

Experimento do Pêndulo de Torção Gravitacional (Balança de Cavendish)

Projeto inicial

F609 - Tópicos de Ensino de Física I

Professor: José Joaquín Lunazzi

Aluno: Marcelo Hideki Watanabe (RA: 156530)

Orientador: Prof. Dr. Richard Landers

Unicamp

03/05/2019

Objetivo

O experimento tem como principal objetivo a verificação da ação da força gravitacional entre esferas de chumbo usando uma montagem da balança de Cavendish, bem como procurar uma estimativa para a constante gravitacional G . Além disso, buscamos tornar o experimento mais acessível e didático facilitando o uso da montagem em situações como numa sala de aula fazendo-a relativamente pequena e móvel, baseada num modelo comercial (ref. [6]).

Discussão Histórica

O pêndulo de torção foi originalmente inventado por John Michell em 1795 com o propósito de estimar a densidade da Terra, e foi modificado por Henry Cavendish em 1798. Tal montagem também permitiu que Coulomb verificasse as forças de atração e repulsão elétricas e magnéticas.

A balança feita por Cavendish consiste basicamente numa haste fina suspensa horizontalmente por um fio com duas esferas de chumbo, uma em cada extremidade. A haste tem liberdade de rotacionar em torno do eixo do fio, ficando sujeita ao torque gerado pelo cisalhamento do fio, dependendo da rotação. Além disso, outras duas esferas maiores de chumbo eram colocadas ao lado das esferas menores, para gerar nessas uma força gravitacional, que move a haste de forma a aproximar as esferas de tamanhos diferentes. No fio, logo acima da haste, é posicionado um pequeno espelho que indica, com o uso de um laser, a rotação gerada no sistema pelas forças mencionadas. Tudo isso é feito dentro de uma câmara que isola o mecanismo, para que esse não seja afetado efeitos externos, como correntes de ar ou efeitos térmicos. Com os dados específicos dos materiais usados e com o movimento da haste, mensurado a partir do deslocamento do laser, pode-se então estimar a densidade e massa da Terra, resultado do qual também pode-se obter o valor de G .

O resultado obtido por Cavendish completa a fórmula da gravitação universal proposta por Isaac Newton mais de um século atrás,

$$F = G \frac{mM}{d^2}$$

onde m e M são os valores das massas de dois corpos, d a distância entre eles, G a constante gravitacional, e F a força de atração entre os corpos gerada pela gravidade.

O papel publicado sobre o experimento reflete o interesse no potencial de precisão do método utilizado e na consideração de erros, e é um indicador da crescente “ciência das medidas precisas”, que ganhou mais força no século seguinte.

Assim, o experimento marca um ponto importante na história da ciência e apresenta uma alternativa interessante no campo do ensino, uma vez que a gravitação muitas vezes é ensinada com foco exclusivo nas questões astronômicas ou locais da superfície terrestre, onde as interações gravitacionais entre objetos da escala cotidiana são negligenciadas ou esquecidas (ver ref. [5]).

Planejamento do Trabalho

A montagem do experimento (pêndulo de Cavendish) será uma versão simples baseada num modelo comercial (ref. [6]), e terá modificações no design conforme se mostrarem apropriadas ou necessárias.

Inicialmente, procuraremos fazer uma montagem mais simples das partes principais do pêndulo, sem nos preocupar com a estrutura externa, que isolará a haste e o fio de possíveis correntes de ar, sendo que o objetivo desse primeiro momento é apenas tentar montar as peças internas e garantir que elas funcionam adequadamente, além de adquirir conhecimento das limitações do sistema para que possamos adaptar as partes restantes de acordo.

Considerando o que já foi realizado e descrito em ocasiões anteriores a respeito da balança de Cavendish para a disciplina de F609, acreditamos que seja interessante o uso de materiais mais apropriados para o mecanismo interno da balança, como um fio de Tungstênio, para suspender a haste, e esferas de chumbo, tanto nas pontas da haste como para os pesos laterais. Também, consideramos implementar um mecanismo que usa parafusos para prender as pontas do fio, em vez de usar nós.

Com isso, faremos os primeiros testes em ambiente controlado para verificar a sensibilidade de balança. Conforme julgemos viável, podemos continuar com a produção das esferas grandes de chumbo e com a montagem da estrutura externa (em formato de caixa com partes transparentes para visualização, a priori), que encapsulará a balança.

Assim, dependendo da sensibilidade final obtida, poderemos tentar estimar a constante gravitacional G , a partir da medida do período de oscilação ou da posição de estabilidade da haste na presença das esferas grandes em relação à inicial (sem as esferas grandes).

Referências

- [1] https://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem1_2006/MauroR_Lunazzi_RPA.pdf
- [2] https://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem2_2006/IvanS-Lunazzi_F609_RF.pdf
- [3] <http://www.if.ufrgs.br/historia/cavendish.html>
- [4] <https://sciencedemonstrations.fas.harvard.edu/presentations/cavendish-experiment>
- [5] DUCHEYNE, S. (2011). The Cavendish Experiment as a Tool for Historical Understanding of Science. Springer Science+Business Media B.V.
- [6] https://www.3bscientific.com.br/product-manual/1003337_PT.pdf