

Universidade Federal do Pará
Centro de Ciências Exatas e Naturais
Departamento de Física
Laboratório Básico I

Experiência 07

MASSA INERCIAL E MASSA GRAVITACIONAL

1. OBJETIVOS

Ao término da experiência o aluno deverá ser capaz de:

- a. Determinar as massas inercial e gravitacional de um corpo desconhecido.
- b. Estabelecer a relação entre massa inercial e massa gravitacional.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

A lei de Newton da gravitação universal estabelece que existe uma força de atração entre duas partículas de qualquer massa, dirigida ao longo da linha que as liga, cujo módulo é diretamente proporcional a cada uma das duas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas. Isto pode ser expresso pela equação

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

sendo G a constante de proporcionalidade, chamada de *Constante de Gravitação*, cujo valor determinado experimentalmente é $6,6726 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{Kg}^2$, sendo sua incerteza $0,0005 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{Kg}^2$. É importante acentuar que as forças gravitacionais entre duas partículas constituem um par ação-reação. A primeira partícula exerce sobre a segunda uma força dirigida ao longo da linha que une as partículas e vice-versa, suas forças tem o mesmo módulo e sentidos opostos.

Sabemos que a força gravitacional sobre um corpo é proporcional a sua massa, desse modo, podemos medir uma massa, medindo-se a força gravitacional que se exerce nela. Podemos fazer isso usando um dinamômetro ou uma balança, ou seja, podemos determinar a massa de um corpo pesando-o, esta massa é chamada *massa gravitacional*.

Uma outra maneira de medirmos massa é usando a *2ª Lei de Newton*, usando um bloco que esteja em repouso sobre uma superfície horizontal sem atrito. Para empurrar este bloco é necessário algum esforço, o bloco parece inerte e tende a manter-se em repouso, ou, se estiver em movimento tende a conservar-se assim. A gravidade não entra aqui. Seria necessário o mesmo esforço para acelerar o bloco numa região onde não houvesse gravidade, ou seja a força que atua nesse bloco é dada por

$$\mathbf{F} = m\mathbf{a}$$

e a massa determinada por este método é chamada *massa inercial*.

Surge então a seguinte pergunta: *A massa gravitacional e a massa inercial são iguais?* Vejamos:

Consideremos duas partículas A e B de massas gravitacionais m'_A e m'_B sobre as quais atuam uma partícula C de massa gravitacional m'_C . Suponhamos que a partícula C esteja a uma distância r das outras, então

$$F_{AC} = G \frac{m'_A m'_C}{r} \quad \text{e} \quad F_{BC} = G \frac{m'_B m'_C}{r}$$

serão as forças gravitacionais que C exerce em A e B respectivamente. A razão entre as duas forças é

$$\frac{F_{AC}}{F_{BC}} = \frac{m'_A}{m'_B}$$

se C for a terra, F_{AC} e F_{BC} são os pesos dos corpos e portanto

$$\frac{P_A}{P_B} = \frac{m'_A}{m'_B}$$

e podemos concluir que os pesos dos vários corpos, no mesmo local da superfície terrestre, são proporcionais as suas massas gravitacionais. Vamos supor que medimos m_A e m_B das partículas A e B por meio de uma experiência dinâmica. Depois disso vamos deixar esses corpos caírem para a terra e medir suas acelerações, verifica-se experimentalmente que dois corpos de massas inerciais diferentes caem com a mesma aceleração g , proveniente da atração gravitacional da terra, isto é, seus pesos, e usando-se a 2º. lei do movimento, tem-se que

$$P_A = m_A \cdot g \quad \text{e} \quad P_B = m_B \cdot g$$

logo

$$\frac{P_A}{P_B} = \frac{m_A}{m_B}$$

com isso

$$\frac{P_A}{P_B} = \frac{m_A}{m_B} = \frac{m'_A}{m'_B}$$

ou seja

$$\frac{m_A}{m_B} = \frac{m'_A}{m'_B} \quad \implies \quad \frac{m'_A}{m_A} = \frac{m'_B}{m_B} = 1$$

esta igualdade ou proporcionalidade é conhecida como *Princípio da Equivalência* e constitui o fundamento da teoria da relatividade generalizada de Einstein (1916).

3. MATERIAL UTILIZADO

- Haste metálica
- Massas aferidas
- Mola
- Cronômetro
- Escala milimetrada
- Corpos de massas desconhecidas
- Balança

4. ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

01. Prenda a régua na haste metálica, coloque a mola, marque o ponto de referência da mola não distendida.

02. Coloque cinco valores diferentes de massas aferidas, um a um, preenchendo a tabela abaixo.

<i>Massa (Kg)</i>	<i>Força (N)</i>	<i>x (cm)</i>	<i>k (N/m)</i>

03. Coloque o corpo de massa desconhecida na mola e desloque levemente da posição de equilíbrio para que ele execute M.H.S.

04. Meça, com um cronômetro, o tempo para 10 oscilações completas.

05. Repita o item 4 cinco vezes e calcule o tempo médio das oscilações.

06. Utilizando a expressão

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

calcule a massa do corpo.

07. A massa calculada na atividade anterior é a *massa inercial* ou a *massa gravitacional*? Justifique.

08. Leve o corpo desconhecido à balança e meça sua massa.

09. A massa da atividade 8 é *inercial* ou *gravitacional*? Justifique.

10. Qual a razão entre essas massas?

11. Calcule o erro encontrado ($\delta E = \left| \frac{V_T - V_E}{V_T} \right| 100\%$)

12. Explique a diferença entre *massa inercial* e *massa gravitacional*.

5. BIBLIOGRAFIA

1. RESNICK, R. , HALIDAY, D. , *Fundamentos da Física*, Volumes I e II, 6ª Edição, Livros Técnicos Científicos, 1996
2. SERWAY, R. A., *Física*, Volumes I e II, , 3ª Edição, Livros Técnicos e Científicos, 1992.
3. RAMOS, Luis Antônio Macedo, *Física Experimental*, Porto Alegre, Mercado Aberto, 1984.
4. DANO, Higinio S., *Física Experimental I e II*, Caxias do Sul, Editora da Universidade de

Caxias do Sul, 1985.

5. SILVA, Wilton Pereira, CLEIDE M. D. , *Tratamento de Dados Experimentais*, 2ª Edição, João Pessoa, Editora Universitária, 1998.

6. VUOLO, Jose Henrique, *Fundamentos da Teoria de Erros*, 2ª Edição, Editora Edgar BLUCHER

5. CRUZ, Carlos H. B., FRAGNATO H. L., *Guia para Física Experimental*, Instituto de Física Universidade Estadual de Campinas - Unicamp, 1997

7. GOLDEMBERG, JOSÉ, *Física Geral e Experimental*, Volume I.