ERRATA

Introdução à Mecânica Clássica

Ilya Lvovich Shapiro & Guilherme de Berredo Peixoto
LF Editora, São Paulo, 2011

Esta *Errata* contém correções para o nosso livro. Gostaríamos de agradecer aos alunos e colegas que indicaram os erros na primeira edição. Prestamos nossa gratidão especial à Profa. Elena Konstantinova que incentivou este trabalho e também fez grande contribuição para correção de erros.

Queremos mencionar que a segunda edição do livro está em fase de preparação e incluirá todas as correções e também um novo Capítulo com uma introdução à Hidrodinâmica.

Capítulo 2

Página 10:
Ao final da página, onde se lê *Podemos inverter a relação (2.5)*, a referência correta é à segunda equação antes da Eq. (2.5), a saber:

$$\mathbf{v}(t) = \dot{\mathbf{r}}(t) = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = \hat{\mathbf{i}}\frac{dx}{dt} + \hat{\mathbf{j}}\frac{dy}{dt} + \hat{\mathbf{k}}\frac{dz}{dt} = \dot{x}\hat{\mathbf{i}} + \dot{y}\hat{\mathbf{j}} + \dot{z}\hat{\mathbf{k}}\,.$$

Página 16:
A última frase deve ser corrigida para *Escolhemos o instante inicial* $t = 0$ *no qual a partícula tem coordenadas* $x(0) = R$ *e* $y(0) = 0$.

Página 20:
Falta um fator 2 na terceira equação, que deve ser escrita na forma

$$x = (\tan\alpha - \tan\beta)\frac{2v_0^2\cos^2\alpha}{g}\,.$$

A expressão correta para a quarta equação da mesma página é

$$\alpha = \frac{1}{2}\arccos(\operatorname{sen}\beta) = \frac{90^o + \beta}{2}\,.$$

Página 23:
A expressão para o raio-vetor também deve ser incluída na resposta do Exercício 2:

$$\mathbf{r} = r\hat{\mathbf{n}}_r + z\hat{\mathbf{k}}\,.$$

Página 24:
No item (b) do Exercício 4, a propriedade mencionada é a Eq. (2.26).

Página 27:
As respostas corretas do Exercício 8 são

$$\textit{(a)}\quad x = \frac{R}{\sqrt{10}}\cos\omega t\,,\quad y = \frac{3R}{\sqrt{10}}\cos\omega t\,,\quad z = R\,\mathrm{sen}\,\omega t\,,$$

$$\textit{(b)}\quad r = \sqrt{x^2+y^2} = R\big|\cos\omega t\big|\,,\quad z = R\,\mathrm{sen}\,\omega t \qquad \textit{(c)}\quad r = R\,,\quad \theta = \frac{\pi}{2} - \omega t\,.$$

Em ambos os casos *(b)* e *(c)* temos

$$\begin{aligned}
\varphi &= \arctan 3 \quad \text{para} \quad \frac{(2n-1)\pi}{2\omega} \le t \le \frac{(2n+1)\pi}{2\omega} \\
\varphi &= \arctan 3 + \pi \quad \text{para} \quad \frac{(2n+1)\pi}{2\omega} \le t \le \frac{(2n+3)\pi}{2\omega}\,,\quad n = 0, 1, 2, 3, ...
\end{aligned}$$

Página 28:
No Exercício 9, a equação que deve ser deduzida é a (2.24), ao invés da (2.15). No Exercício 10, pede-se para calcular o raio da trajetória, quando o termo mais preciso é *raio de curvatura da trajetória*.

Página 30:
A observação correta após a Eq. (2.36) é que o cachorro alcançará a raposa para o caso $u > v$, ao contrário do caso $u \le v$.

Página 35:
No item (a) do exercício, ao final da página, o correto é pedir que se verifique apenas a fórmula (2.44).

Página 36:
No item (d) do segundo exercício, o texto mais apropriado é: *Verifique o resultado para o vetor* $\mathbf{l}_4$ *usando a Equação (2.44).*

Capítulo 3

Página 50:
A Eq. (3.6) com notação mais apropriada é

$$\mathbf{F}_{12} \,=\, -G\,\frac{m_1 m_2}{r^2}\,\hat{\mathbf{r}}\,, \quad \text{onde} \quad \hat{\mathbf{r}} \,=\, \frac{\mathbf{r}_{12}}{r}\,, \quad r = |\mathbf{r}_{12}|\,.$$

A Eq. (3.7) correta é

$$\mathbf{a}_1 = \frac{\mathbf{F}_{21}}{m_1} \,=\, \frac{G\,m_2\,\hat{\mathbf{r}}}{r^2}\,.$$

Página 57:

No exemplo 2, é mais específico e apropriado pedir que se considere o movimento do projétil somente até ele parar, no ponto mais alto.

Página 61:
Na primeira linha abaixo primeira equação, a notação correta empregada deve ser $d(\omega^2)$ ao invés de $d\omega^2$. A forma correta da Eq. (3.26) é

$$\frac{1}{2}\,\ln\left|\frac{\cos\alpha/2\,-\,1}{\cos\alpha/2\,+\,1}\right| \,=\, f(t-t_0)\,.$$

A Eq. (3.27) deve ser reescrita na forma

$$\alpha \,=\, 2\arccos\left(\frac{e^{2f(t-t_0)}-1}{e^{2f(t-t_0)}+1}\right)\,.$$

Página 63:
A resposta correta do Exercício 2 é

Resposta: *(a)* $x = \dfrac{v_0\cos\varphi}{\alpha}\big(1-e^{-\alpha t}\big)\,, \quad z = -\dfrac{gt}{\alpha}+\dfrac{1}{\alpha}\Big(v_0\,\mathrm{sen}\,\varphi+\dfrac{g}{\alpha}\Big)\,\big(1-e^{-\alpha t}\big)\,.$

Página 64:
Na última equação, falta multiplicar a expressão maior pela constante G.

Página 65:
A segunda equação deve ser reescrita com notação mais apropriada:

$$d\mathbf{F}(\theta) = \int_0^{2\pi} d\mathbf{F}(\theta\,,\varphi) = \int_0^{2\pi}\frac{d\mathbf{F}}{d\varphi}d\varphi\,.$$

Página 66:
O limite superior de integração na segunda equação é π ao invés de 2π. Na linha a seguir, a mudança de variáveis correta é

$$x = z^2 + R^2 - 2zR\cos\theta\,, \qquad dx = 2zR\,\mathrm{sen}\,\theta d\theta\,,$$

onde $x(0) = (R-z)^2$ e $x(\pi) = (R+z)^2$.

Página 68:
A resposta correta do item (b) do Exercício 4 é $v(x) = \sqrt{g(x)\,x}$.

Página 75:
Na resposta do Exercício 8, a equação da qual se faz referência deve ter a forma $\mathbf{a}_2 = -(M/m)\mathbf{a}_1$.

Página 79:
Na segunda linha da solução do Exemplo 2, a expressão do empuxo deve aparecer sozinha, sem identificação com mg.

Página 80:
Na equação (3.50), falta o fator g:

$$a = \frac{4m_1m_2 - M(m_1+m_2)}{4m_1m_2 + M(m_1+m_2)}g\,.$$

Página 88:
Na solução do Exercício 3, o que se deve dizer na segunda linha é que é útil *definir* $y = 0$ e $x = 0$ no ponto mais baixo do fio. Na mesma página, as duas últimas linhas devem ser substituídas por

Usando a solução $x = a\,\mathrm{senh}\,\lambda t$, encontramos o tempo necessário: $t_n = \sqrt{\frac{b}{g}}\,\mathrm{arcsenh}\left(\frac{b}{a}\right) = \sqrt{\frac{b}{g}}\,\ln\left(\frac{b}{a} + \sqrt{1+\frac{b^2}{a^2}}\right)$.

Capítulo 4

Página 95:
O somatório da Equação (4.11) deve ser em i e não em τ.

Página 96:
Na solução do Exemplo 3, deve ser adicionado o sinal “$-$”ao diferencial $d\mu$

para representar corretamente a perda de uma porção infinitesimal de combustível.

Página 100:
Tanto no item (a) quanto na última linha do item (d), a expressão correta para ω é

$$\omega = \frac{qB}{m}\,.$$

A integral adequada do item (d) é

$$\Delta\mathbf{P} = \int_t^{t+\Delta t} m\dot{\mathbf{v}}dt'\,.$$

Página 103:
Na resposta do Exercício 2, as expressões corretas para x_1 e x_2 são

$$\begin{aligned} x_1 &= -\frac{M}{m+M}\Big(L + A\cos\omega t\Big) + X\,, \\ x_2 &= \frac{m}{m+M}\Big(L + A\cos\omega t\Big) + X\,, \end{aligned}$$

Página 104:
A resposta correta do item (a) do Exercício 4 deve ser escrita na forma

$$\textit{(a)}\quad \mathbf{V}_c = \frac{v_0}{3}\left(5\hat{\mathbf{i}} + 2\hat{\mathbf{j}} + 8\hat{\mathbf{k}}\right).$$

Capítulo 5

Página 108:
A equação (5.7) com notação adequada se escreve

$$\mathbf{r}\cdot d\mathbf{r} = \frac{1}{2}\,d(\mathbf{r}\cdot\mathbf{r}) = \frac{1}{2}\,d(r^2) = r dr\,.$$

Página 116:
A primeira equação deve ser escrita com sinais corretos:

$$dW = \mathbf{F}_{at}\cdot d\mathbf{r} = -\mu mg\,\frac{d\mathbf{r}\cdot d\mathbf{r}}{dr} = -\mu mg\,\frac{dr^2}{dr} = -\mu mg dr\,,$$

da mesma forma que a equação logo abaixo:

$$W_{12} = -\int\limits_{(L)} \mu mg\,dr = -\mu mgL\,.$$

Páginas 119 e 120:
No enunciado do Exercício 2, é mais adequado considerar os casos $n = 2$ e $n = 3$ ao invés dos casos $n = -2$ e $n = 3$. As respostas, logo na página seguinte, devem ser então

$$\begin{array}{llcl} (a) & U(r) & = & \dfrac{r^{2-n}}{n-2} + cte \quad \text{para} \quad n \neq 2\,; \\ & U(r) & = & -\ln\left(\dfrac{r}{r_0}\right) \quad \text{para} \quad n = 2\,. \\ (b) & U(r) & = & \dfrac{1}{\alpha}\, e^{-\alpha r} + cte\,. \end{array}$$

Ainda na página 120, as respostas corretas para o Exercício 3 são
(a) Para o campo ser central, é necessário que $a = b = c$ e também $n = 2$.
(b) $n = 2$, $a = b = c$ e $a > 0$.
No Exercício 5, a resposta correta para o trabalho é

$$W_{12} = \frac{50\, m\, v_0^2}{t_0^2}\left(t_2^2 - t_1^2\right).$$

Capítulo 6

Página 130:
A resposta do item (a) do Exercício 2 deve ser "errada".
As respostas corretas às perquntas do Exercício 3, que devem ser rotuladas pelas letras (a), (b) e (c), são
(a) $W_F = FL\cos\varphi$; $\quad W_{atrito} = -\mu(Mg - F\,\text{sen}\,\varphi)\,L$; $\quad W_{grav} = 0$.
(b) $\varphi = \arctan\mu$.
(c) Não.

Página 136:
Na linha anterior ao Exemplo 4, o valor numérico adequado para v_2 é $11,4 \cdot 10^3 m/s = 11,4\, km/s$.

Página 138:
A resposta correta para o Exercício 6 é

$$a_M = \frac{2m - 4M}{4M + m}\, g = -2a_m\,.$$

Página 139:
A resposta correta para o Exercício 8 é $\frac{5}{48}\, ML^2\,\omega^2$.

Página 143:
Na equação imediatamente acima da Eq. (6.20), a massa m deve ser substituída por m_1.

Página 146:
A expressão correta para P_1' na solução do Exercício 4 é

$$P_1' = \left[m_1^2 V^2 + \mu^2 v^2 + 2m_1 \mu v V \cos\theta_{2\max}\right]^{1/2} .$$

Capítulo 7

Página 156:
O texto logo após a Eq. (7.15) até a Eq. (7.16) deve ser substituído por:

Consequentemente, $q_0^2 + v_0^2/\omega_0^2 = A^2$, *logo*

$$A = \sqrt{q_0^2 + \frac{v_0^2}{\omega_0^2}} .$$

Finalmente, as relações

$$\operatorname{sen}\varphi = -\frac{v_0}{A\omega_0} , \qquad \cos\varphi = \frac{q_0}{A}$$

sempre permitem definir φ.

Vamos calcular a energia mecânica do oscilador e verificar explicitamente que ela é constante. Usando os resultados acima, podemos obter

$$\begin{aligned} K &= \frac{mv^2}{2} = \frac{m\dot{q}^2}{2} = \frac{mA^2\omega_0^2}{2} \operatorname{sen}^2(\omega_0 t + \varphi) , \\ U &= \frac{kq^2}{2} = \frac{kA^2}{2} \cos^2(\omega_0 t + \varphi) . \end{aligned}$$

Lembrando que $m\omega_0^2 = k$, *concluimos a verificação*:

$$E = K + U = mA^2\omega_0^2 = cte.$$

Página 159:
Na solução do Exercício 2, a última equação deve ser corrigida para

$$T = 2l\sqrt{2m} \int_0^{\varphi_0} \frac{d\varphi}{\sqrt{E - 2mgl \operatorname{sen}^2\frac{\varphi}{2}}} = \sqrt{\frac{32\, l^2\, m}{E}}\, F\Big(\frac{\varphi_0}{2} , \sqrt{\frac{2mgl}{E}}\Big) .$$

Página 162:
Nas respostas do Exercício 7, a expressão para φ deve possuir um sinal negativo. Nas respostas do Exercício 8, a expressão correta para φ_1 é

$$\varphi_1 = -\text{arcsen}\left(v_0\sqrt{\frac{m}{2E}}\right).$$

As respostas corretas dos itens (a) e (b) do Exercício 9 têm a forma

$$(a) \qquad C_1 = q_0\,, \quad C_2 = \frac{v_0}{\omega_0}\,;$$
$$(b) \qquad C_1 = \pm\sqrt{\frac{2}{\omega_0^2\, m}\left(E - \frac{p_0^2}{2m}\right)}\,, \quad C_2 = \frac{p_0}{\omega_0\, m}\,;$$

Página 163:
Na Figura 7.5, a legenda deveria referir-se ao Exercício 11.
O item (a) do enunciado do Exercício 12 não é conveniente, devendo portanto ser desconsiderado. A resposta do exercício é

$$\omega_0^2 = \frac{g}{2l}\,\text{sen}\,\varphi_0 + \frac{k}{m}\left(\frac{1}{2}\cos\varphi_0 + \frac{1}{4}\,\text{sen}\,\frac{\varphi_0}{2}\right).$$

Página 164:
Na legenda da Figura 7.6, a referência correta é ao Exercício 12.
O item (a) do enunciado do Exercício 13 deve ser reformulado para $U(x) = \frac{U_0}{2}\cos\frac{x}{L}$, e o item (d) para $U(x) = \frac{4x}{3L}\sqrt{e}\,U_0 e^{-\frac{x^2}{2L^2}}$.

Página 168:
O enunciado do Exercício 6 deve ser reformulado para:
Repita as considerações do exercício anterior, para o caso de uma grande viscosidade, dada por $\lambda = 2\omega_0$.

Página 177:
Na dica do Exercício 3, a expressão correta para ω_2^2 deve ser $\omega_2^2 = \mu/m + g/L$.

Capítulo 8

Página 195:
O parâmetro L que aparece na última equação da página 194 é o comprimento do pêndulo.

Página 207:
O item (a) do Exercício 4 se refere a uma *partícula livre*.

Capítulo 9

Página 221:
A última equação deve ser escrita de forma mais clara:

$$\pm\, d\varphi \;=\; d\,\mathrm{arccos}\left\{\frac{2\beta}{\sqrt{\alpha^2+4\beta E}}\cdot(u-\frac{\alpha}{2\beta})\right\}.$$

Página 223:
As Eqs. (9.21) e (9.22) devem ser escritas corretamente nas respectivas formas:

$$\theta \;=\; \pi - 2\varphi \;=\; \pi - 2\ \arctan\left(\frac{2Eb}{\alpha}\right),$$

e

$$\theta \;=\; \pi - 2\varphi \;=\; \pi - 2\ \arctan\left(\frac{2Eb}{|\alpha|}\right).$$

Páginas 236 e 237:
Todo o texto que compreende desde o último parágrafo que se inicia na página 236 até a linha da página seguinte que termina numa nota de rodapé deve ser substituído pelo seguinte texto:

Note que $\mathbf{A}\cdot\mathbf{B} = A_1B_1 + A_2B_2 + A_3B_3$ *é invariante sob rotações* Λ*, o que pode ser facilmente verificado levando-se em consideração a transposição das relações (A.22). Observe que* $\Lambda^t = \Lambda^{-1}$*.*

Páginas 239 e 240:
As referências à Eq. (A.24), no último parágrafo da página 239 e na sexta linha da página seguinte devem ser reformuladas no sentido de se fazer referência às transpostas das Eqs. (A.22).
Na página 240, a Eq. (A.34) deve ser escrita com notação mais apropriada:

$$\mathrm{div}\,\mathbf{A} = \nabla\cdot\mathbf{A} = \frac{\partial A_1}{\partial x} + \frac{\partial A_2}{\partial y} + \frac{\partial A_3}{\partial z}\,.$$