

Terceira Lei de Newton: Uma Abordagem Didática Diferenciada para Alunos do Ensino Médio no Estudo de Sistema de Blocos

Newton's Third Law: A Differentiated Teaching Approach for High School Students in the Study of Block Systems

Daniel do Nascimento Ladeira

Aluno de ensino médio do Centro Educacional da Lagoa
Aluno de iniciação a pesquisa científica

Prof. Dr. Rafael de Vasconcellos Clarim

Graduado em física, engenharia elétrica e matemática.

Mestre e doutor em Física

Professor auxiliar do terceiro grau no Centro Universitário São José

Professor de ensino médio das instituições Centro Educacional da Lagoa e Colégio Curso Intellectus

O estudo das Leis de Newton é um assunto comum em todas as matrizes curriculares de Física no ensino médio. Normalmente, elas são apresentadas na 1ª série do ensino médio e são revisitadas na 3ª série, a fim de preparar os alunos para os vestibulares, concursos e outras possíveis avaliações na qual eles serão submetidos. O presente artigo pretende apresentar um olhar não convencional para essas leis, com um destaque para a terceira lei.

Isaac Newton foi uma das mentes mais brilhantes das ciências da natureza e da matemática. Seu trabalho *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* (mais difundido no meio acadêmico pelo título de *Principia*), publicado em 1687, é uma das obras científicas mais importantes de toda história da humanidade [1]. Reale e Antiseri [2], em sua obra *História da Filosofia: Antiguidade e Idade Média*, mencionam que o Principia "foi um dos acontecimentos mais importantes de toda a história da física (...) o ponto culminante de milhares de anos de esforços para compreender a dinâmica do universo".

A primeira lei de Newton é conhecida como o princípio da Inércia: "Todo corpo mantém o seu estado de repouso ou de movimento uniforme segundo uma linha reta, se não for compelido a mudar o seu estado por forças nele impressas". Além disso, o estado inercial de um corpo está muito atrelado a sua massa. Como dito por Silva [3], inércia "é a propriedade que os objetos têm de opor resistência à aceleração" e massa "é uma medida da inércia. Ela mede a quantidade de matéria do objeto (...) é uma grandeza escalar e sua unidade no Sistema Internacional é o quilograma (kg)". Esses conceitos são essenciais para o entendimento das demais leis e a aplicações na mecânica clássica.

A segunda lei de Newton, conhecida como o princípio fundamental da dinâmica, diz que: "A mudança na quantidade de movimento é proporcional à força motora impressa e faz-se na direção da linha reta segundo a qual a força motora é impressa". Nesse contexto, faz-se necessário definir o conceito de força. A NASA [4] define força como "qualquer agente externo que modifica o movimento de um corpo livre ou causa deformação num corpo fixo". A força é uma grandeza vetorial, pois depende do módulo, direção e sentido para ser caracterizada (além de sua respectiva unidade de medida). No formalismo matemático, podemos escrever a segunda lei de Newton, como a derivada temporal do vetor quantidade de movimento, ou ainda, o produto da massa do corpo e a aceleração adquirida através do somatório vetorial do conjunto de forças aplicadas sobre ele, ou seja:

$$\vec{F}_R = \frac{d\vec{p}}{dt} = m\vec{a}$$

(1)

Onde:

- \vec{F}_R é o vetor força resultante (Unidade SI: Newtons, N)
- \vec{p} é o vetor quantidade de movimento (Unidade SI: quilograma metro por segundo, kg.m/s)
- t é o tempo (Unidade SI: segundos, s)
- m é a massa (Unidade SI: quilograma, kg)
- \vec{a} é o vetor aceleração (Unidade SI: metro por segundo ao quadrado, m/s²).

Ao propor essa lei, Newton não forneceu imediatamente essa expressão para defini-la, pois detinha o conhecimento matemático apenas da lei da gravitação universal, que lhe era suficiente até então, pois seu foco inicial era apenas o estudo dos corpos celestes. Porém, Feynman [5], em sua obra, diz que "se não existisse nada além da gravitação, então a combinação dessa lei (da gravitação) e a lei da força (a segunda lei do movimento) seria uma teoria completa". As relações das demais forças da natureza podem ser obtidas através da segunda lei de Newton e seu entendimento pode ser mais facilmente descrito por ela.

A terceira lei de Newton, conhecida como lei da ação e reação, diz que: “Toda ação possui uma reação correspondente, de mesmo módulo e direção, mas sentido oposto ao da ação original”[6]. É importante mencionar que só existe a configuração do par ação e reação quando essas forças atuam em corpos distintos.

Para aplicar os conceitos definidos pelas leis de Newton, é essencial definir algumas forças importantes da dinâmica, que são as forças Peso, Normal e Tração[7].

A força peso é ação do centro da Terra atraindo os corpos que possuem massa. Sua relação matemática é definida por:

$$\vec{P} = m \cdot \vec{g}$$

(2)

Onde:

- \vec{P} , é o vetor força peso (Unidade SI: Newtons, N)

- m , é a massa (Unidade SI: quilograma, kg)

- \vec{g} , é a aceleração da gravidade (Unidade SI: metros por segundo ao quadrado, m/s²)

É importante ressaltar que a força peso é um vetor cuja direção é sempre vertical e o sentido sempre de cima para baixo.

A força normal é a reação do contato de um corpo com uma superfície qualquer. Ela é uma força que “sai” da superfície, sempre fazendo 90 graus com ela (é uma força perpendicular a superfície). Diferente da força peso, a força normal não possui uma expressão matemática específica que a define. Portanto, a força normal é obtida através da análise das outras forças que atuam no corpo.

A tração é uma força associada a cordas, cabos ou fios e é uma força que atua puxando o objeto, nunca o empurrando. Assim como no caso da força normal, a tração não possui uma expressão matemática para ser obtida, dependendo da atuação de outras forças no corpo para que ela seja determinada. O vetor tração tem direção e sentido para onde o corpo está sendo puxado.

O nosso estudo está direcionado para o problema do sistema de blocos em contato ou conectado por fios, que é um problema clássico em questões dos materiais didáticos de ensino médio e muito abordado também nos vestibulares. Nesse tipo de sistema, aplicamos as leis de Newton, bem como as forças mencionadas anteriormente.

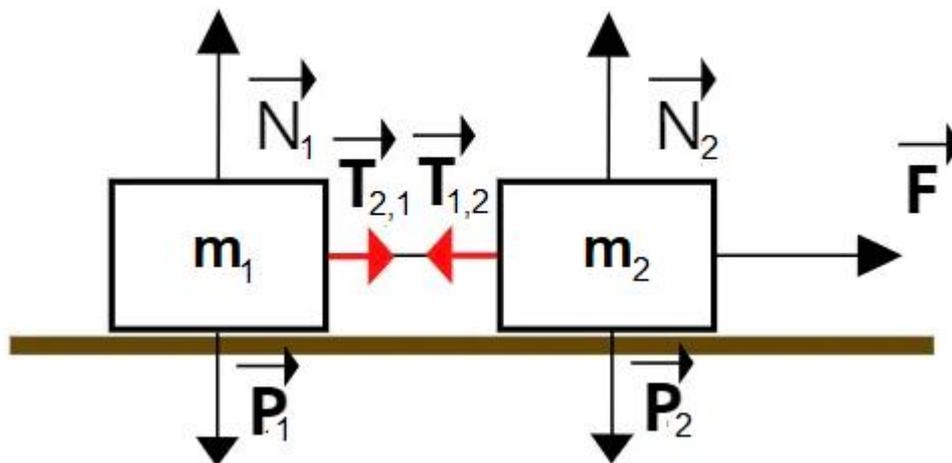


Figura 1: Sistema de dois blocos conectados por fios. Fonte: HELERBROCK[2023]

Na figura 1, vemos um sistema de dois blocos, de massas m_1 e m_2 , conectados por um fio (de massa desprezível), submetidos a ação de uma força \vec{F} em uma superfície perfeitamente lisa. As forças \vec{P}_1 e \vec{P}_2 são, respectivamente, os pesos dos corpos m_1 e m_2 e as forças \vec{N}_1 e \vec{N}_2 são, respectivamente, as reações normais do contato dos corpos m_1 e m_2 com a superfície e $\vec{T}_{1,2}$ e $\vec{T}_{2,1}$ são as trações exercidas pelo fio que conecta os corpos m_1 e m_2 . É importante ressaltar que as trações são iguais em módulo ($T_{1,2} = T_{2,1} = T_1$).

Um método tradicional de estudo desse sistema de blocos baseia-se no cálculo prévio da aceleração do conjunto para poder determinar a força de tração (ou a força de interação do contato entre os blocos) [8]. Para determinar essa aceleração, consideramos todas as massas envolvidas como sendo um corpo único (com a massa total sendo o somatório das massas) e aplicamos a segunda lei de Newton, ou seja:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m_1 + m_2} \quad (3)$$

De posse da aceleração, podemos aplicar a 2ª lei de Newton para qualquer um dos blocos e obter assim a tração no fio

- Pelo bloco m_1 :

$$\vec{T}_{2,1} = m_1 \cdot \vec{a} \quad (4)$$

- Pelo bloco m_2 :

$$\vec{F} - \vec{T}_{1,2} = m_2 \cdot \vec{a} \quad (5)$$

Com isso, sabendo todos os valores envolvidos no problema, podemos determinar a tração do fio pelas equações (4) e (5).

Nossa proposta, no presente artigo, baseia-se em calcular a tração do bloco sem o cálculo prévio da aceleração do conjunto. Para o caso do sistema de 2 blocos, conforme ilustrado na figura 1, as equações (4) e (5) podem ser reescritas como:

- Bloco m_1 :

$$\vec{T}_{2,1} = m_1 \cdot \frac{\vec{F}}{m_1 + m_2} \quad (6)$$

- Bloco m_2 :

$$\vec{F} - \vec{T}_{2,1} = m_2 \cdot \frac{\vec{F}}{m_1 + m_2} \quad (7)$$

Nesse contexto, estendendo o estudo para um sistema de n blocos conectados por fios, podemos suprimir a aceleração da análise da segunda lei de Newton, no formato

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (8)$$

Onde o índice i representa cada uma das massas envolvidas no problema.

Levando em consideração que em um sistema de n blocos conectados por fios, teremos $n - 1$ forças de tração para serem calculadas, podemos determinar cada uma das trações de cada um dos fios, utilizando a expressão:

$$\vec{T}_j = \left(\frac{\sum_{k=1}^j m_k}{\sum_{i=1}^n m_i} \right) \vec{F} \quad (9)$$

Onde o índice j representa cada um dos fios de conexão dos blocos, adotando o critério que o valor $j = 1$ representa o fio de conexão ao bloco mais distante da aplicação da força \vec{F} e $j = n - 1$ representa o fio de conexão ao bloco mais próximo ao da aplicação da força \vec{F} .

Esse método pode ser estendido também para análise de blocos em contato (sem a presença de um fio), onde a equação (9) representaria a força de interação entre os blocos.

A análise proposta da determinação da tração dos blocos, sem um cálculo direto da aceleração, foi observado em aula pelo aluno Daniel do Nascimento Ladeira e aplicado para alunos da 1ª série do colégio CEL Intercultural School, do município do Rio de Janeiro – RJ. Essa metodologia auxiliou na aprendizagem desse conteúdo, no qual o entendimento

dos alunos foi muito mais facilitado, fazendo com que eles obtivessem um elevado desempenho acadêmico nas avaliações e nos exercícios propostos.

Referências

- [1] NEWTON, I. Principia. Editora da USP, São Paulo, 2002.
- [2] REALE, G. ANTISERI, D. História da Filosofia: Antiguidade e Idade Média. São Paulo: Paulus, 1990. Vol. 1.
- [3] SILVA, D. C. M. Inércia, massa e força; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/inercia-massa-forca.htm>. Acesso em 03 de outubro de 2023.
- [4] NASA; Earth Observatory Glossary, disponível em: <https://web.archive.org/web/20080411085905/http://eobglossary.gsfc.nasa.gov/Library/glossary.php3?mode=alpha&seg=f&segend=h> . Acesso em 03 de outubro de 2023
- [5] FEYNMAN, R. P. Lições de Física. Porto Alegre: Bookman, 2008
- [6] PIETROCOLA, M. et. al. Física em Contextos: Pessoal, social e histórico. 1ª ed. São Paulo: FTD, 2010, VOL 1.
- [7] PENTEADO, P.C. M.; TORRES, C. M. A. Física – Ciência e Tecnologia – volume único. 1ª Ed. São Paulo: Moderna, 2001.
- [8] HELERBROCK, R. "Como resolver exercícios sobre as leis de Newton?"; Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/como-resolver-exercicios-sobre-as-leis-newton.htm>. Acesso em 31 de outubro de 2023.