

## **PIBID FSC/UFSC**

# **Plano inclinado de Galileu**

**Murilo M Costa & Eliana Rautenberg.**

### **1. Introdução**

A mecânica newtoniana tal qual aprendemos no ensino médio dos dias correntes não nasceu pronta, mas resultou de uma série de contribuições científicas que se desenvolveram através da história em diferentes lugares e momentos. O somatório de informações que se desenvolveu até meados de 1500, possibilitou a Isaac Newton formular as suas leis e desenvolver a física newtoniana que estudamos até os dias de hoje. Não é evidente ao estudante, entretanto, essa visão histórica do desenvolvimento da ciência, de modo que a análise dos estudos que antecedem a Newton, ou seja, a física aristotélica e a física de Galileu, permitem ao aluno uma visão mais ampla da construção da física.

O roteiro em questão visa explicar o plano inclinado de Galileu, no entanto àqueles que apresentarem o experimento não esqueçam de que existem controvérsias a respeito da formulação do mesmo e as respectivas conclusões que ele traz. Para alguns historiadores, Galileu formulou racionalmente a proporcionalidade entre distância percorrida com o quadrado do tempo levado durante o deslocamento, e apenas constatou sua formulação com o experimento; para outros ele teve um caráter mais empírico e retirou suas conclusões a partir do experimento.

### **2. Objetivos**

O roteiro visa explicar o plano inclinado de Galileu desde a sua montagem até os resultados que ele fornece.

### **3. Material e montagem**

A simplicidade dos materiais utilizados é acompanhada, em contrapartida de uma montagem sofisticada. Nesse plano inclinado recorreremos a um marceneiro a fim de poder ter um bom acabamento na madeira e obter um equipamento esteticamente aceitável, entretanto àqueles que tiverem o interesse em montar sozinho a ideia é basicamente o de uma gangorra.

Foram utilizadas duas ripas de madeira de 2x2x160 cm fixas paralelamente, com um espaço de 3cm entre elas, sobre uma tábua de madeira de 2x7x160 cm, onde em uma das ripas há uma fita métrica de 150 cm(figura 2). Esta parte é apoiada em uma haste de madeira de 97 cm fixada verticalmente, presa por um eixo(figura 3) de modo que possibilita a inclinação da tábua para qualquer ângulo. Após escolhido o ângulo desejado o eixo é preso por um parafuso cabeça de borboleta(figura 4). Na parte inferior, duas tábuas sobrepostas, uma de 33x23 cm e outra 40x30 cm, onde é fixa a haste horizontal. A madeira utilizada é a madeira de construção convencional. Todos os recortes devem ser solicitados ao marceneiro que facilmente irá reproduzi-los na madeira.



Figura 1



Figura 2



Figura 3



Figura 4

#### **4. Desenvolvimento**

Podemos nos perguntar por que alguém teria em mente construir um plano inclinado e a seguir deixar cair sobre o mesmo uma esfera medindo o seu tempo de queda? Ou melhor, porque Galileu faria um invento deste? Para alguns historiadores ele teria feito esse tipo de experimento para verificar a proporcionalidade entre a distância percorrida e o quadrado do tempo; para outros historiadores essa proporção foi resultado da construção do equipamento, no entanto o que existe de fato é que havia um problema com a física aristotélica vigente na época e que Galileu empreendeu esforços para preencher algumas lacunas da física aristotélica.

Para Aristóteles o mundo é dividido entre os mundos supra e sublunar, onde o mundo supralunar está associado com a perfeição dos corpos com formas esféricas e movimentos circulares e é constituído pelo éter. No mundo sublunar temos os quatro elementos os movimentos não são os circulares, pois estes são associados com o mundo perfeito supralunar, mas os movimentos são divididos entre o natural e o violento. Assim corpos pesados tem o movimento natural vertical para baixo se for um corpo pesado e para cima se for um corpo leve; os movimentos violentos são aqueles que violam essa tendência natural dos corpos. No sistema aristotélico os movimentos são em linha reta e a velocidade é proporcional à força aplicada assim podemos perceber que a parábola, que uma pedra descreve ao ser arremessada, não tem explicação na física de Aristóteles.

Em 1604 Galileu envia uma carta ao papa Paolo Sarpi afirmando que um corpo em movimento natural aumenta de velocidade proporcionalmente à distância de seu ponto de origem, entretanto no livro “Discursos e demonstrações matemáticas sobre duas novas ciências” ele corrige essa afirmação, contida na carta dirigida ao papa, afirmando que a velocidade é



proporcional ao tempo e não à distância de queda. Acreditando na simplicidade da natureza Galileu associa uma aceleração constante no movimento de queda dos corpos definindo a mesma da seguinte maneira:

*“Quando, portanto, observo uma pedra que cai de uma certa altura a partir do repouso e que adquire pouco a pouco novos acréscimos de velocidade, por que não posso acreditar que tais acréscimos de velocidade não ocorrem segundo a proporção mais simples e mais óbvia? Se considerarmos atentamente o problema, não encontraremos nenhum acréscimo mais simples do que aquele que sempre se repete da mesma maneira. O que entenderemos facilmente, se considerarmos a estrita afinidade existente entre o corpo e o movimento: do mesmo modo, com efeito, que a uniformidade do movimento se define e se concebe com base na igualdade dos tempos e dos espaços (com efeito, chamamos movimento uniforme ao movimento que em tempos iguais percorre espaços iguais), assim também, mediante uma divisão de tempo em partes iguais, podemos perceber que os aumentos de velocidade acontecem com simplicidade; concebemos no espírito que um movimento é uniformemente acelerado quando, em tempos iguais quaisquer adquirem aumentos iguais de velocidade”.*

Mas como colocar a prova essas conclusões, através de representações geométricas utilizando triângulos retângulos Galileu mostra que a distância é proporcional ao quadrado do tempo:  $d \propto t^2$

Assim com a equivalência de algumas relações agora podemos medir a distância em função do tempo o que é mais fácil de realizar uma vez que Galileu não poderia medir a velocidade na época. Na queda livre de um objeto existe uma dificuldade grande para medir-se o tempo de queda do mesmo, com o intuito de amenizar esse problema Galileu recorre a um possível experimento: o plano inclinado.

*“Numa ripa, ou melhor, dito, numa viga de madeira com um comprimento aproximado de 12 braças, uma largura de meia braça num lado e três dedos no outro, foi escavada uma canaleta neste lado menos largo com pouco mais de um dedo de largura. No interior desta canaleta perfeitamente retilínea, para ficar bem polida e limpa, foi colocada uma folha de pergaminho que era polida até ficar bem lisa; fazíamos descer por ela uma bola de bronze duríssima perfeitamente redonda e lisa. Uma vez construído o mencionado aparelho ele era colocado numa posição inclinada, elevando sobre o horizonte uma de suas extremidades até a altura de uma ou duas braças, e se deixava descer (como afirmei) a bola pela canaleta anotando, como exporei mais adiante, o tempo que empregava para uma descida completa: repetindo a mesma experiência muitas vezes, para determinar exatamente a quantidade de tempo, na qual nunca se encontrava uma diferença nem mesmo da décima parte de uma batida de pulso. Feita e estabelecida com precisão tal operação, fizemos descer a mesma bola apenas por uma quarta parte do comprimento total da canaleta; e, medido o tempo de queda, resultava ser sempre rigorosamente igual a metade do outro. Variando a seguir a experiência, e comparando o tempo requerido para percorrer todo o comprimento com o tempo requerido para percorrer metade, ou os três quartos, ou, para concluir, qualquer outra fração, através de experiências repetidas mais de cem vezes, sempre se encontrava que os espaços percorridos estavam entre si como os quadrados dos tempos e isso em todas as inclinações do plano, ou seja, da canaleta, pela qual se fazia descer a bola.”*

Devemos ter em mente que não há indício de que tal experimento tenha sido realizado efetivamente por Galileu, portanto ficamos apenas com a especulação sobre o seu feito.