Física 1 (4310145) - Aula 14/05/2020

Informações

- Capítulo 2
  - Perguntas: Todas!
  - Problemas: 2.1, 2.3, 2.5, 2.7, 2.9, 2.14, 2.17, 2.21, 2.31, 2.37, 2.41, 2.67, 2.69
- Capítulo 3
  - Perguntas: 3.1, 3.3, 3.5 , 3.12, 3.13
  - Problemas: 3.1, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.9, 3.10, 3.15, 3.32, 3.27, 3.33, 3.37, 3.43
- Capítulo 4
  - Perguntas: 4.1, 4.2, 4.3, 4.5, 4.13, 4.17
  - Problemas: 4.1, 4.3, 4.7, 4.9, 4.11, 4.19, 4.25, 4.29, 4.47, 4.57, 4.65, 4.69
- Capítulo 5
  - Perguntas: 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.9
  - Problemas: 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.7, 5.11, 5.13, 5.15, 5.19, 5.21, 5.31, 5.35, 5.45, 5.63
- Capítulo 6
  - Perguntas: 6.1, 6.2, 6.3, 6.5, 6.6, 6.9. 6.13
  - Problemas: 6.1, 6.3, 6.4, 6.5, 6.13, 6.19, 6.25, 6.33, 6.39, 6.41, 6.43, 6.57, 6.59
- Capítulo 7
  - Perguntas: 7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.9, 7.11
  - Problemas: 7.1, 7.3, 7.5, 7.7, 7.15, 7.17, 7.21, 7.23, 7.31, 7.37, 7.41, 7.43, 7.45, 7.49, 7.67
- Capítulo 8
  - Perguntas: 8.1, 8.2, 8.3, 8.5, 8.9, 8.11
  - Problemas: 8.1, 8.2, 8.3, 8.5, 8.7, 8.9, 8.13, 8.15, 8.19, 8.25, 8.37, 8.39, 8.41, 8.45, 8.47, 8.53, 8.57, 8.67
- Capítulo 9
  - Perguntas: 9.1, 9.2, 9.3, 9.5, 9.7, 9.9, 9.11
  - Problemas: 9.1, 9.2, 9.3, 9.5, 9.7, 9.11, 9.13, 9.17 , 9.19, 9.25, 9.29, 9.33, 9.37, 9.39, 9.41, 9.45, 9.49, 9.51, 9.55, 9.61, 9.63, 9.73, 9.75
- Capítulo 10
  - Perguntas:
  - Problemas:
- Capítulo 11
  - Perguntas:
  - Problemas:

jader.pereira.santos@gmail.com (11-963653978)
felipefreitas@usp.br

Sumário

1. Centro de Massa e Momento Linear
   - A Segunda Lei de Newton para um sistema de Partículas
   - Momento Linear
     - Momento Linear de um sistema de partículas
   - Colisão e Impulso

Sumário

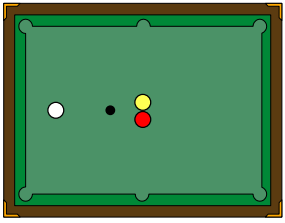
1. Centro de Massa e Momento Linear
   - A Segunda Lei de Newton para um sistema de Partículas
   - Momento Linear
     - Momento Linear de um sistema de partículas
   - Colisão e Impulso

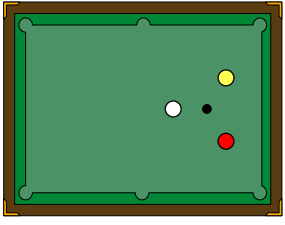
Sumário

1. Centro de Massa e Momento Linear
   - A Segunda Lei de Newton para um sistema de Partículas
   - Momento Linear
     - Momento Linear de um sistema de partículas
   - Colisão e Impulso

A Segunda Lei de Newton para um sistema de Partículas

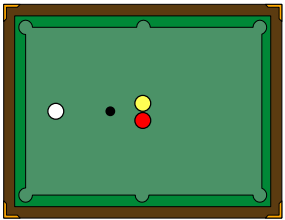
- Embora o centro de massa seja apenas um ponto, ele se move como uma partícula cuja massa é igual à massa total do sistema
- Podemos atribuir-lhe uma posição, uma velocidade e uma aceleração.
- A equação que descreve o movimento do CM de um sistema de partículas é

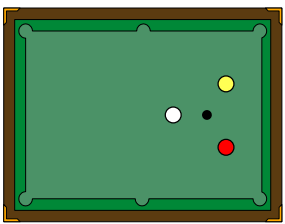




A Segunda Lei de Newton para um sistema de Partículas

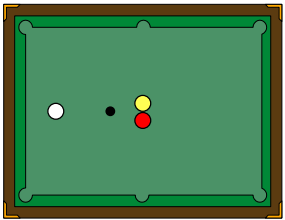
- Embora o centro de massa seja apenas um ponto, ele se move como uma partícula cuja massa é igual à massa total do sistema
- Podemos atribuir-lhe uma posição, uma velocidade e uma aceleração.
- A equação que descreve o movimento do CM de um sistema de partículas é

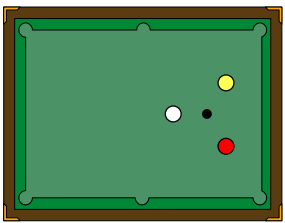




A Segunda Lei de Newton para um sistema de Partículas

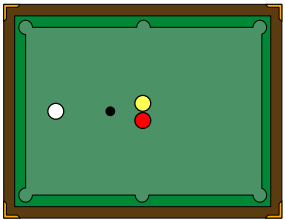
- Embora o centro de massa seja apenas um ponto, ele se move como uma partícula cuja massa é igual à massa total do sistema
- Podemos atribuir-lhe uma posição, uma velocidade e uma aceleração.
- A equação que descreve o movimento do CM de um sistema de partículas é

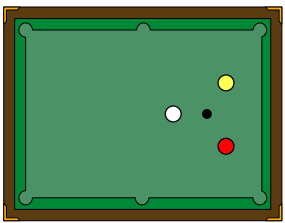




A Segunda Lei de Newton para um sistema de Partículas

- Embora o centro de massa seja apenas um ponto, ele se move como uma partícula cuja massa é igual à massa total do sistema
- Podemos atribuir-lhe uma posição, uma velocidade e uma aceleração.
- A equação que descreve o movimento do CM de um sistema de partículas é

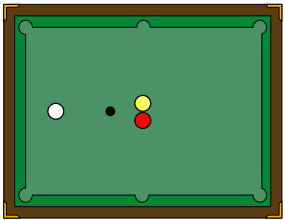


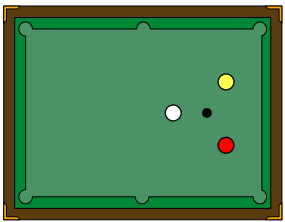


A Segunda Lei de Newton para um sistema de Partículas

- Embora o centro de massa seja apenas um ponto, ele se move como uma partícula cuja massa é igual à massa total do sistema
- Podemos atribuir-lhe uma posição, uma velocidade e uma aceleração.
- A equação que descreve o movimento do CM de um sistema de partículas é

$$\vec{F}_{\text{res}} = M\vec{a}_{\text{cm}}$$



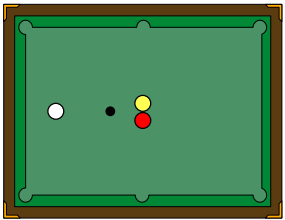


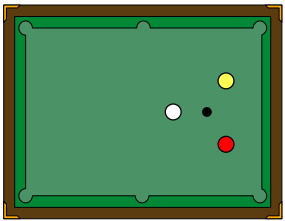
A Segunda Lei de Newton para um sistema de Partículas

- Embora o centro de massa seja apenas um ponto, ele se move como uma partícula cuja massa é igual à massa total do sistema
- Podemos atribuir-lhe uma posição, uma velocidade e uma aceleração.
- A equação que descreve o movimento do CM de um sistema de partículas é

$$\vec{F}_{\text{res}} = M\vec{a}_{\text{cm}}$$

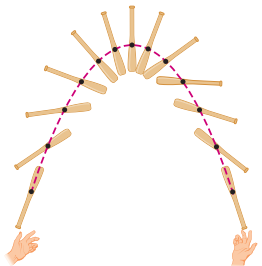
- Na equação acima
  - $\vec{F}_{\text{res}}$: força resultante de todas as forças externas que agem sobre o sistema
  - M: massa total do sistema
  - $\vec{a}_{\text{cm}}$: aceleração do CM do sistema.



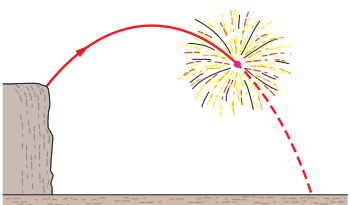


A Segunda Lei de Newton para um sistema de Partículas

- Corpo maciço: no exemplo, M é a massa do bastão, e $\vec{F}_{\text{ext}}$ é a força gravitacional



- Explosões: O CM dos fragmentos segue a mesma trajetória parabólica que o foguete teria seguido se não tivesse explodido. As forças internas da explosão não mudam a trajetória do CM.



Demonstração da equação: $\vec{F}_{\text{res}} = M\vec{a}_{\text{cm}}$

A Segunda Lei de Newton para um sistema de Partículas

- Para um sistema de n partículas, escrevemos

$$M\vec{r}_{cm} = m_1\vec{r}_1 + m_2\vec{r}_2 + \cdots + m_n\vec{r}_n$$

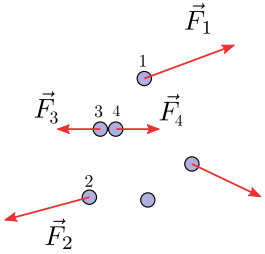
- Derivando a eq. anterior, obtemos

$$M\vec{v}_{cm} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 + \cdots + m_n\vec{v}_n$$

- Derivando a eq. anterior, obtemos

$$M\vec{a}_{cm} = \underbrace{m_1\vec{a}_1}_{\vec{F}_1} + \underbrace{m_2\vec{a}_2}_{\vec{F}_2} + \cdots + \underbrace{m_n\vec{a}_n}_{\vec{F}_n}$$

$$M\vec{a}_{cm} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \cdots + \vec{F}_n$$



Demonstração da equação: $\vec{F}_{\text{res}} = M\vec{a}_{\text{cm}}$

A Segunda Lei de Newton para um sistema de Partículas

$$M\vec{a}_{cm} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \cdots + \vec{F}_n$$

- $\sum_i \vec{F}_i$ contém as forças internas e externas
- As forças internas formam pares do tipo ação-reação que se cancelam mutuamente

$$\vec{F}_3 = \vec{F}_{34} \qquad \vec{F}_4 = \vec{F}_{43}$$
$$\vec{F}_{34} = -\vec{F}_{43}$$

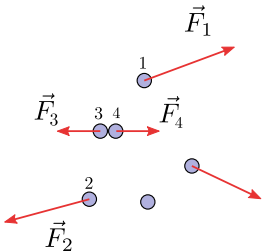
- Desta forma

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \cdots + \vec{F}_n = \vec{F}_{\text{ext}}$$

- Finalmente

$$\boxed{\vec{F}_{\text{ext}} = M\vec{a}_{cm}}$$

- $\vec{F}_{\text{res}}$ é a força externa resultante!



Teste

Dois patinadores em uma superfície de gelo, sem atrito, seguram as extremidades de uma vara, de massa desprezível. É escolhido um eixo de referência na mesma posição que a vara, com a origem no centro de massa do sistema de dois patinadores. Um patinador, João, pesa duas vezes mais do que o outro patinador, Eduardo. Onde os patinadores se encontram se (a) João puxa a vara para se aproximar de Eduardo, (b) Eduardo puxa a vara para se aproximar de João, e (c) os dois patinadores puxam a vara?

Sumário

1. Centro de Massa e Momento Linear
   - A Segunda Lei de Newton para um sistema de Partículas
   - Momento Linear
     - Momento Linear de um sistema de partículas
   - Colisão e Impulso

Momento Linear

- Vamos definir o momento linear

Momento linear de uma partícula (Quantidade de movimento de uma partícula)

$$\vec{p} = m\vec{v} \qquad \text{(unidade SI: kg} \cdot \text{m/s)}$$

- Derivando o momento linear, podemos escrever

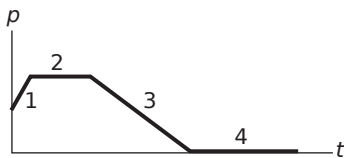
$$\boxed{\vec{F}_{\text{res}} = \frac{d\vec{p}}{dt}} \tag{1}$$

- Se $\vec{F}_{\text{res}} = 0$ então $\vec{p}$ é constante
- As Eqs. (1) e (2) são equivalentes

$$\vec{F}_{\text{res}} = m\vec{a} \qquad (2)$$

Teste

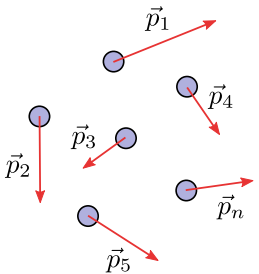
A figura mostra o módulo $p = |\vec{p}|$ do momento linear em função do tempo t para uma partícula que se move ao longo de um eixo. Uma força dirigida ao longo do eixo age sobre a partícula. (a) Ordene as quatro regiões indicadas de acordo com o módulo da força, do maior para o menor. (b) Em que região a velocidade da partícula está diminuindo?



Momento Linear de um sistema de partículas

- Podemos estender a definição de momento linear para um sistema de partículas

$$\vec{P} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3 + \cdots + \vec{p}_n$$
$$\vec{P} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 + m_3\vec{v}_3 + \cdots + m_n\vec{v}_n$$



- Já vimos anteriormente que

$$M\vec{r}_{cm} = m_1\vec{r}_1 + m_2\vec{r}_2 + \cdots + m_n\vec{r}_n$$
$$M\vec{v}_{cm} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 + \cdots + m_n\vec{v}_n$$

- Portanto, podemos escrever

Momento linear de um sistema de partículas

$$\vec{P} = M\vec{v}_{cm}$$

Segunda Lei de Newton para um sistema de partículas

- Momento linear de um sistema de partículas

$$\vec{P} = M\vec{v}_{cm}$$

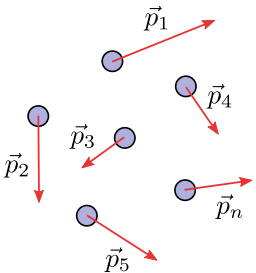
- Derivando a Eq. acima, obtemos

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = M\frac{d\vec{v}_{cm}}{dt}$$

$$\frac{d\vec{p}_1}{dt} + \frac{d\vec{p}_2}{dt} + \cdots + \frac{d\vec{p}_n}{dt} = M\frac{d\vec{v}_{cm}}{dt}$$

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \cdots + \vec{F}_3 = M\frac{d\vec{v}_{cm}}{dt}$$

$$\boxed{\vec{F}_{\text{res}} = \frac{d\vec{P}}{dt}}$$



- $\vec{F}_{\text{res}}$ é a força externa resultante!

Sumário

1. Centro de Massa e Momento Linear
   - A Segunda Lei de Newton para um sistema de Partículas
   - Momento Linear
     - Momento Linear de um sistema de partículas
   - Colisão e Impulso

- Em uma colisão
  - a força é de curta duração
  - a força tem um módulo elevado
  - provoca uma mudança brusca no momento do corpo

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \implies \vec{F}dt = \frac{d\vec{p}}{dt}dt \implies \int_{t_i}^{t_f} \vec{F}dt = \int_{t_i}^{t_f} \frac{d\vec{p}}{dt}dt$$

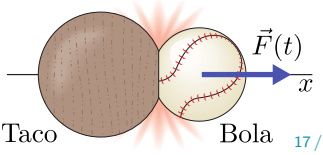
$$\vec{p}_f - \vec{p}_i = \int_{t_i}^{t_f} \vec{F}dt \implies \Delta\vec{p} = \int_{t_i}^{t_f} \vec{F}dt$$

Impulso

$$\vec{J} = \int_{t_i}^{t_f} \vec{F}(t)\, dt$$

Teorema Impulso-momento

$$\vec{J} = \Delta\vec{p}$$



- Se conhecermos $\vec{F}(t)$, podemos calcular

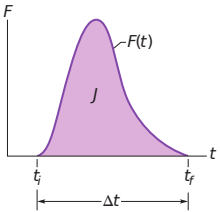
$$\vec{J} = \int_{t_i}^{t_f} \vec{F}(t)\, dt$$

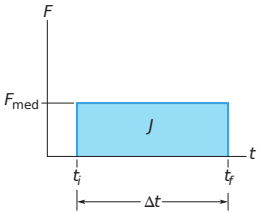
- Muitas vezes não conhecemos $\vec{F}(t)$, mas conhecemos seu valor médio $\vec{F}_{\text{med}}$

$$\vec{F}_{\text{med}}\, \Delta t = \int_{t_i}^{t_f} \vec{F}(t)\, dt$$

- Assim, temos

$$\boxed{\vec{J} = \vec{F}_{\text{med}}\, \Delta t}$$





Teste

Um paraquedista, cujo paraquedas não abriu, cai em um monte de neve e sofre ferimentos leves. Se caísse em um terreno sem neve, o tempo necessário para parar teria sido 10 vezes menor e a colisão seria fatal. A presença da neve aumenta, diminui ou mantém inalterado o valor (a) da variação do momento do paraquedista, (b) do impulso experimentado pelo paraquedista e (c) da força experimentada pelo paraquedista?

- Suponha que n projéteis colidem em um intervalo Δt
- Supondo que cada projétil tem momento inicial $\vec{p}_i$ e sofre uma variação de momento igual $\Delta\vec{p}$ por causa da colisão
- A variação total de momento linear de n projéteis durante o intervalo de tempo Δt é

$$n\Delta\vec{p}$$

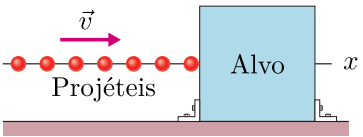
- O impulso a que o alvo é submetido em um intervalo de tempo Δt é

$$\vec{J} = -n\Delta\vec{p}$$

- Podemos calcular a força média que age no alvo durante as colisões

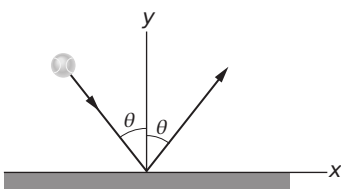
$$\vec{F}_{\text{med}}\Delta t = -n\Delta\vec{p}$$

$$\boxed{\vec{F}_{\text{med}} = -n\frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}}$$



Teste

A figura mostra uma vista superior de uma bola ricocheteando em uma parede vertical sem que a velocidade escalar da bola seja afetada. Considere a variação $\Delta\vec{p}$ do momento linear da bola. (a) Δp_x é positiva, negativa ou nula? (b) Δp_y é positiva, negativa ou nula? (c) Qual é a orientação de $\Delta\vec{p}$?



Dicas

- Reproduza as passagens de maneira independente!
- Estude as referências!
  - D. Halliday, R. Resnick, and J. Walker. *Fundamentos de Física - Mecânica*, volume 1. LTC, 10 edition, 2016
  - P.A. Tipler and G. Mosca. *Física para Cientistas e Engenheiros*, volume 1. LTC, 10 edition, 2009
  - H.M. Nussenzveig. *Curso de física básica, 1: mecânica.* E. Blucher, 2013
  - H.D. Young, R.A. Freedman, F.W. Sears, and M.W. Zemansky. *Sears e Zemansky física I: mecânica*
  - M. Alonso and E.J. Finn. *Física: Um curso universitário - Mecânica.* Editora Blucher, 2018
  - R.P. Feynman, R.B. Leighton, and M.L. Sands. *Lições de Física de Feynman.* Bookman, 2008