

## LABORATÓRIO DE MECÂNICA

(Laboratório criado pelo prof. Dr. Ivanor Nunes de Oliveira e desenvolvido sob sua orientação)



**Conjunto de fotos 1 - Laboratório de Mecânica**

## Relação dos trabalhos propostos no Laboratório de Mecânica

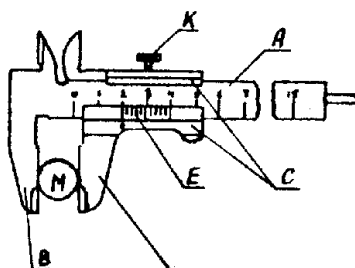
### Trabalho de Laboratório No. 1

#### MEDIÇÕES DAS DIMENSÕES GEOMÉTRICAS E DA DENSIDADE DE CORPOS DE FORMA REGULAR

##### Objetivos do trabalho.

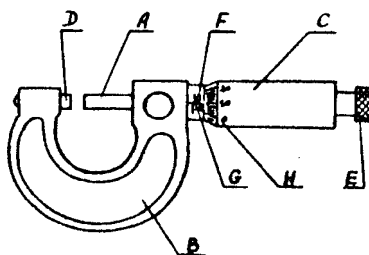
1. Familiarização dos estudantes com os instrumentos e aparelhos nos quais são utilizadas as escalas dos nônios para o aumento da precisão das medições.
2. Aquisição pelos estudantes das habilidades das medições precisas de grandezas físicas e das habilidades da elaboração estatística de dados obtidos experimentalmente.

Abaixo, são dadas figuras ilustrativas do paquímetro e do micrômetro.



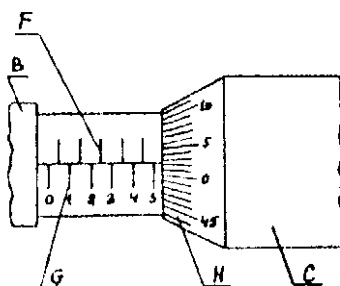
**Fig. 1- Paquímetro**

A passadeira C pode deslocar-se ao longo da régua A. Quando os apoios B e D são ajuntados, o zero da régua e o zero do nônio devem coincidir. Para se medir o comprimento, a largura ou o diâmetro de um objeto M, este é inserido entre os apoios, um dos quais se move até encostar-se no objeto e é fixado com o parafuso K. Depois disto, fazendo-se a leitura pelas escalas fundamental e do nônio, a dimensão do objeto é determinada.



**Fig. 2- Micrômetro**

O parafuso micrométrico A passa através do orifício do grampo B, em cuja parte cilíndrica estão inseridas duas escalas lineares longitudinais F e G. Em frente do parafuso micrométrico, no grampo tem-se o apoio D. No parafuso micrométrico está fixado um tambor cilíndrico oco C na parte anterior do qual está inserida uma escala circularmente H. Juntamente com o giro do parafuso micrométrico A, o extremo do tambor C desliza-se, em movimento de translação, ao longo das escalas lineares F e G.



**Fig. 3- Escalas do micrometro**



Os números (1) e (2) indicam a base metálica e o suporte vertical sobre os quais o pêndulo foi construído, (4) indica o suporte horizontal onde se encontram o motor (3) de manipulação do ângulo de oscilação. A caixa de regulação do comprimento da linha do pêndulo é composta por um motor (5) ligado ao conjunto de engrenagens (6) que move o eixo com os carretéis (7) nos quais a linha é enrolada. A haste móvel (8) leva a esfera do pêndulo até o ângulo desejado. A construção da haste também permite abaixar ou suspender o suporte do eletroímã (9), que prende e solta a esfera na posição determinada. O sensor infravermelho (10) próximo ao eletroímã serve para verificar se a esfera encontra-se parada sobre o mesmo, enquanto a chave *push-button* (11) indica se o suporte do eletroímã está em sua posição inicial. Na parte superior da haste foi colocado o motor que controla a posição do eletroímã (12). O eixo fixo com contrapeso regulável (13) diminui o torque necessário para a inclinação da haste de dado ângulo. Quando a haste encontra-se em ângulo  $0^\circ$ , a chave (14) fica pressionada indicando que ela está em sua posição inicial. O período das oscilações é capturado pelo sensor infravermelho (15), toda vez que a linha passa por este um pulso será enviado para o microcontrolador que determinará o período de oscilação do pêndulo. Outro módulo da maquete está montado sobre uma base com pés niveladores (16). Sua estrutura é composta por um sistema (17) de guia para o carrinho (18) que sustenta a bandeja de esferas (19). A bandeja possui dois movimentos, o primeiro é feito por um motor que aciona o carrinho (20), aproximando ou afastando-o do pêndulo; enquanto o motor (21) executa a rotação para o posicionamento e a troca das esferas. As chaves (22) e (23) sinalizam respectivamente as posições iniciais do carrinho e da bandeja.



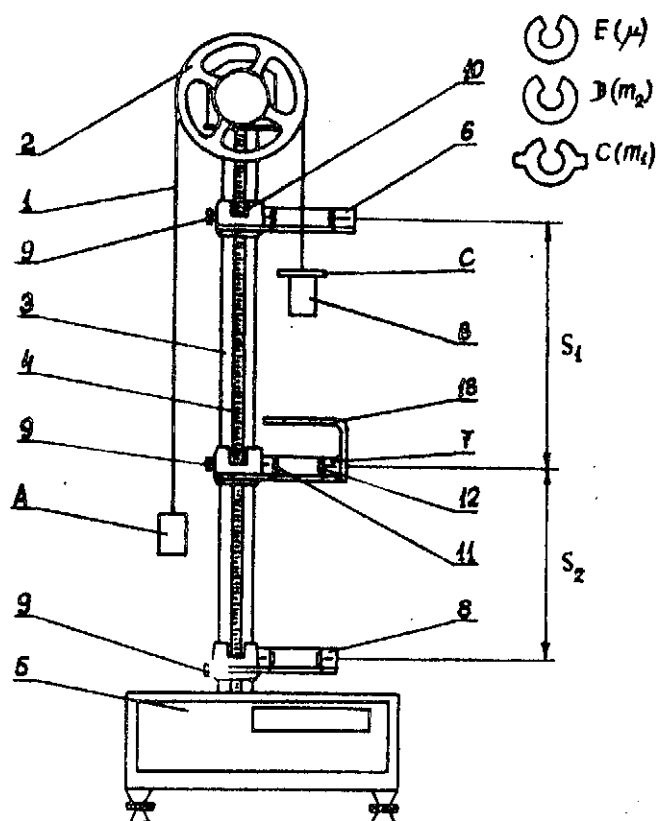
**Foto 2 - Maquete do pêndulo matemático automatizado em funcionamento no Laboratório de Mecânica da UESB construída sob a orientação do Prof. Dr. Ivanor Nunes de Oliveira.**

## Trabalho de laboratório No. 3

### ESTUDO DAS LEIS DO MOVIMENTO NA MÁQUINA DE ATWOOD

#### Objetivo do Trabalho:

1. Estudo das leis da cinemática e da dinâmica do movimento retilíneo de translação de corpos no campo gravitacional da Terra.



**Fig. 5 – Maquete da Máquina de Atwood**

Chama Máquina de Atwood a construção clássica simples, representada na figura acima, destinada ao estudo das leis do movimento linear de translação. A máquina de Atwood representa em si um sistema de duas cargas  $A$  e  $B$  de forma cilíndrica e de

massas iguais a  $M_0$ , cada, ligadas por um fio fino (Fig. 5). O fio 1 passa sobre a polia leve 2, que pode girar, com atrito não muito grande, em volta de um eixo horizontal. **A polia está fixada na parte superior do suporte vertical 3, que possui uma escala 4, graduada em centímetros.** O valor da menor divisão da escala é igual a um milímetro. O suporte está fixado numa base maciça na qual também está instalado o cronômetro eletrônico 5. Devido à igualdade das massas, as cargas  $A$  e  $B$  ficam em repouso. Tiradas do repouso, por exemplo, por meio de um leve toque de mão, elas entram em movimento uniforme. Na carga  $B$  pode ser colocada uma sobrecarga ou podem ser colocadas algumas sobrecargas de forma anelar do tipo  $E$  com diferentes massas  $\mu$ . Elas são destinadas a compensar o atrito no rolamento da polia 2. As sobrecargas do tipo  $D$ , com massa  $m_2$ , são destinadas a criar aceleração no sistema. As sobrecargas do tipo  $C$ , com diferentes massas  $m_1$ , também produzem aceleração no sistema, mas diferentemente das sobrecargas dos tipos  $D$  e  $E$ , podem ser retiradas da carga  $B$  através de um mecanismo especial durante o seu movimento. Depois disto, o movimento posterior do sistema torna-se uniforme. Para se garantir tal variedade de possíveis movimentos, na máquina de Atwood foram concebidas três plataformas 6, 7 e 8, que podem deslocar-se ao longo do suporte 3 e serem fixadas em dada posição pelo parafuso 9.

### **Plataforma 6**

A plataforma 6 destina-se a dar o início da contagem do caminho  $S_1$  que é percorrido pela carga  $B$  em movimento uniformemente acelerado. Na sua superfície lateral está inserida uma marca com a qual deve coincidir a margem inferior da carga  $B$  antes do início do movimento. A localização desta marca, em relação à escala de medição 4, é determinada por um indicador especial 10.

### **Plataforma 7**



Na plataforma 7 está instalada uma fonte de luz pequena 11 com um sensor fotoelétrico 12, destinados à ligação automática do cronômetro eletrônico no momento em que a margem inferior da carga  $B$  atravesse o plano do sensor. Esta posição está marcada por um traço na superfície lateral da plataforma 7 e por um indicador da posição na escala do caminho. Este ponto corresponde ao fim do caminho  $S_1$  do movimento uniformemente acelerado do sistema e ao início de contagem do caminho  $S_2$  do seu movimento uniforme (Fig. 5). Para retirar a sobrecarga, na plataforma 7 está fixado um anel suplementar 13, através do qual a carga  $B$  passa livremente sem as sobrecargas ou com as sobrecargas do tipo  $D$  e  $E$ . Para o estudo do movimento uniforme, na carga  $B$  é colocada uma sobrecarga do tipo  $C$  com massa  $m_1$  que possui uma forma especial. Ela, durante o movimento, não pode passar através do anel 13 e é retida por ele. A retenção da sobrecarga do tipo  $C$  é realizada exatamente no momento em que o cronômetro é ligado.

### **Plataforma 8**

A plataforma 8 é construída de forma análoga a plataforma 7, mas o seu sensor desliga o cronômetro e o indicador é fixado no final do caminho  $S_2$  percorrido pela carga  $B$  por inércia.

Durante a preparação do experimento, a carga  $B$  é colocada na posição inicial. Nesta posição, o sistema é frenado por um sistema eletromagnético especial que não permite que o bloco 2 gire.

Ao apertar o botão “iniciar”, o sistema eletromagnético de frenagem é desligado e o sistema de cargas entra em movimento acelerado. No momento em que a base da carga  $B$  inicia a passagem através da plataforma 7, o cronômetro é ligado e começa a contagem do tempo do movimento uniforme e no momento em que a base da carga  $B$  inicia a passagem pela plataforma 8, o cronômetro é desligado.



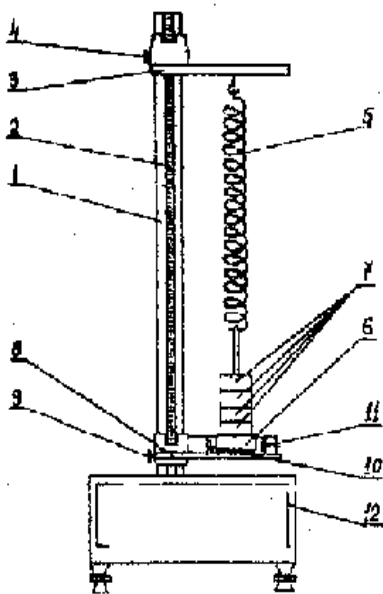
**Conjunto de fotos 3 - Maquete da Máquina de Atwood. Maquete da Máquina de Atwood automatizada (em desenvolvimento) do Laboratório de Mecânica da UESB.**

## Trabalho de Laboratório No. 4

### MEDIÇÃO DO COEFICIENTE DE RIGIDEZ DE UMA MOLA DURANTE A SUA DEFORMAÇÃO ELÁSTICA

Objetivos do Trabalho:

1. Estudo das leis de deformação elástica de um corpo sólido.
2. Familiarização com as particularidades dos processos oscilatórios.
3. Medição do coeficiente de rigidez de uma mola.



**Fig. 6 – Maquete do pêndulo de mola**

Neste trabalho de laboratório, propõe-se aos estudantes verificar a lei de Hooke ( 1 ) e medir o coeficiente de rigidez de uma mola por dois métodos. Um é chamado método estático e o outro método dinâmico. Para o estudo da lei de Hooke utiliza-se a maquete do pêndulo de mola, cuja construção é mostrada na Fig. 6. Uma barra 1, fixada numa base massiva, possui uma escala 2 de medição de distância. Na extremidade superior da barra está fixado um suporte 3. Ele é fixado na posição dada por um parafuso 4. A parte inferior do suporte possui um gancho no qual uma mola é pendurada 5. No

extremo inferior da mola é fixada uma plataforma 6 de massa  $M_0$ . Nela são colocadas cargas 7, cuja massa total é  $m_i$ . Na parte inferior da barra é fixada uma plataforma 8, que pode se mover ao longo desta. A plataforma é fixada na posição escolhida pelo parafuso 9. Na plataforma estão localizados uma lâmpada 10 e um foto-sensor 11, destinados à contagem do tempo e do número de oscilações completas do sistema. Os valores correspondentes às medições aparecem no painel do cronômetro eletrônico 12. A medição do comprimento  $l_0$  de elongação da mola sob a ação do peso da plataforma 6 e do comprimento  $l$  sob a ação do peso da plataforma com as cargas 7 é realizada através da escala 2.



**Conjunto de fotos 4 - Maquete do pêndulo mola e Maquete automatizada do pêndulo mola (em desenvolvimento)**

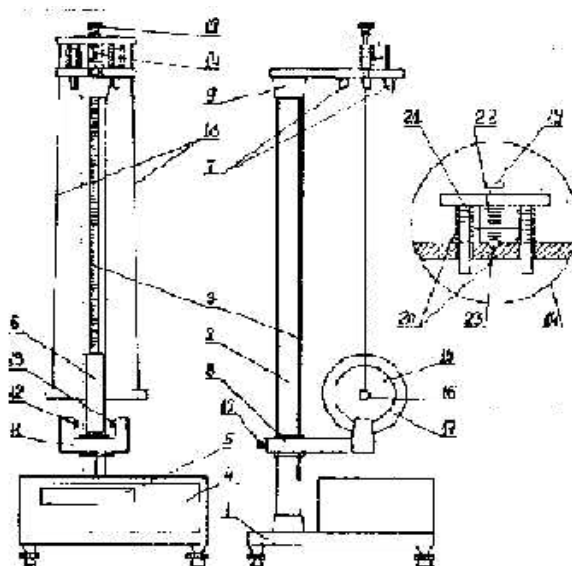
## Trabalho de Laboratório No. 5

### ESTUDO DO MOVIMENTO DO PÊNDBULO DE MAXWELL E MEDIÇÃO DO MOMENTO DE INÉRCIA COM A SUA AJUDA

#### Objetivos do Trabalho:

Estudo das leis do movimento circular de um corpo sólido (disco de Maxwell).

Determinação do momento de inércia do disco e da força de tensão da linha durante o seu movimento.



**Fig. 7 – Maquete do Pêndulo de Maxwell**

Na Fig. 7, apresenta-se o esquema da construção da maquete. Na base massiva 1 está fixado suporte vertical 2 que possui uma escala milimetrada 3 e o cronômetro eletrônico 4.

No mostrador do cronômetro está situado o indicador do intervalo de tempo medido 5 e os botões “zerar” a contagem, iniciar e interruptor. O cronômetro marca a contagem do tempo de movimento do pêndulo de Maxwell 6 desde o ponto superior

ao ponto inferior. O botão do interruptor serve para ligar a corrente do cronômetro eletrônico e do sistema eletromagnético que segura o pêndulo no momento inicial no ponto superior. O botão iniciar desliga o sistema eletromagnético e dá início à contagem do tempo de movimento do pêndulo.

No suporte vertical 2 está fixada a plataforma horizontal 8 e o suporte 9. A plataforma 8 pode mover-se livremente ao longo do suporte 2, podendo ser fixada pelo parafuso 10. Na plataforma 8 está fixado o sensor 11. Dentro do sensor, em frente ao outro, está uma pequena lâmpada 12 e o foto sensor 13. O sensor é utilizado para desligar o cronômetro no momento em que o pêndulo corta o feixe de luz, emitido pela lâmpada, que incide no foto sensor.

No suporte 9 estão fixados o sistema eletromagnético 7 e o sistema de regulação do comprimento das linhas do suporte bifilar do pêndulo de Maxwell e o dinamômetro 14.

O pêndulo 6 consiste do disco 15, fixado no eixo 16, e de três anéis diferentes 17 que podem ser encaixados no disco alternadamente. Durante as medições os anéis são ajustados, um de cada vez, no disco 15. Desta maneira, pode-se variar a massa do disco e o seu momento de inércia. O pêndulo é suspenso por duas linhas 18. Girando-se o sistema 19, aumenta-se o comprimento de uma das linhas e diminui-se o comprimento da outra. Isto permite conseguir com que o eixo do pêndulo fique na posição horizontal.

O dinamômetro mede a força de tensão da linha  $T$ , quando está imóvel, durante o seu movimento e no momento do “arranco”. Ele consiste de duas molas 20 com um ponteiro fixado nestas 21 e da escala de medição da força de tensão. Para a fixação inicial do ponteiro do dinamômetro no zero da escala, esta pode mover-se pela vertical e ser fixada na posição devida pelo parafuso 23.

## Trabalho de Laboratório No. 6

### MEDIÇÃO DA ACELERAÇÃO DE QUEDA LIVRE PELO MÉTODO BALÍSTICO

#### Objetivos do Trabalho:

1. Estudo da aplicação das leis de conservação durante a observação dos movimentos mecânicos.
2. Familiarização com o método balístico.
3. Medição da aceleração de queda livre pelo método balístico.

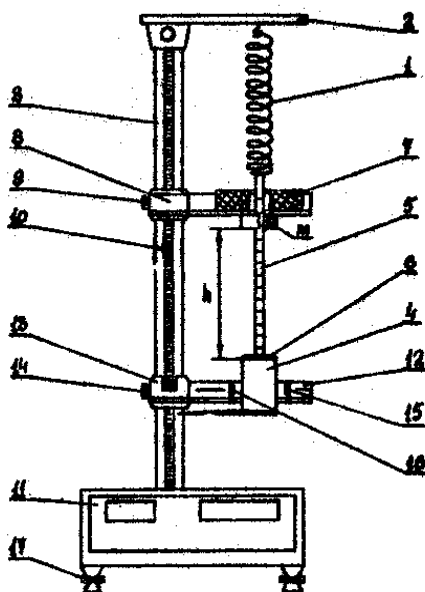


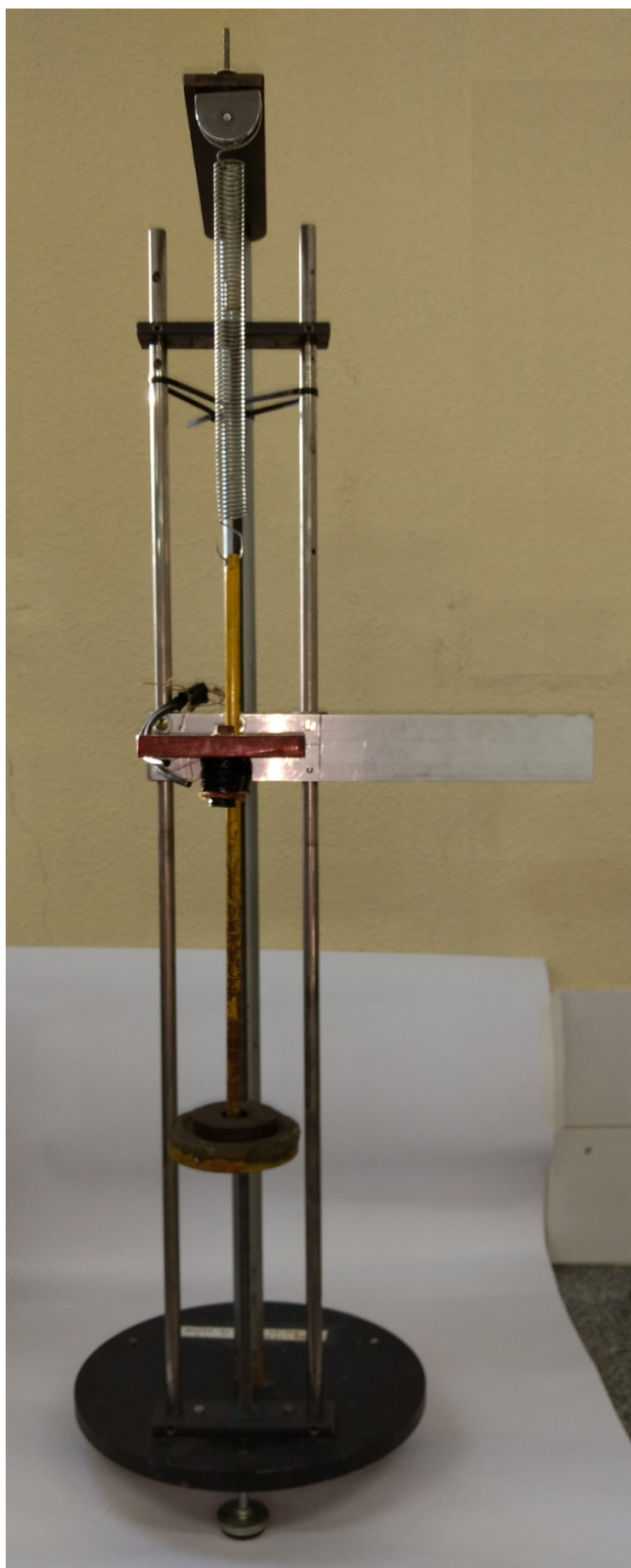
Fig. 8 - Maquete do Pêndulo balístico

O pêndulo balístico é formado por um pêndulo de mola modificado, que possui uma carga suplementar.

O trabalho de laboratório realiza-se na maquete mostrada na Fig. 8. As suas partes fundamentais consistem de: uma mola em espiral 1, feita de um arame rígido, pendurada por uma das suas extremidades num suporte horizontal 2 fixado no extremo de um suporte vertical 3. Uma plataforma cilíndrica 4 está pendurada na extremidade inferior da mola através de um eixo fino 5 de comprimento  $L$ . Na face superior da plataforma foi colocada uma camada de um material plástico viscoso ( massa de amoldar ) para garantir a característica de um choque absolutamente inelástico.

Uma carga de massa  $m$  em forma de disco com um orifício concêntrico pode se mover livremente ao longo do eixo. O diâmetro do orifício é maior que o diâmetro do eixo 5 para que durante o seu movimento não se prenda ao mesmo. Na posição inicial, a carga de massa  $m$  é sustentada por um eletroímã 7 preso sob a plataforma horizontal móvel 8 fixada no eixo vertical 3 com o parafuso 9. Para a medição da distância inicial do corpo de massa  $m$  da plataforma 4 ( altura de queda  $h$  ), no eixo 5 estão inseridas divisões com intervalo de 1 cm. A posição da plataforma 4 antes do choque e do seu deslocamento vertical depois do choque ( o valor da elongação da mola  $x_M$  ) é medida pela escala 10 que possui divisões milimétricas.





**Foto 5 - Maquete do pêndulo balístico desenvolvido no Laboratório de Mecânica da UESB.**

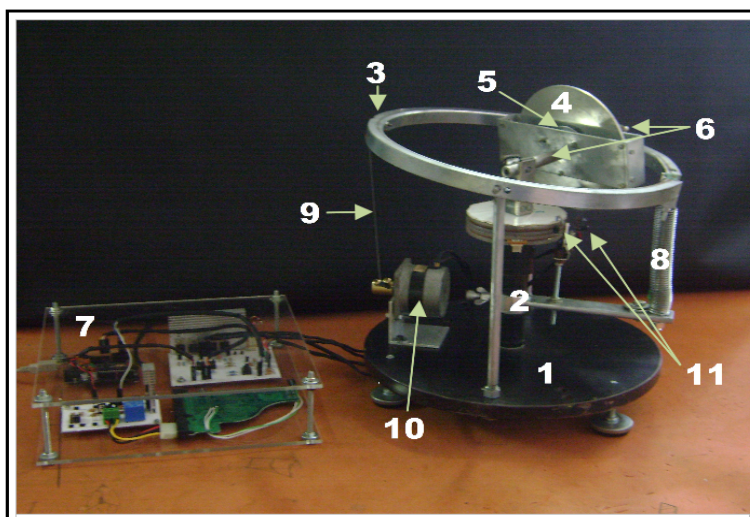
## Trabalho de Laboratório No. 7

### ESTUDO DA PRECESSÃO DE UM GIROSCÓPIO E MEDIÇÃO DA VELOCIDADE ANGULAR DA SUA ROTAÇÃO

#### Objetivos do Trabalho:

Estudo das regularidades fundamentais da precessão regular de um giroscópio simétrico no campo gravitacional da terra.

Medição da velocidade angular de rotação de um giroscópio com a ajuda da precessão.



**Figura 9 - Maquete experimental automatizada do giroscópio simétrico simples**

A maquete experimental é constituída pelas seguintes partes: 1) pedestal em forma de disco; 2) eixo central fixados verticalmente na base; 3) aro concêntrico com o eixo central; 4) disco de alumínio preso a um 5) motor Brushless DC; 6) par de eixos cilíndricos na direção do eixo geométrico do giroscópio; 7) circuito eletrônico de controle; 8) mola responsável por posicionar o giroscópio na posição de repouso após a execução do experimento; 9) fio de nylon; 10) motor de passo e 11) par de sensores de velocidade.

## Trabalho de Laboratório No. 8

### MEDIÇÃO DA ACELERAÇÃO DA FORÇA DE GRAVIDADE COM A AJUDA DO PÊNDULO REVERSÍVEL

#### Objetivos do Trabalho:

1. Verificação experimental da propriedade de reversibilidade do ponto de suspensão e do centro de oscilação do pêndulo físico.
2. Familiarização com um dos métodos de medição da aceleração da força de gravidade com a ajuda do pêndulo físico reversível.

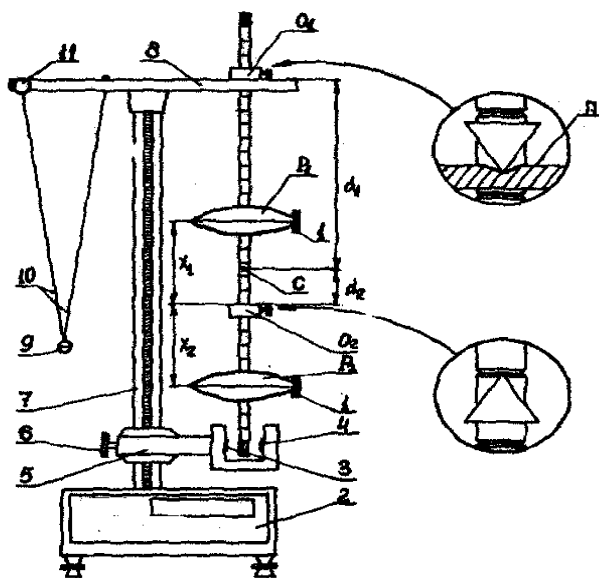


Fig. 10 – Esquema de maquete do pêndulo reversível

Para a realização deste trabalho de laboratório utiliza-se a maquete experimental que contém um pêndulo físico de construção especial, o pêndulo reversível, e também um pêndulo matemático auxiliar com um mecanismo para a variação do comprimento do seu fio.

O pêndulo reversível (Fig. 10) consiste de um eixo cilíndrico no qual estão fixados dois prismas de apoio  $O_1$  e  $O_2$ . A construção do pêndulo permite a variação da posição de cada um dos prismas e a sua fixação nas depressões das marcas circulares inseridas no eixo com intervalos de 1 *cm*. As bordas afiladas destes prismas estão dirigidas para o centro do eixo e devem ser paralelas uma à outra. O pêndulo é suspenso de forma que um dos prismas apóia-se com a sua borda numa superfície especial  $S$  de uma base imóvel de forma que o pêndulo possa realizar oscilações em torno de um eixo coincidente com a borda do prisma. A distância entre as bordas dos prismas  $l = d_1 + d_2$  é medida pelas marcas inseridas no eixo. Esta distância permanece fixa durante o experimento. Além dos prismas de apoio  $O_1$  e  $O_2$ , o eixo contém duas cargas  $P_1$  e  $P_2$ , que possuem forma circunfluenta para a diminuição da resistência do ar aos seus movimentos durante as oscilações do pêndulo. Estas cargas podem ser deslocadas ao longo do eixo e serem fixadas em quaisquer posições com a ajuda de parafusos de aperto 1. O pêndulo físico é suspenso no lado direito do suporte 8 e no lado esquerdo deste está pendurado um pêndulo matemático, cuja esfera está suspensa bifilarmente por uma linha fina comprida de comprimento regulável através de um sistema de ajustagem 11.



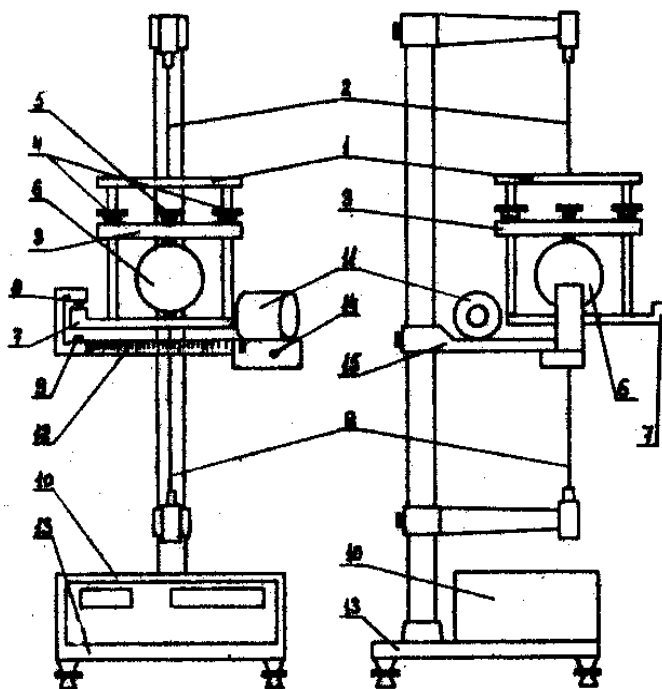
**Foto 10 - Maquete do pêndulo reversível desenvolvido no Laboratório de Mecânica da UESB**

## Trabalho de Laboratório No. 9

### PÊNDULO DE TORÇÃO

#### Objetivos do Trabalho:

1. Estudo experimental da influência do momento de inércia de um corpo sólido no período das suas oscilações de torção.
2. Medição dos momentos de inércia de certos corpos em relação a diferentes eixos de rotação.

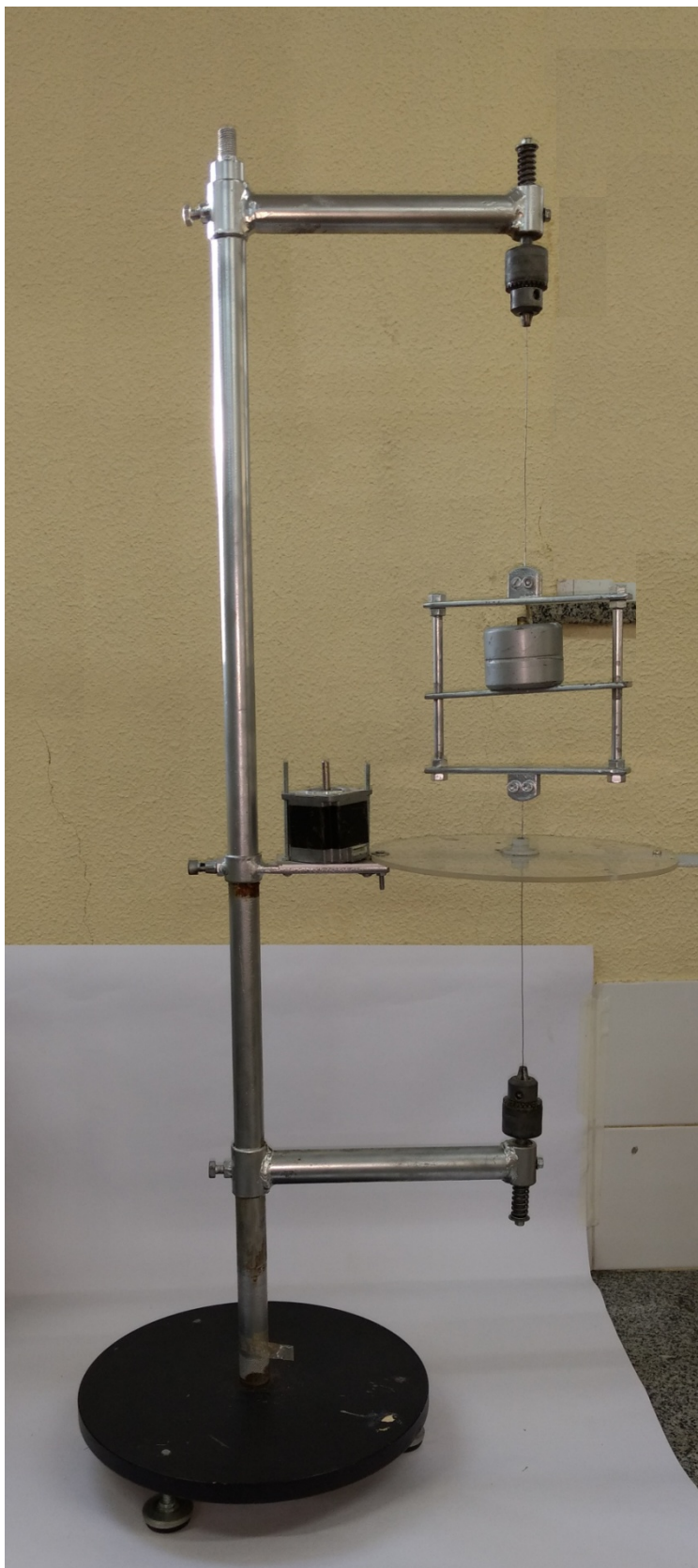


**Fíg. 11 – Esquema de pêndulo de torção**

Para a medição dos momentos de inércia, neste trabalho, com a ajuda das oscilações de torção, utiliza-se uma maquete experimental, cujos elementos principais são a suspensão de torção e um cronômetro.

A suspensão de torção consiste de um quadro 1 para a fixação dos corpos estudados (amostras), suspensos por um fio 2 esticado verticalmente entre dois suportes. A chapa móvel 3 pode deslocar-se ao longo do quadro e pode ser fixada em qualquer posição pelos parafusos 4. O parafuso 5 serve para fixar o corpo em estudo 6 entre as pontas de centragem 00. Para a medição do tempo e do número de oscilações do quadro com o corpo, um cronômetro está instalado na base 10. Para ligar o cronômetro, utiliza-se a bandeirola 7 fixada no quadro 1. A bandeirola, durante o seu movimento, corta o feixe de luz de uma pequena lâmpada 8 que incide no foto sensor 9. O impulso elétrico surgido com isto é enviado ao cronômetro acoplado ao contador de impulsos.

Além disto, na maqueta existe um eletroímã 11 para o qual a bandeirola 7 é atraída, torcendo assim o fio e mantendo, inicialmente, o quadro na posição inclinada de um dado ângulo. O valor do ângulo de inclinação é lido pela escala circular 12 com divisões em graus que permitem medir a amplitude das oscilações de torção. O eletroímã 11 é ligado por um interruptor 14 fixado no suporte 15 com a escala 12 e o eletroímã 11.



**Foto 11 - Maquete do pêndulo de torção automatizado em desenvolvimento no Laboratório de Mecânica da UESB.**



## TRABALHO DE LABORATÓRIO No. 10

### DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DE UM PROJÉTEL COM A AJUDA DO PÊNDBULO BALÍSTICO.

#### 1. Objetivos do trabalho

1. Utilização das leis de conservação durante o estudo de movimentos mecânicos.
2. Familiarização com o método balístico.
3. Medição da velocidade de um projétil.

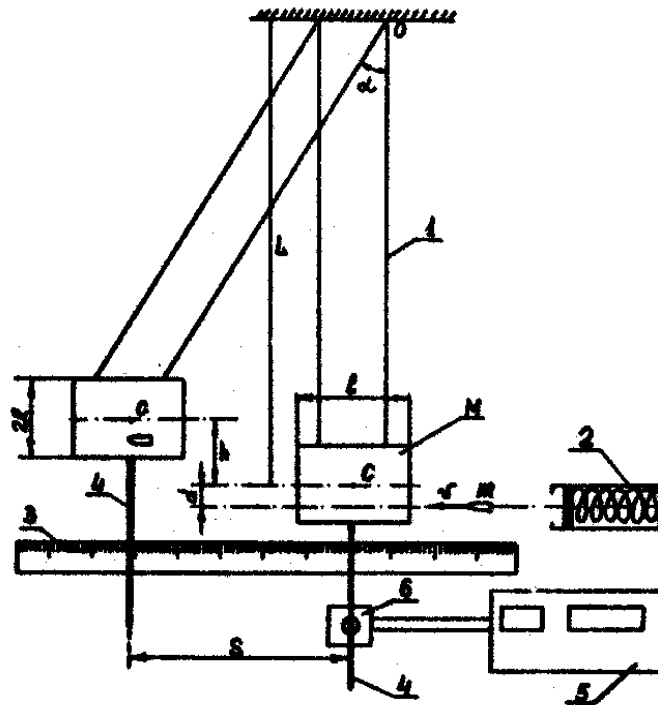


Fig. 12 – Esquema da maquete do pêndulo balístico

Para a realização do trabalho de laboratório são necessários: pêndulo balístico com escala de medição dos desvios horizontais, “canhão” de mola, conjunto de projéteis, cronômetro, balança técnica.

## TRABALHO DE LABORATÓRIO No. 11

## PÊNDULO DE OBERBECK

## 1. OBJETIVO DO TRABALHO

Estudo da lei de conservação da energia.

Comprovação da lei fundamental da dinâmica do movimento de rotação.

Medição do momento de inércia de um corpo sólido.

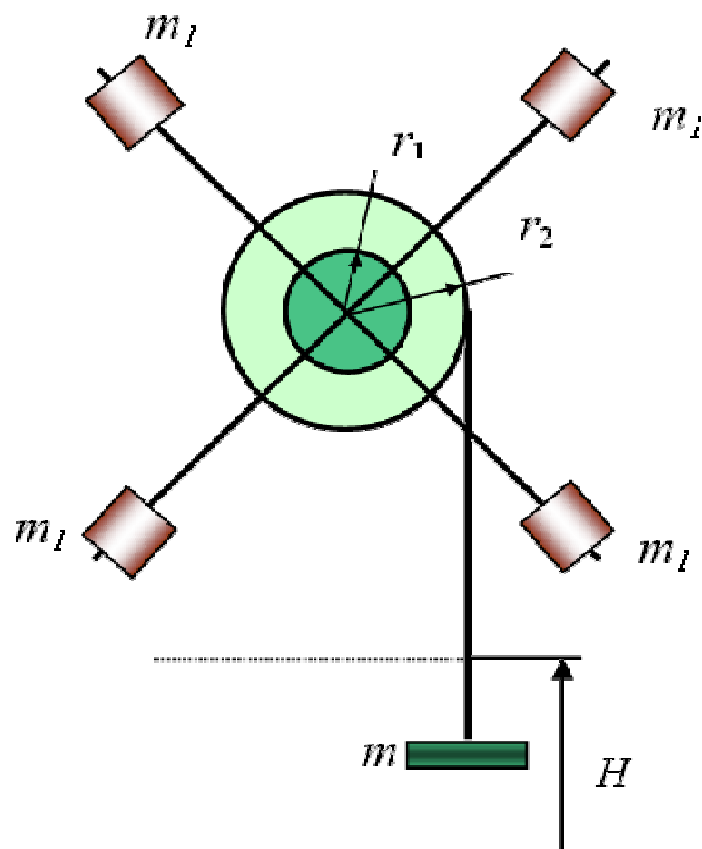


Fig. 13 - Pêndulo de Oberbeck