solo quinze segundos depois. (utilize $g = 10\text{m/s}^2$)

- Qual foi a velocidade de lançamento?
- Qual a altura máxima a que ele chega?
- A que distância do ponto de lançamento ele cai?

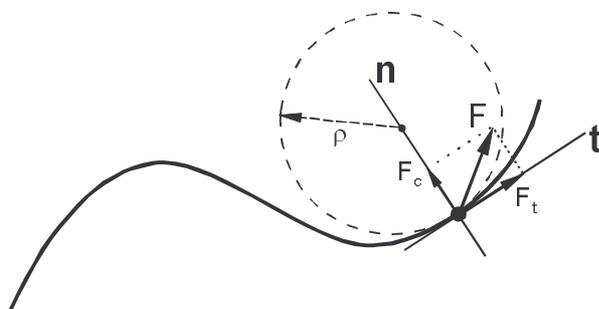
(respostas com três significativos)

(XVIII) (aceleração e força no movimento sobre o plano)

– A componente tangencial da força é responsável pela mudança na rapidez do movimento. Se a_t é a aceleração escalar, então $F_t = ma_t$.

– A componente normal da força, chamada de força centrípeta, é responsável pela mudança de direção do movimento. Se ρ é o raio local de curvatura, então teremos

$$F_c = \frac{mv^2}{\rho}, \text{ onde } v \text{ é o valor da velocidade.}$$



Exercício 10. Uma automóvel de massa 850kg faz uma curva com 50m de raio, e o velocímetro indica o valor constante de 80km/h . Calcule a intensidade da força centrípeta que está agindo sobre o veículo (essa força é exercida pela atrito do solo com os pneus). (resposta com três significativos)

Exercício 11. Se o velocímetro do automóvel da questão anterior indicar que a velocidade está aumentando de 15km/h em cada segundo,

- Calcule a intensidade da força tangencial que está agindo sobre o veículo;
- Calcule a intensidade da força centrípeta que está agindo sobre o veículo quando a velocidade atingir 120km/h .
- Calcule a intensidade da força resultante que está agindo sobre o veículo quando a velocidade atingir 120km/h .

(respostas com três significativos)

4. FORÇAS DE ATRITO ENTRE SUPERFÍCIES

A força de contato entre duas superfícies tem uma componente normal (que mede a "pressão" que uma superfície faz sobre a outra), e uma componente tangencial (que mede o "atrito" entre essas superfícies).

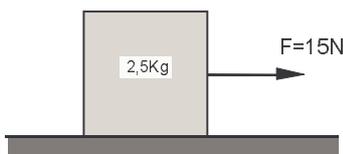
Se uma superfície está deslizando sobre a outra, dizemos que há atrito cinético entre as duas.

Na ausência de lubrificantes, é comum supor que o atrito cinético é proporcional à força de contato normal entre as superfícies, e define-se o coeficiente de atrito cinético como $\mu_c = \frac{\text{força de atrito}}{\text{força normal}}$.

Se o contato é lubrificado, a força de atrito costuma depender tanto da força normal quanto da velocidade de deslizamento.

Quando as superfícies não estão deslizando entre si, pode haver atrito estático entre elas (elas "tendem" a deslizar, mas não conseguem devido ao atrito). O maior valor possível do atrito estático é dado por $(\mu_e \times N)$, onde μ_e é chamado de coeficiente de atrito estático, e N é a força normal entre as superfícies.

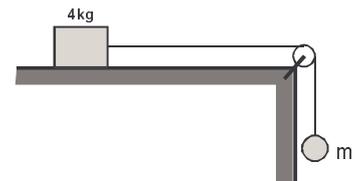
Exercício 12. O bloco tem massa de 2,5kg e está se movendo para a direita com velocidade constante.



- Qual a intensidade da força normal que o solo exerce sobre o bloco ?
- Qual o valor da força de atrito cinético entre o bloco e o solo?
- Qual o valor do coeficiente de atrito cinético entre o bloco e o solo? (utilize $g = 10\text{m/s}^2$) (respostas com 2 significativos)

Exercício 13. No exercício 10, qual deve ser o valor mínimo do coeficiente de atrito entre os pneus e o solo, de modo que o carro consiga fazer a curva sem derrapar? (utilize $g = 10\text{m/s}^2$) (2 significativos)

Exercício 14. Na montagem ao lado, o coeficiente de atrito cinético entre o bloco de 4kg e o solo é de 0,2.



- Qual deve ser o valor da massa m para que os corpos se movimentem com velocidade constante ? (3 significativos)
- Qual a aceleração dos corpos se a massa m for o dobro do valor calculado no item anterior? (utilize $g = 10\text{m/s}^2$) (2 significativos)

RESPOSTAS

1. 2,67m/s 2. 2,6kN 3. 350m 4. 35,3km(h.s) 5. 12N 5a. (a) 1,8kN (b) 250m
6. (a) 106kg (b) 34kg (c) 70kg (d) 9,81m/s² (e) 70kg
7. (a) 62km/h (b) 76km/h 8. (a) 213m (b) 234km/h 9. (a) 86,6m/s (b) 281m (c) 650m
10. 8,40 kN 11. (a) 3,5 kN (b) 18,9 kN (c) 19,2 kN 12. (a) 25N (b) 15N (c) 0,60
13. 0,99 14. (a) 800g (b) 1,4m/s²