



Universidade Federal do Pará
Instituto de Ciências Exatas e Naturais
Faculdade de Física

Atividade de Física Básica I
Prof. Isaac Torres
2023.4

O conceito mecânico de Massa e o Princípio da Equivalência

Referências:

- [1] H.M. Nussenzveig. *Curso de Física Básica, 1: Mecânica*. 5.ed. São Paulo, Blucher, 2013.
- [2] O.C. Castellani. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. v. 23, n. 3 (2001). Disponível em <https://www.scielo.br/j/rbef/a/qNW57LLv44WdN8zsWLhzBbQ/?format=pdf&lang=pt>
- [3] O.A. Acevedo, E.M. de Moraes, B.M. Pimentel. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. v. 41, n. 3 (2019). Disponível em <https://www.scielo.br/j/rbef/a/Dgp-ZPgsqXkFb6ySWwVDZb6r/?format=pdf&lang=pt>

Descrição das Atividades:

1. Leitura do Artigo [2] completo.
2. Leitura do Artigo [3] apenas Seções 1, 2 e 5.
3. Com base na leitura de ambos os artigos, responder ao questionário da página a seguir, feito de forma manuscrita (à mão).
4. Não repita os enunciados, apenas apresente as respostas enumeradas, assim como nas outras listas.

1. Na Ref. [1], na Seção 4.3, o autor apresenta a 2ª Lei de Newton e, a partir dela, define o que é a massa inercial. Encontre o trecho exato e interprete o texto para falar de forma explícita o que é a massa inercial, segundo o autor. Se necessário, consulte também a seção 13.7, na qual o autor reescreve a mesma ideia com outras palavras.
2. Mais adiante, ainda na Ref. [1], Seção 4.4, o autor discute o significado da 2ª Lei e nessa discussão ele apresenta mais algumas características dessa massa inercial. Faça essa leitura para resumir, de forma enumerada, quais são essas características.
3. Na Ref. [2], Seção III, é apresentada a segunda lei de Newton, na sua formulação original e na forma matemática que, como o próprio artigo comenta, foi apresentada por L. Euler. Explique como podemos concluir que a forma da equação (1) de [2] pode ser deduzida a partir do enunciado original de Newton, utilizando o conceito de quantidade de movimento.
4. Na seção 13.7 da Ref. [1], é apresentado o conceito de massa gravitacional. Explique o que é esse conceito, de acordo com o autor, de forma resumida, ignorando a diferença entre massa gravitacional ativa e passiva, apenas a diferença de massa inercial.
5. Na Seção 2.1 da Ref. [3], é apresentado o que seria a formulação de Galileu do Princípio da Equivalência. Explique este conceito com base na sua leitura, se perguntando o seguinte: quando foi feito? Em que livro? Qual problema Galileu estava resolvendo? Em que conteúdo de física básica, seja da cinemática seja da dinâmica tangenciamos esse princípio descoberto por Galileu? Como podemos apresentar essa ideia usando uma equação bem simples que traduza numa linguagem moderna o seu princípio de equivalência?
6. Na Seção 2.2 da Ref. [3], é apresentada a formulação de Newton do Princípio da Equivalência. Após a definição de massa e os comentários, os autores nos apresentam a Proposição VI do Livro III dos Principia de Newton. Os autores interpretam essa proposição para apresentar a eq. (1). No entanto, não é apresentada uma justificativa completa de como podemos sair da Proposição VI para a equação (1). Leia e interprete a Proposição VI e a justificativa do artigo e expanda essa justificativa para que ela seja mais minuciosa, de forma que fique mais justificada tal proporcionalidade, apresentada na eq. (1) do artigo [3]. Ignore a questão de $k = 1$, pois ela poderia, em princípio, ser resolvida por uma escolha de unidades.
7. A seguir, os autores afirmam que essa igualdade entre massa inercial e massa gravitacional conduz à universalidade da queda livre, que seria a formulação de Galileu do Princípio da Equivalência. É feita então uma dedução. Parta da eq. (2), que supomos já ter sido justificada o suficiente neste ponto. O artigo, porém, resume alguns passos. Apresente essa dedução de forma mais completa, da eq. (2) para a equação (5), comentando o porquê de podermos escrever as equações (3) e (4) (que leis são essas) e complete os passos que estão faltando, ou seja, explique como podemos escrever (3) e (4) para duas partículas A e B e como isso leva à equação (5).
8. Mais adiante no texto, os autores utilizam a equação (5) para fazer o seguinte argumento: como a aceleração (tanto da partícula A como da B) só depende da razão das

massas inercial e gravitacional, essa razão se confunde com a definição de g . Como assim? Explique melhor esse argumento.

9. Descreva e explique o Princípio da Equivalência forte de Einstein, apresentado na Seção 2.3 da Ref. [3]. Se necessário, consulte outras fontes e cite-as (apenas artigos ou livros). Dica: busque pelo exemplo do elevador.
10. A formulação de Einstein do Princípio da Equivalência forte enfrenta um problema conceitual, em relação à homogeneidade do campo. Explique melhor esse problema e diga qual o conceito que estava faltando e como esse conceito resolve o problema. Seção 2.3 de [3].