Guia de Leitura do Marion – versão em português

Vito R. Vanin, julho de 2016

Nosso livro texto é uma tradução da 5ª edição inglesa do Marion. Neste guia, além de orientá-lo na leitura dos capítulos que abordaremos na disciplina, apontarei alguns erros de física ou de tradução que possam atrapalhar a compreensão do texto.

Capítulo 2. *Mecânica Newtoniana – partícula única*

2.1 Introdução

O autor atribui à mecânica a tarefa de fornecer a dinâmica das partículas, que não corresponde à minha interpretação. Minha opinião é que a Mecânica busca prever, explicar e descrever o *movimento* de objetos cuja *dinâmica* seja *conhecida* – o porquê das interações fundamentais não integra o escopo da mecânica.

2.2 Leis de Newton

O autor não atribui um significado muito importante à 1ª Lei de Newton. Penso, ao contrário, que ela é muito importante porque define o que é um *referencial inercial*, condição necessária para a validade da 2ª e 3ª leis; esse assunto é discutido, por exemplo, por (Kleppner & Kolenkow, 2014), cap. 2 e (Nussenzveig, 2013), cap. 4. Além disso, ao chamar a atenção que a *velocidade* é a grandeza constante quando não há interação, aponta para o fato de que as interações mudam a *velocidade*. Nesse sentido, a 2ª lei traz de novo, principalmente, a ideia de que existe uma grandeza que modula a alteração do movimento pela força, que é a massa, uma medida da inércia à mudança do estado de movimento do objeto; o fato da força ligar-se à derivada temporal da velocidade está quase implícita na 1ª lei. No conjunto, a 1ª e 2ª leis mostram que a aceleração de um objeto é a mesma em ***todos*** os referenciais inerciais da natureza, o que é um fato surpreendente – haja invariância! Essa propriedade pode ser encarada como a principal característica da mecânica clássica e que, em certo sentido, a define.

Corrija o triste erro de tradução na 2ª linha da pg. 45, quando discute a aplicabilidade da 3ª lei de Newton. "A lei ~~não~~ se aplica quando a força exercida por um objeto pontual é direcionada ao longo da linha que conecta os objetos. " No original, o autor enfatizou que a lei vale exatamente nessa situação e o tradutor trocou a ênfase pela negação.

2.3 Sistemas de referência

Sem comentários.

2.4 Equação do movimento para uma partícula

Na página 49, o autor apresenta sua estratégia de solução dos problemas de mecânica. Gostaria de completar os itens 1 e 2 com os seguintes procedimentos:

- *Escolha o(s) sistema(s) de referência necessários à descrição do movimento.* Certifique-se que são inerciais e, se não forem, determine as forças fictícias associadas à sua escolha.
- *Atribua sinais às grandezas cinemáticas que forem dadas no problema de acordo com sua escolha dos referenciais.* Assim, ao resolver as equações de movimento, os sinais das grandezas resultantes indicarão as coordenadas,

velocidades e acelerações corretas. Isso evita a prática inadequada de atribuir sinais aos resultados, o que depende da intuição, facilmente equivocada exatamente nos problemas mais difíceis, em que a solução tem mais interesse.

- *Sempre deixe claro o significado de cada um dos símbolos que adotou.* Em particular, identifique se a grandeza é um vetor ou um escalar; nesse último caso, deixe claro se ela é definida positiva ou algébrica com sinal. Evite adotar grandezas definidas negativas, deixe claro que o símbolo representa uma grandeza positiva e adicione um sinal para que ela corresponda de maneira apropriada à situação do problema. Quando usar um vetor, tome cuidado particular em caracterizá-lo como tal, por exemplo com uma flecha sobre o símbolo da grandeza, e não o confundir com o módulo nem uma eventual projeção, uma vez que essas duas últimas grandezas são escalares, não vetoriais.

A seção 2.9 do livro (Kleppner & Kolenkow, 2014) apresenta um esquema de solução dos problemas de mecânica newtoniana que também é interessante.

> EXEMPLO 2.2. Na pg. 50, note que a eq. (2.12) é correta se acompanhada do texto que a precede; se você a tirar do contexto, ela pode induzir a erro. Assim, prefiro definir a força de atrito e a normal como *vetores* e escrever
>
> $$\left|\vec{f}_{at}\right| \leq \mu\left|\vec{N}\right|$$
>
> em que $\mu > 0$. De qualquer modo, essa relação não estabelece o sentido da força de atrito, que sempre resiste ou se opõe ao movimento *entre as superfícies em contato* (veja que em muitas máquinas e no caminhar das pessoas, o atrito é o *responsável* pelo movimento e costuma ter a *mesma direção* do deslocamento do centro de massa).

Corrija o erro de tradução da página 52, últimas duas linhas do 1º parágrafo sob o título **Efeitos das forças de retardo**, que deveriam estar assim: “Para fins de simplificação, a dependência em v^2 é adotada para velocidades ***até*** a velocidade do som”.

As 3 linhas de texto da página 53 imediatamente acima da figura correspondem à leitura do gráfico 2.3(c) e explicam muito mal o que se observa. Nesse trecho, o autor pretende chamar a atenção que esse gráfico parece um polinômio de grau maior ou igual a 2 para $v < 400$ m/s e uma reta, para velocidades mais altas. Além disso, parece que os gráficos das figuras 2.3 (c) e (d) são experimentais e não calculados pela equação 2.21, como está no texto.

> EXEMPLO 2.4. Note que a gravidade foi desligada – em um experimento na Terra, é difícil produzir o movimento discutido nesse problema. No entanto, ele é útil para discutir os detalhes matemáticos envolvido. Aliás, o autor deixou passar que a função logaritmo exige um número puro como argumento e a velocidade é uma grandeza física dimensional. Depois da equação (2.23), o autor conclui que $C_1 = \ln v_0$ (saiu impresso $C_1 = \mathrm{In}\, v_0$ por engano, corrija, troque I por l), mas prefiro evitar essa definição e usar integrais definidas, assim:
>
> $$\int_{v_0}^{v} \frac{dv'}{v'} = -k \int_{t_0}^{t} dt'$$

$$\ln v - \ln v_0 = -k(t - t_0)$$

$$\ln \frac{v}{v_0} = -k(t - t_0)$$

que deixa claro que *sempre* calcularemos o logaritmo de uma grandeza adimensional, a razão entre a velocidade em *t* e a inicial.

Note o truque usado no exemplo 2.4:

$$v \frac{dv}{dx} = \frac{dv}{dt}$$

que vale sempre nos movimentos *em uma dimensão*.

EXEMPLO 2.5. Ele apresenta a mesma dificuldade com as dimensões físicas que o exemplo 2.4. Note o absurdo dimensional da segunda das equações (2.29), em que uma exponencial (adimensional, portanto) está relacionada com a gravidade, dimensional. Sugiro fazer

$$\frac{1}{k} \ln(kv' + g)\Big|_{v_0}^{v} = -(t - t_0)$$

$$\frac{(kv + g)}{(kv_0 + g)} = e^{-k(t - t_0)}$$

$$kv + g = (kv_0 + g)\, e^{-k(t - t_0)}$$

que evita passar por igualdades dimensionalmente incorretas.

EXEMPLO 2.6. A frase imediatamente depois da eq. (2.31b) fica melhor assim: "*Ignore* a altura da arma e *adote* $x = y = 0$ em $t = 0$. Como a escolha do sistema de referência é arbitrária, não há razão para supor nada, assim o termo *adote* é mais apropriado. A ideia de desprezar aplica-se a emoções; o que fazemos é considerar que a altura da arma não influi significativamente no resultado, assim não a levamos em conta, ou seja, *ignoramos* esse valor.

Na página 61, item ***Método Numérico***, note que ele não conta como resolveu a equação, apenas que a resolveu para muitos valore de *k* – inútil buscar no texto o método de solução.

EXEMPLO 2.8. Faltam uns símbolos na 3ª linha do enunciado do problema: "... e os gráficos de y, $\dot{x}$ e $\dot{y}$ versus tempo..." ($\dot{x}$ e $\dot{y}$ foram perdidos na tradução). Na pg. 63, linha 9, "... mostrada na figura 2.10 – a..." (não fig. 2.1-a, como consta). Nesse parágrafo mesmo, o texto fala em incluir a força ascensional (veja figura 2.3-a para o diagrama de corpo livre em que essa força está representada), mas não diz que modelo usou para ela.

EXEMPLO 2.9. Note o uso do mesmo sistema de referência para as duas massas. Você, porém, não está obrigado a fazer isso. Do jeito que está no livro é mais fácil, por que as equações (2.66) e (2.67) têm exatamente a mesma forma, o que não aconteceria se fossem usados sistemas diferentes para as duas massas.

EXEMPLO 2.10. O movimento descrito pela partícula é uma **hélice**, e não espiral, como está no texto.

2.5 Teoremas de conservação

Como a palavra “momento” tem muitos significados, o nome quantidade de movimento linear” é muito adequado em português, apesar de comprido, porque deixa claro que o produto $m\vec{v}$ quantifica o movimento da partícula. Na pg. 68, no final da linha seguinte ao item I faltou um “a”: “...aplica-se **a** cada componente...”.

Apesar de que “quantidade de movimento angular” é um nome adequado, vou chamar a quantidade $\vec{r} \times \vec{p}$ de *momento angular*, simplesmente, e vou abreviar “quantidade de movimento linear” por *quantidade de movimento*. Assim, ficamos com nomes mais curtos e completamente distintos para essas duas grandezas, mas sempre que houver alguma dúvida sobre qual é a grandeza referida, vou usar o nome completo.

Na pg. 69, depois de 2.84, “Se **F** é a força resultante líquida...” e não como está.

2.6 Energia

O autor explora a aplicação da equação da energia mecânica na previsão e explicação do movimento de uma partícula sujeita apenas a forças conservativas, quando, então, ela é constante. Nessa situação, costuma ser mais fácil partir da equação da energia que da 2ª lei de Newton. De fato, a energia é uma *integral do movimento*, de modo que normalmente se chega a uma equação de movimento que é uma equação diferencial de 1ª ordem, muito mais fácil de integrar do que a 2ª lei de Newton, de 2ª ordem. Corrija o texto da 2ª linha da pg. 75: “Se colocarmos a esfera *à esquerda ou à direita* de $x = x_0$ ...”. Essa seção termina com a importante equação

$$U = \frac{1}{2}kx^2 \quad (2.102)$$

válida aproximadamente para a maioria dos sistemas em que $x = 0$ é um ponto de equilíbrio.

Na pg. 76, logo abaixo da figura, corrija o texto: “Supomos que a polia que sustenta a massa m_2 seja pequena...” e não como está. Note que corrigi dois erros: na descrição (a massa da polia é pequena, não m_2) e na gramática (suponha que seja, o verbo ser vai obrigatoriamente no condicional com suponha).

EXEMPLO 2.13. Na 4ª linha, o autor chama os pontos em que o movimento inverte como “pontos de reversão”; eu prefiro “pontos de inversão”.

2.7 Limitações da mecânica newtoniana

Na 3ª linha, “...com qualquer precisão desejada...” e não como está.

Bibliografia

Kleppner, D., & Kolenkow, R. (2014). *An Introduction to Mechanics* (2a ed.). Cambridge University Press.

Nussenzveig, H. (2013). *Curso de Física Básica.* São Paulo: Ed. Blucher.