



# LADIF

## ROTEIRO DA EXPERIÊNCIA

UFRJ  
IF

Disciplina : **Mecânica**

Tema : **Estática e Dinâmica**

Código : **1A-02**

Nome : **Sistema de mecânica para o quadro negro**

Onde encontrar : **Jirau – Módulo 6 Prateleira 2**

**Potencialidade : Vários princípios da mecânica de um corpo.**

**Palavras Chaves : Composição de forças, Lei de Hooke, atrito estático, torque**

**Ref. Bibliográficas : Tipler/ 1ª Física cap.4.10**

## Roteiro da Experiência

A partir deste kit disponibilizamos **25** experiências facilmente aplicáveis a sala de aula.

### 1ª EXPERIÊNCIA:

#### **OBJETIVO:**

1) MOSTRAR QUALITATIVAMENTE QUE A FORÇA NECESSÁRIA PARA MANTER UM CORPO EM EQUILÍBRIO EM UM PLANO INCLINADO COM POUCO ATRITO É PROPORCIONAL AO ÂNGULO QUE ESTE PLANO FAZ COM A HORIZONTAL.

2) PROVAR QUE A FORÇA NECESSÁRIA PARA O EQUILÍBRIO É DIRETAMENTE PROPORCIONAL AO SENO DO ÂNGULO QUE O PLANO FAZ COM A HORIZONTAL.

#### **MATERIAL:**

- 1) UM PLANO INCLINADO COM MARCADOR ANGULAR;
- 2) UM ROLO COM FIO (500 GRAMAS);
- 3) UM DINAMÔMETRO;

#### **EXPERIMENTO:**

INICIALMENTE MONTE A EXPERIÊNCIA COMO A DA FIGURA EM ANEXO.

COMECE A EXPERIÊNCIA COM UM ÂNGULO PEQUENO E DEPOIS AUMENTE GRADATIVAMENTE.

PARA CADA ÂNGULO VERIFIQUE A LEITURA NO DINAMÔMETRO E COMPARE COM O VALOR TEÓRICO CALCULADO DA SEGUINTE MANEIRA:

**ELABORADO/REVISADO:**  
**MÊS/ANO:**

**APROVADO:**  
**MÊS/ANO:**

$$\text{sen}(\theta) = \frac{F}{W}$$

ONDE:

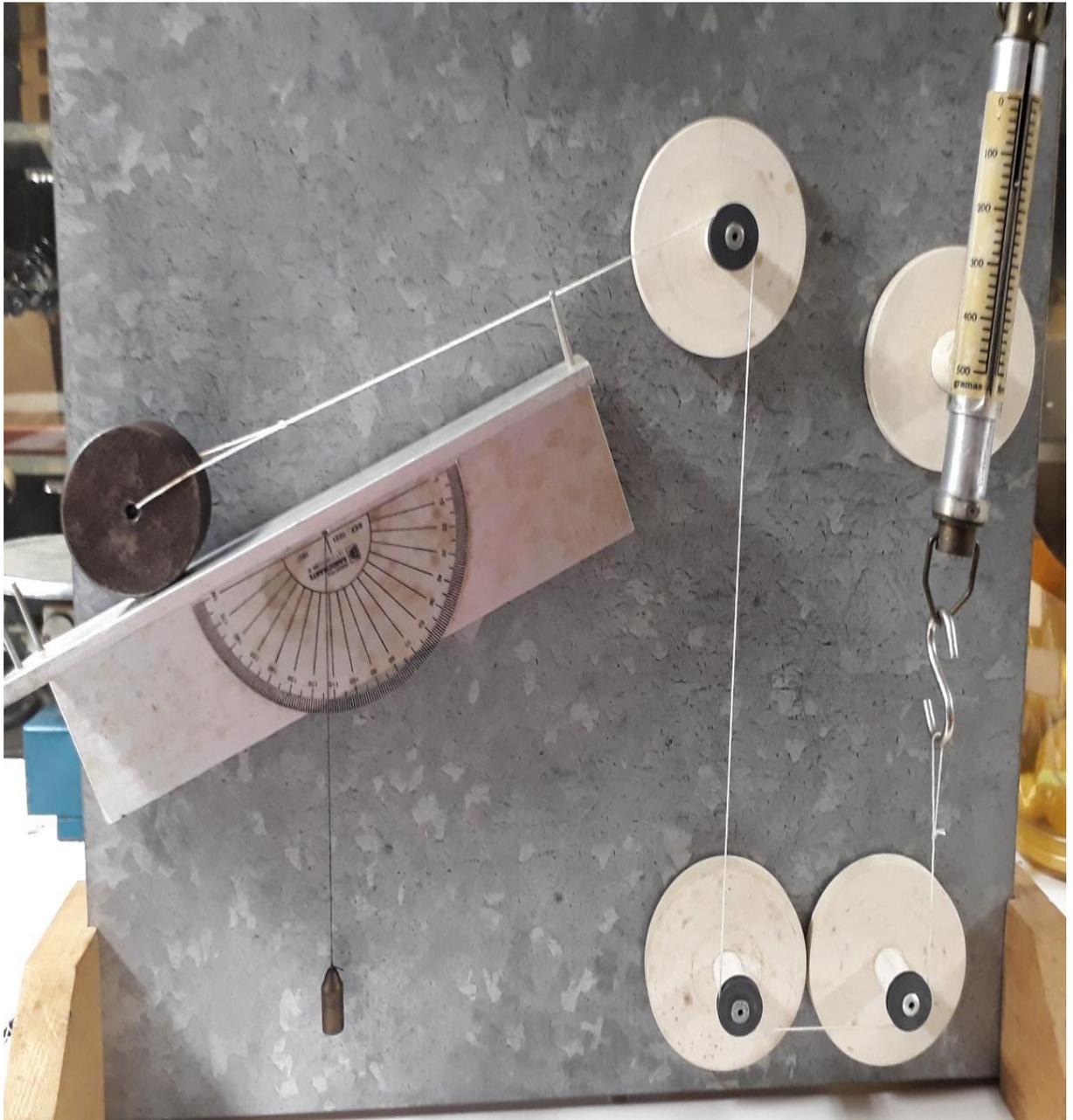
- W É O PESO DO ROLO DADO POR:  $W = M \cdot g$ .
- F A LEITURA NO DINAMÔMETRO, QUE É A FORÇA NECESSÁRIA PARA EQUILIBRAR O ROLO.

VARIANDO OS ÂNGULOS TEREMOS A SEGUINTE TABELA:

ÂNGULO	LEITURA(N)	RAZÃO 1	SENO	RAZÃO 2
10	0,868		0.174	
20	1,707	0,508	0.342	0,508
30	2,495	0,684	0.500	0,684
40	3,208	0,777	0.642	0,778
50	3,824	0,839	0.766	0,838
60	4,323	0,884	0.866	0,884
70	4,690	0,922	0.939	0,922
80	4,915	0,954	0.984	0,954
90	5,000	0,983	1,000	0,984

VERIFICANDO NA TABELA OS VALORES DA RAZÃO ENTRE AS LEITURAS NO DINAMÔMETRO E A RAZÃO DOS VALORES DOS ÂNGULOS, PODEMOS NOTAR A PROPORCIONALIDADE DIRETA DA FORÇA E DO SENO DO ÂNGULO DO PLANO COM A HORIZONTAL.

POR EXEMPLO, SEJAM OS ÂNGULOS  $\theta_1 = 10^\circ$  E  $\theta_2 = 20^\circ$  E AS LEITURAS  $L_1 = 0,868$  E  $L_2 = 1,707$  A RAZÃO É ENTÃO  $L_1/L_2$  E A SEGUNDA RAZÃO É  $(\text{SENO}\theta_1/\text{SENO}\theta_2)$ .



## **2ª EXPERIÊNCIA:**

### **OBJETIVO:**

1) MEDIR E COMPARAR A VANTAGEM MECÂNICA REAL(VMR) E A VANTAGEM MECÂNICA IDEAL(VMI) NO PLANO INCLINADO.

### **MATERIAL:**

- 1) UM PLANO INCLINADO;
- 2) UM ROLO(510 GRAMAS);
- 3) 2 DE 100 GRAMAS CADA.

### **EXPERIMENTO:**

MONTE A EXPERIÊNCIA DE ACORDO COM O MODELO EM ANEXO.

INICIALMENTE COLOQUE O PLANO COM UM ÂNGULO ENTRE 10 E 40 GRAUS COM A HORIZONTAL. A VANTAGEM MECÂNICA REAL É DETERMINADA COLOCANDO-SE DUAS OU TRÊS MASSAS(COMO NA FIGURA) NA VERTICAL E AJUSTANDO CUIDADOSAMENTE O ÂNGULO DE INCLINAÇÃO ATÉ QUE O ROLO POSSA DESLIZAR VAGAROSAMENTE E UNIFORMEMENTE PARA CIMA. ENTÃO:

$$VMR = \frac{W}{F}$$

A VANTAGEM MECÂNICA IDEAL(VMI) É CALCULADA MEDINDO-SE 'L' E 'H' DO PLANO INCLINADO. ENTÃO:

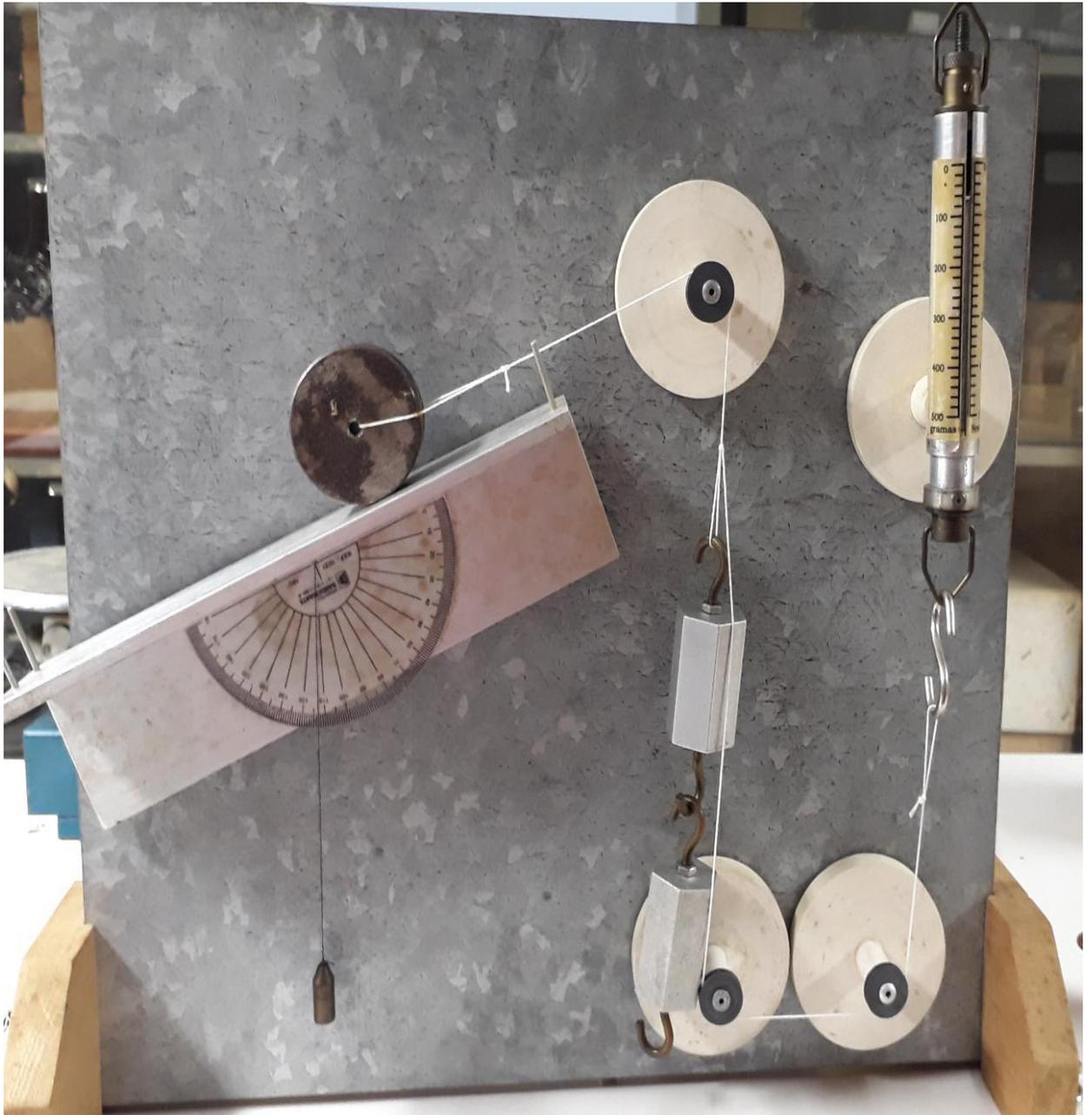
$$VMI = \frac{L}{H}$$

SE O PLANO INCLINADO FOSSE SEM ATRITO(IDEAL), A ENERGIA POTENCIAL ADQUIRIDA PELOS CORPOS NA VERTICAL DEVERIA SER IGUAL AO TRABALHO REALIZADO PARA MOVER O ROLO NESTE PLANO PARA CIMA, QUE NADA MAIS É QUE O PRODUTO DA FORÇA QUE ATUA NO ROLO PELO DESLOCAMENTO DESTA.

$$W \cdot H = F \cdot L$$

ENTÃO:

$$\frac{W}{F} = \frac{H}{L}$$



### **3ª EXPERIÊNCIA:**

#### **OBJETIVO:**

1) INTRODUZIR O CONCEITO DE MOMENTO LINEAR;

2) MEDIR E COMPARAR A VANTAGEM MECÂNICA REAL(VMR) E A VANTAGEM MECÂNICA IDEAL(VMI) DO NÍVEL EM QUE O APOIO ESTÁ LOCALIZADO ENTRE OS PONTOS DE APLICAÇÃO DOS ESFORÇOS E RESISTÊNCIA.

#### **MATERIAL:**

- 1) UMA BARRA PERFURADA;
- 2) TRÊS CORPOS (100 GRAMAS CADA);

#### **EXPERIMENTO:**

MONTE A EXPERIÊNCIA COMO NA FIGURA EM ANEXO.

SE AS FORÇAS APLICADAS FOREM DE MESMO MÓDULO E SITUADAS CADA UMA DE UM LADO DO APOIO, ENTÃO AS DISTÂNCIAS DE APLICAÇÃO DESTAS FORÇAS AO APOIO DEVERÃO SER IGUAIS, CASO CONTRÁRIO, ESSAS DISTÂNCIAS DEVERÃO SER INVERSAMENTES PROPORCIONAIS AO MÓDULO DAS FORÇAS.

COMO NA FIGURA, COLOCAMOS UM CORPO DO LADO ESQUERDO A UMA DISTÂNCIA DE 0,25 METROS DO APOIO, E DOIS CORPOS NO LADO DIREITO DO APOIO, LOGO A DISTÂNCIA SERÁ A METADE, OU SEJA, A APLICAÇÃO DA FORÇA DOS DOIS CORPOS ESTÁ A 0,125 METROS DO APOIO.

A VANTAGEM MECÂNICA IDEAL(VMI) É CALCULADA DA SEGUINTE MANEIRA:

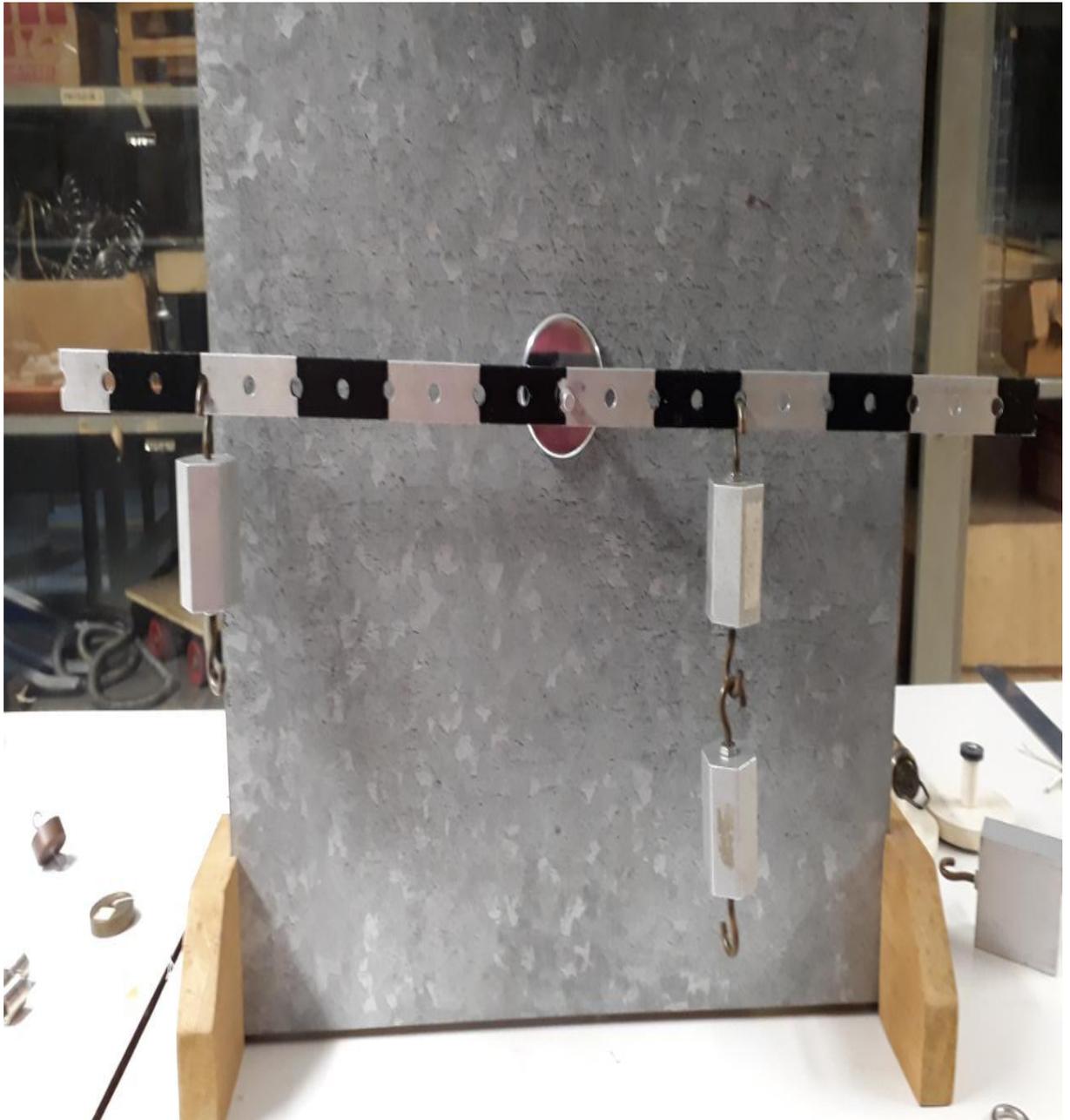
$$VMI = \frac{ED}{RD} = \frac{0,25}{0,125} = 2$$

E A VANTAGEM MECÂNICA REAL(VMR) É DADA DA SEGUINTE MANEIRA:

$$VMR = \frac{2 \cdot 0,1 \cdot 9,8}{1 \cdot 0,1 \cdot 9,8} = 2$$

MOMENTO É DEFINIDO COMO O PRODUTO DA FORÇA APLICADA PELA DISTÂNCIA DO PONTO DE APLICAÇÃO DESTA FORÇA AO APOIO.

AGORA QUE JÁ SABEMOS OS PRINCÍPIOS BÁSICOS DE MOMENTO LINEAR, PODEMOS FAZER DIVERSAS EXPERIÊNCIAS COM O KIT, VARIANDO AS DISTÂNCIAS E AS QUANTIDADES DE MASSAS TEREMOS BOAS OBSERVAÇÕES SOBRE O ASSUNTO.



#### **4ª EXPERIÊNCIA:**

##### **OBJETIVO:**

1) NOSSO OBJETIVO NESTA EXPERIÊNCIA É O MESMO QUE A EXPERIÊNCIA PASSADA, SOMENTE COM UMA DIFERENÇA, O APOIO ESTÁ LOCALIZADO NA EXTREMIDADE DA BARRA, E ALÉM DISTO QUEREMOS SABER QUAL A FORÇA NECESSÁRIA PARA SUSTENTAR A BARRA NA HORIZONTAL.

##### **MATERIAL:**

- 1) UMA BARRA PERFURADA;
- 2) UM APOIO;
- 3) UM DINAMÔMETRO;
- 4) VÁRIOS CORPOS(100 GRAMAS CADA).

##### **EXPERIMENTO:**

MONTE A EXPERIÊNCIA COMO A FIGURA EM ANEXO.

PODEMOS VARIAR A QUANTIDADE DE PESOS, COMO TAMBÉM AS DISTÂNCIAS AO APOIO, ENTÃO NOTAREMOS QUE QUANTO MAIS PRÓXIMO À EXTREMIDADE DA BARRA ONDE SE ENCONTRA O DINAMÔMETRO MAIOR TERÁ QUE SER A FORÇA DE SUSTENTAÇÃO MOSTRADA PELO DINAMÔMETRO.

COMO NA FIGURA, A VANTAGEM MECÂNICA IDEAL É CALCULADA DA SEGUINTE MANEIRA:

$$VMI = \frac{EA}{RA} = \frac{0,5}{0,1} = 5$$

E A VANTAGEM MECÂNICA REAL É CALCULADA COMO:

$$VMR = \frac{R}{E} = \frac{5}{1} = 5$$



## **5ª. EXPERIÊNCIA:**

### **OBJETIVO:**

1) ESTUDAR AS CONDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA O EQUILÍBRIO DE UM CORPO RÍGIDO, NESTA EXPERIÊNCIA O CORPO EM QUESTÃO É A BARRA PERFURADA.

### **MATERIAL:**

- 1) UMA BARRA PERFURADA;
- 2) UM APOIO
- 3) ALGUNS CORPOS(100 GRAMAS CADA);
- 4) FIO (III).

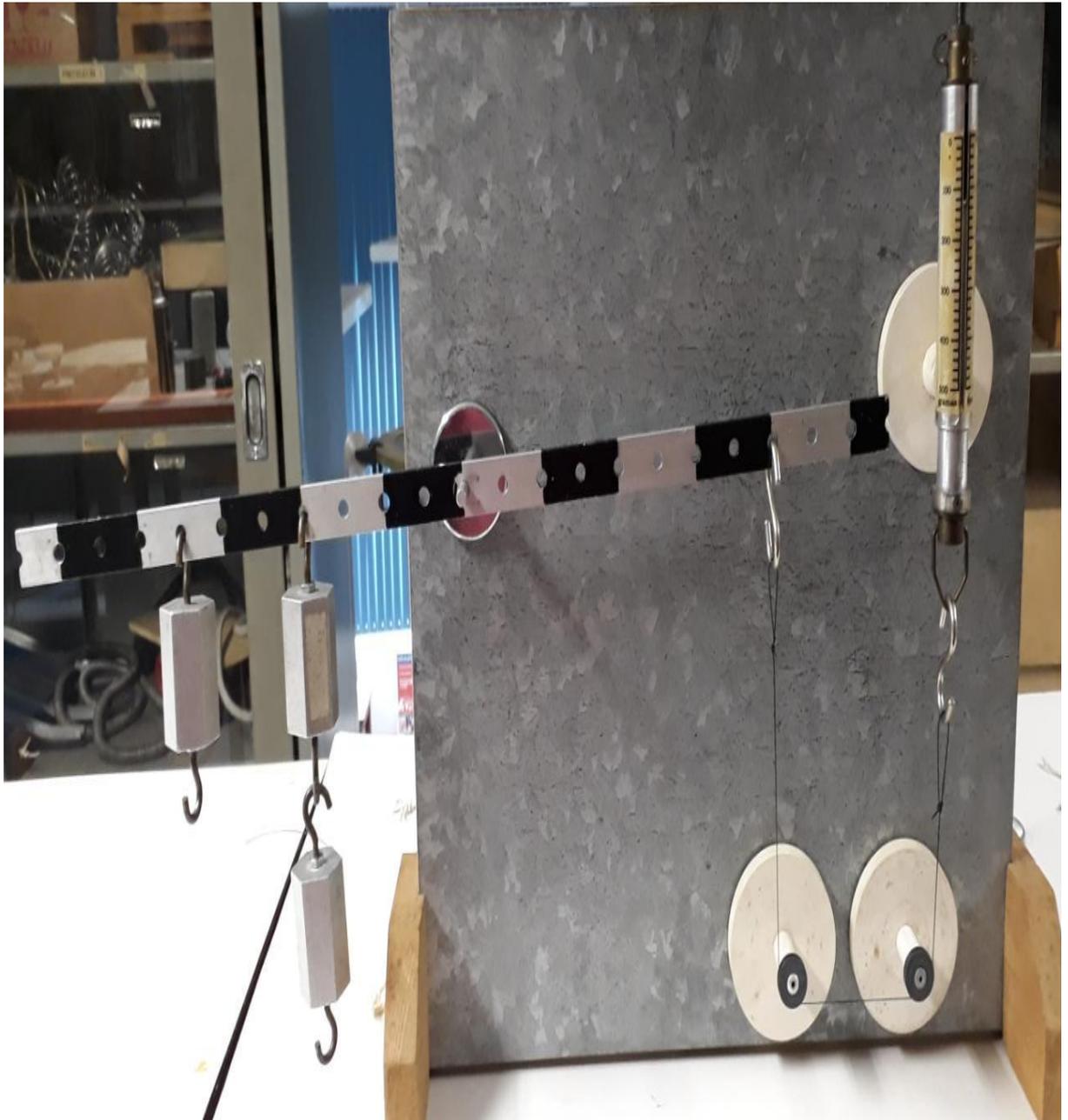
### **EXPERIMENTO:**

MONTE A EXPERIÊNCIA COMO A FIGURA EM ANEXO.

PARA QUE A BARRA PERMANEÇA EM EQUILÍBRIO, O SOMATÓRIO DAS FORÇAS NO SENTIDO POSITIVO DA VERTICAL DEVE SER IGUAL AO SOMATÓRIO DAS FORÇAS NO SENTIDO NEGATIVO.

COMO OUTRA CONDIÇÃO DE EQUILÍBRIO, O SOMATÓRIO DOS TORQUES DESSAS FORÇAS EM RELAÇÃO A QUALQUER PONTO DA BARRA DEVE SER IGUAL A ZERO.

APÓS DETERMINAR TEORICAMENTE O VALOR DOS ESFORÇOS NO SENTIDO POSITIVO DA VERTICAL, COLOQUE O DINAMÔMETRO E COMPARE O RESULTADO PRÁTICO COM O RESULTADO TEÓRICO.



## **6ª EXPERIÊNCIA:**

### **OBJETIVO:**

1) DETERMINAR A FORÇA NECESSÁRIA PARA MANTER A BARRA EM EQUILÍBRIO QUANDO É APLICADA À BARRA UM ESFORÇO, ESTA EXPERIÊNCIA SE DIFERE DA ANTERIOR POR ESTA FORÇA DE EQUILÍBRIO SE ENCONTRAR INCLINADA COM UM ÂNGULO  $\theta$  EM RELAÇÃO À HORIZONTAL.

2) DETERMINAR O VALOR DO ÂNGULO.

### **MATERIAL:**

- 1) UMA BARRA PERFURADA;
- 2) UM DINAMÔMETRO,
- 3) UM APOIO;
- 4) DOIS CORPOS(100 GRAMAS CADA).

### **EXPERIMENTO:**

MONTE A EXPERIÊNCIA SEGUNDO O MODELO EM ANEXO.

NOSSO OBJETIVO É DETERMINAR INICIALMENTE O VALOR DO ÂNGULO, PARA ISSO DEVEMOS CONHECER O VALOR DA FORÇA QUE MANTÉM A BARRA EM EQUILÍBRIO, ESTE VALOR É DADO PELA LEITURA NO DINAMÔMETRO.

$$\theta = \arcsen\left(\frac{F_2}{F_1}\right) \quad (i)$$

F1 É A LEITURA DO DINAMÔMETRO, E F2 É O PESO DOS CORPOS.

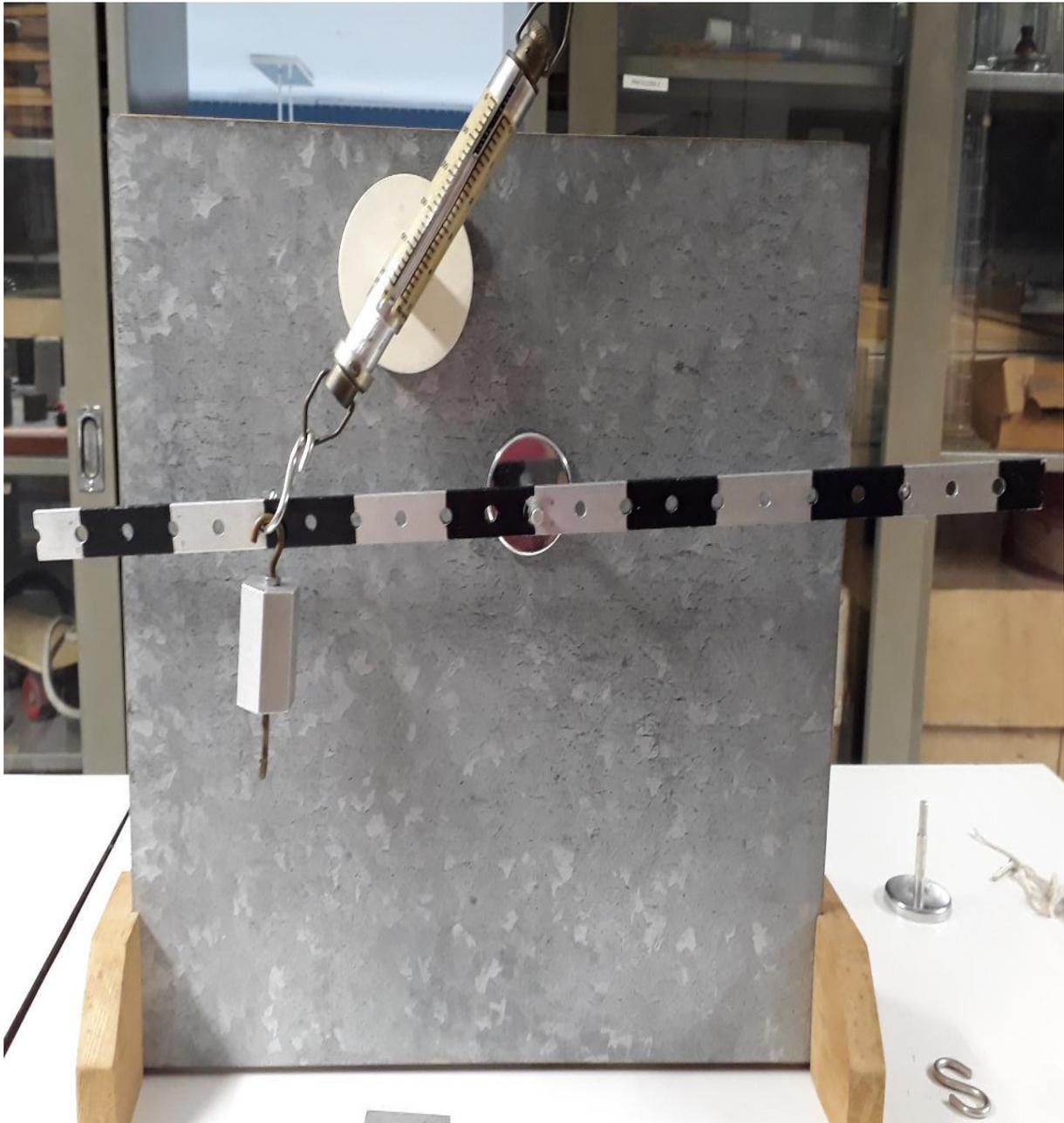
$$F_1 = 3 \cdot 0,1 \cdot 9,8 = 2,94 \text{ N}$$

O MÉTODO ANALÍTICO ENVOLVE A DETERMINAÇÃO DE  $\theta$  ATRAVÉS DA EQUAÇÃO (I), ONDE  $F_1$  E  $F_2$  SÃO CONHECIDOS, E  $F_3$  PODE SER CALCULADO PELA SEGUINTE EQUAÇÃO:

$$F_3 = F_2 \cdot \tan(\theta)$$

O RESULTADO É ENTÃO COMPROVADO VERIFICANDO-SE A LEITURA NO SEGUNDO DINAMÔMETRO.

$F_3$  PODE SER TAMBÉM CALCULADO GRAFICAMENTE COMO MOSTRADO NO MODELO EM ANEXO, ONDE TEMOS  $F_1$  PELO PRIMEIRO DINAMÔMETRO E ACHAMOS A RESULTANTE DA VERTICAL, LOGO PARA TERMOS ESSA RESULTANTE POR  $F_1$  DEVEREMOS ACHAR O OUTRO VETOR, QUE NO CASO SERÁ  $F_3$ , QUE SE ENCONTRA SOBRE O EIXO DAS ABSCISSAS.



## **7ª EXPERIÊNCIA:**

### **OBJETIVO:**

1) AJUSTAR E RESOLVER UM PROBLEMA DE DECOMPOSIÇÃO DE FORÇAS GRAFICAMENTE E TRIGONOMETRICAMENTE.

### **MATERIAL:**

- 1) DOIS DINAMÔMETROS;
- 2) UMA MASSA DE 100 GRAMAS;
- 3) FIO (VI);
- 4) UM PLANO CARTESIANO.

### **EXPERIMENTO:**

MONTE A EXPERIÊNCIA SEGUNDO O MODELO EM ANEXO.

1) MODELO GRÁFICO:

PRIMEIRAMENTE TRACE OS EIXOS CARTESIANOS .

FAREMOS AGORA O SEGUINTE PROCEDIMENTO:

1) GIRAMOS UM DOS DINAMÔMETROS ATÉ QUE SUA LEITURA ESTEJA PRÓXIMO DO VALOR ZERO, FAREMOS ISSO SEGUINDO O ARCO FORMADO TENDO COMO RAIOS O FIO QUE LIGA ESSE DINAMÔMETRO AO PONTO DE CONEXÃO COM O OUTRO FIO, FAZENDO ISSO ESTAMOS TRANSFERINDO TODA O PESO DAS MASSAS PARA O OUTRO DINAMÔMETRO.

2) TEMOS A LEITURA DO DINAMÔMETRO QUE FICOU PARADO E CONHECEMOS O PESO DAS MASSAS, ENTÃO DESCOBRIREMOS O ÂNGULO  $\theta_1$ , QUE É O ÂNGULO QUE F1 FAZ COM A HORIZONTAL PELA FÓRMULA:

$$\theta_1 = \arccos\left(\frac{R_y}{F_1}\right)$$

3) FAZEMOS AGORA O MESMO PROCEDIMENTO COM O OUTRO DINAMÔMETRO, E TIRAMOS O  $\theta_2$ , QUE É O ÂNGULO QUE F2 FAZ COM A HORIZONTAL.

4) CONSTRUIAMOS UM DIAGRAMA DE FORÇAS REPRESENTANDO OS RESPECTIVOS ÂNGULOS E SUAS FORÇAS.

## II) MODELO TRIGONOMÉTRICO:

1) PARA A  $F_1$ :

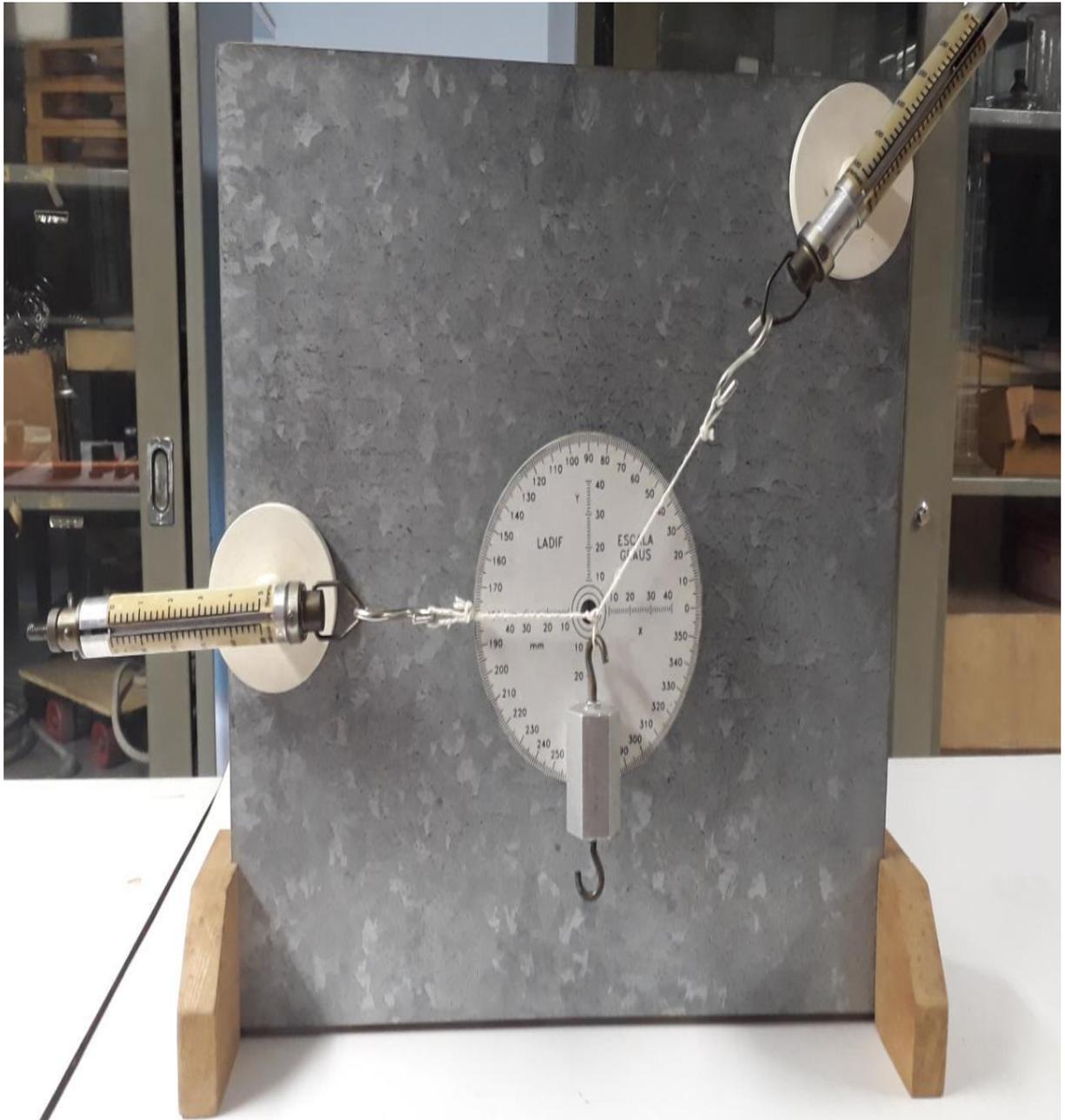
$$R_y = F_1 \cdot \cos(\theta_1)$$

$$R_x = F_1 \cdot \text{sen}(\theta_1)$$

2) PARA A  $F_2$ :

$$R_y = F_2 \cdot \cos(\theta_2)$$

$$R_x = F_2 \cdot \text{sen}(\theta_2)$$



## **8ª EXPERIÊNCIA:**

### **OBJETIVO:**

- 1) CALCULAR UMA DETERMINADA FORÇA CONHECENDO APENAS SUAS COMPONENTES VERTICAIS E HORIZONTAIS.
- 2) CONHECER AS COMPONENTES VERTICAIS E HORIZONTAIS DE UMA FORÇA.

### **MATERIAL:**

- 1) DOIS DINAMÔMETROS;
- 2) DOIS CORPOS DE MASSA 100 GRAMAS( 1N );
- 3) FIO (VI).

### **EXPERIMENTO:**

MONTE A EXPERIÊNCIA SEGUNDO O MODELO EM ANEXO.  
TEMOS QUE TOMAR CUIDADO PARA ZERARMOS OS  
DINAMÔMETROS ANTES DE COMEÇAR A EXPERIÊNCIA.

EM SEGUIDA FAZEMOS A DECOMPOSIÇÃO DAS FORÇAS PELAS  
FÓRMULAS:

$$\begin{cases} F_y = F \cdot \text{sen}(\theta) \\ F_x = F \cdot \text{cos}(\theta) \end{cases}$$



## **9ª EXPERIÊNCIA:**

### **OBJETIVO:**

- 1) VERIFICAR A EQUAÇÃO DO PERÍODO DE UM PÊNDULO FÍSICO.

### **MATERIAL:**

- 1) UMA BARRA PERFURADA;
- 2) UM SUPORTE PARA A BARRA PERFURADA.
- 3) FIO (VI)

### **EXPERIMENTO:**

MONTE A EXPERIÊNCIA SEGUNDO O MODELO EM ANEXO.

FAREMOS O NOSSO PÊNDULO OSCILAR EM PEQUENAS AMPLITUDES POR APROXIMADAMENTE 10 CICLOS E EM SEGUIDA MEDIREMOS SEU PERÍODO.

PARA TAL PRECISAREMOS SABER ALGUNS DADOS COMO A DISTÂNCIA “h” DO PONTO DE SUSPENSÃO AO CENTRO DE MASSA E O COMPRIMENTO “L” DO PÊNDULO.

PRECISAMOS SABER O MOMENTO DE INÉRCIA DA BARRA QUE É DADO PELA FÓRMULA:

$$I = \frac{1}{3} \cdot m \cdot L^2$$

E O PERÍODO É DADO PELA FÓRMULA:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\left(\frac{I}{m \cdot g \cdot h}\right)}$$

- ONDE g É A ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE NO LOCAL.

- h É A DISTÂNCIA DO PONTO DE SUSTENTAÇÃO AO CENTRO DE MASSA DO SISTEMA ( PARA FACILITAR, EXPRESSE h EM FUNÇÃO DE L ).

PODEMOS FAZER VARIAÇÕES COM ESSA EXPERIÊNCIA COMO VARIAR A DISTÂNCIA DO CENTRO DE MASSA AO PONTO DE SUSPENSÃO, E PARA PEQUENAS OSCILAÇÕES CALCULARMOS O PERÍODO E COMPARÁ-LO COM OS OUTROS VALORES ENCONTRADOS.



## **10ª EXPERIÊNCIA:**

### **OBJETIVO:**

1) MEDIR O PERÍODO DE UM PÊNDBULO SIMPLES MODIFICADO E COMPARAR COM O PERÍODO PRESCRITO PELA FÓRMULA.

### **MATERIAL:**

- 1) UM SUPORTE;
- 2) UM CORPO DE PESO 1N;
- 3) UMA TABELA-RÉGUA DE FIXAÇÃO NO QUADRO;
- 4) FIOS (II)

### **EXPERIMENTO:**

MONTE A EXPERIÊNCIA SEGUNDO O MODELO EM ANEXO.  
O PÊNDBULO VAI OSCILAR NO PLANO DA TABELA.

MEDIMOS INICIALMENTE O COMPRIMENTO “1” DO PÊNDBULO, ESSA DISTÂNCIA É MEDIDA DO SUPORTE AO CENTRO DE MASSA DO CORPO OSCILANTE.

COLOCAMOS O PÊNDBULO PARA OSCILAR UM DETERMINADO NÚMERO DE VEZES, MEDINDO O TEMPO.

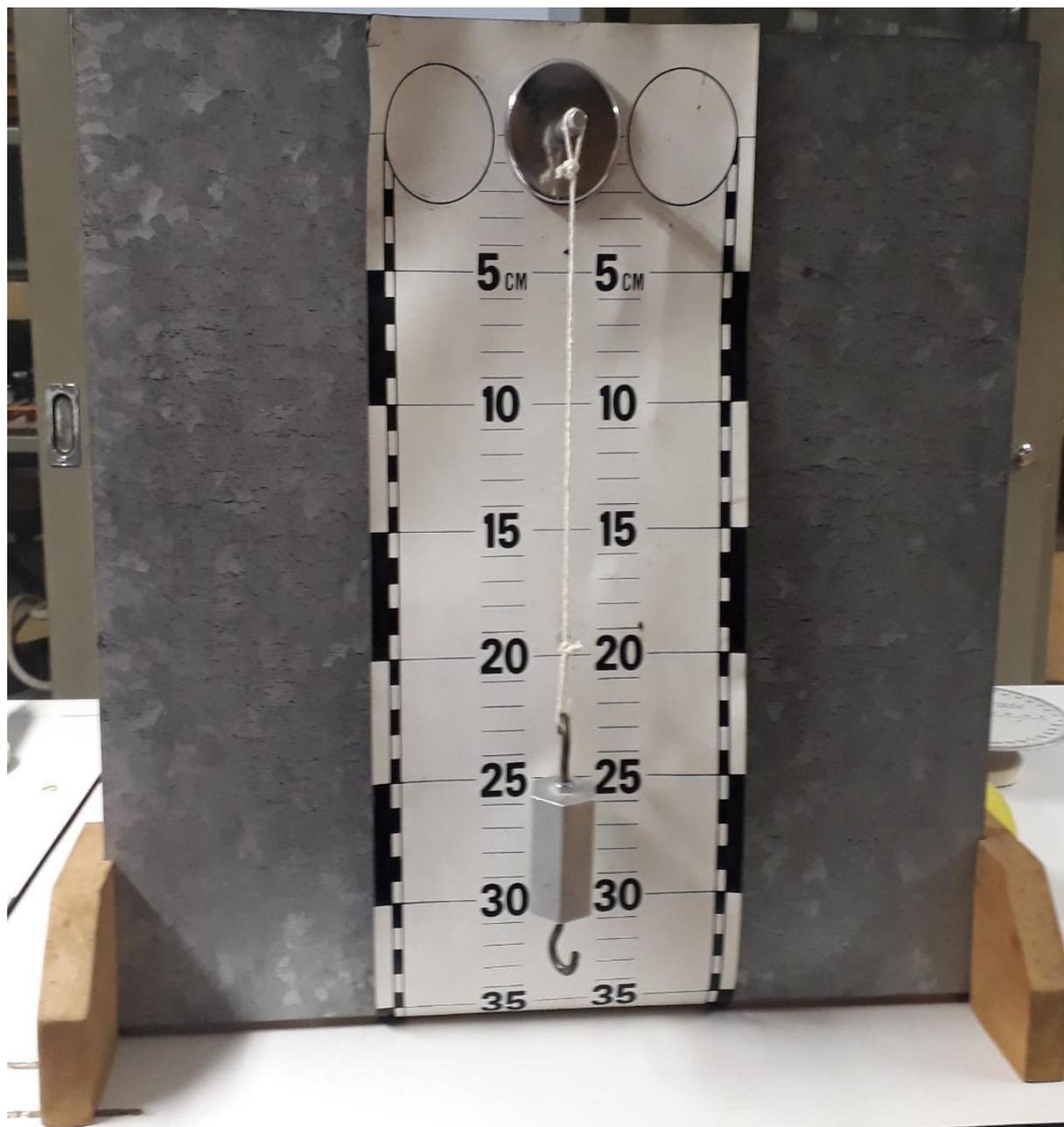
LOGO:

$$T = \frac{\text{TEMPO DAS VIBRAÇÕES}}{\text{NÚMERO DE VIBRAÇÕES}}$$

EM SEGUIDA USAMOS A FÓRMULA PARA COMPARAR OS VALORES ENCONTRADOS:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\left(\frac{L}{g}\right)}$$

ONDE  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$



## **11ª EXPERIÊNCIA:**

### **OBJETIVO:**

1) DEMONSTRAR QUE O PERÍODO DE UM PÊNDELO SIMPLES NÃO DEPENDE DA MASSA DO CORPO OSCILANTE.

### **MATERIAL:**

- 1) UM SUPORTE;
- 2) DOIS CORPOS DE MASSA 100 GRAMAS CADA;
- 3) FIO (II)

### **EXPERIMENTO:**

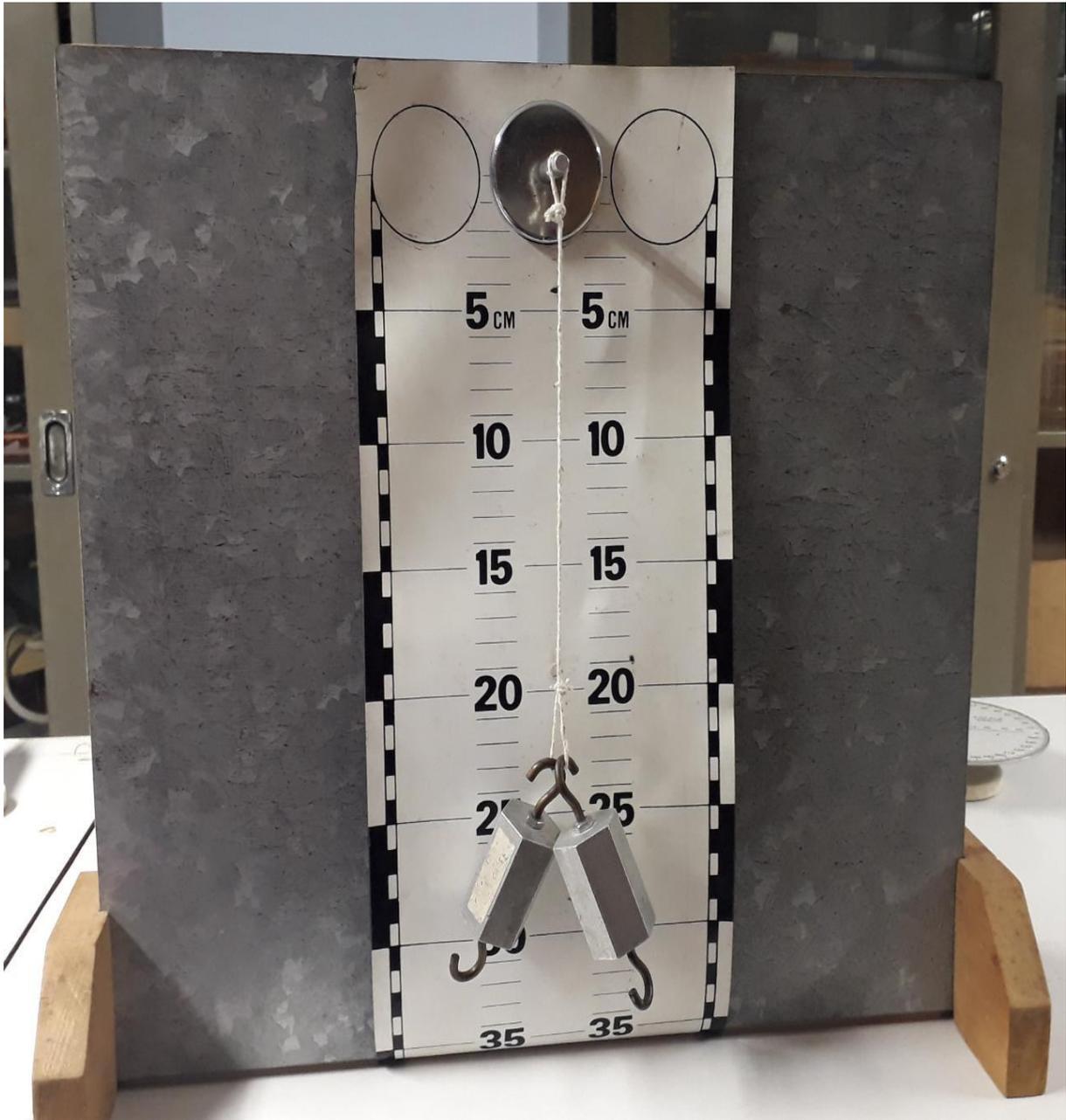
MONTE A EXPERIÊNCIA COMO O MODELO EM ANEXO.  
USAMOS DOIS CORPOS NA SEGUINTE POSIÇÃO REPRESENTANDO UM ÚNICO CORPO.

O PERÍODO É MEDIDO COMO A 12ª EXPERIÊNCIA, DEVEMOS ENTÃO ENCONTRAR O MESMO VALOR MOSTRANDO ASSIM QUE O PERÍODO É INDEPENDENTE DA MASSA DO CORPO.

A FÓRMULA PARA O CÁLCULO DO PERÍODO É DADA POR:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\left(\frac{L}{g}\right)}$$

- L É A DISTÂNCIA DO CENTRO DE MASSA AO PONTO DE SUSPENSÃO;
- g É A ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE LOCAL ( 9,8 m/s<sup>2</sup> )



### **EXPERIÊNCIAS: 12, 13, 14, 15:**

PARA CADA EXPERIÊNCIA DESCRITA APRESENTAREMOS UM MODELO EM ANEXO PARA PODERMOS MONTÁ-LA.

CADA FIGURA CORRESPONDE A UMA DETERMINADA EXPERIÊNCIA, OU SEJA, A FIGURA 14 REPRESENTA A EXPERIÊNCIA 14, E ASSIM POR DIANTE.

#### **OBJETIVO:**

1) MOSTRAR AS VANTAGENS DE UM SISTEMA DE ROLDANAS QUANTO A FORÇA NECESSÁRIA PARA SUSPENDER UM DETERMINADO CORPO A UMA CERTA ALTURA.

#### **MATERIAL:**

- 1) TABELA DE MARCAÇÃO DE ALTURA;
- 2) UM DINAMÔMETRO;
- 3) ROLDANAS;
- 4) FIOS (I, II, III e IV)
- 5) ALGUNS CORPOS DE PESO 1N.

#### **12º EXPERIMENTO:**

MONTE A EXPERIÊNCIA SEGUNDO O MODELO EM ANEXO.

QUANDO PENDURAMOS DOIS CORPOS, UM DE CADA LADO DE UMA ROLDANA, PODEMOS OBSERVAR QUE A FORÇA NECESSÁRIA PARA EQUILIBRAR UM DOS CORPOS É IGUAL AO PESO DO OUTRO.

#### **13º EXPERIMENTO:**

MONTE A EXPERIÊNCIA SEGUNDO O MODELO EM ANEXO.

PODEMOS OBSERVAR QUE AGORA QUE ESTAMOS UTILIZANDO UMA ROLDANA MÓVEL, E PENDURADA A ELA DOIS CORPOS DE PESO 2N, A FORÇA NECESSÁRIA PARA MANTÊ-LA EM EQUILÍBRIO É METADE DO CONJUNTO DE CORPOS QUE ESTÃO PENDURADOS.

A FORÇA DO CONJUNTO DE PESOS PENDURADOS NA ROLDANA MÓVEL É DISTRIBUIDA IGUALMENTE PELO FIO QUE O SUSTENTA, FICANDO METADE DESTA FORÇA DE UM LADO DA ROLDANA E A OUTRA METADE DO OUTRO LADO, ENTÃO O CORPO QUE ESTÁ SUSTENTANDO O CONJUNTO FICA SOMENTE COM A FUNÇÃO DE SUSTENTAR METADE DA FORÇA TOTAL DO CONJUNTO DE PESOS.

#### **14º EXPERIMENTO:**

MONTE A EXPERIÊNCIA SEGUNDO O MODELO EM ANEXO.

ACOMPANHANDO O RACIOCÍNIO DA EXPERIÊNCIA ANTERIOR, COMPROVAREMOS QUE A FORÇA DE UM LADO DA ROLDANA MÓVEL É REALMENTE METADE DA FORÇA TOTAL DO CONJUNTO.

#### **15º EXPERIMENTO:**

MONTE A EXPERIÊNCIA SEGUNDO O MODELO EM ANEXO.

AGORA USAREMOS UMA ROLDANA MÓVEL E DUAS FIXAS, POIS QUEREMOS AUMENTAR A EFICIÊNCIA DE NOSSA FORÇA DE SUSTANTAÇÃO DO CORPO DE 1N PENDURADO.

QUANDO FAZEMOS USO DESSE SISTEMA, ESTAMOS SOMENTE DECOMPONDO MAIS UMA VEZ A FORÇA QUE ESTÁ SENDO SUSTENTADA, COMO VIMOS NA EXPERIÊNCIA ANTERIOR, FAZENDO ISSO ESTAMOS DIVIDINDO AO MEIO A FORÇA TOTAL DO CONJUNTO DE PESOS SUSPENSOS CADA VEZ QUE ATRAVESSAMOS UMA ROLDANA MÓVEL. VAMOS ANALISAR PELO CAMINHO INVERSO, PARTINDO DO CORPO DE 1N PARA O SISTEMA DE ROLDANAS MÓVEIS, VAMOS DECOMPONDO EM CADA ROLDANA AS FORÇAS QUE SUSTENTAM O CONJUNTO.

FIGURA 12:

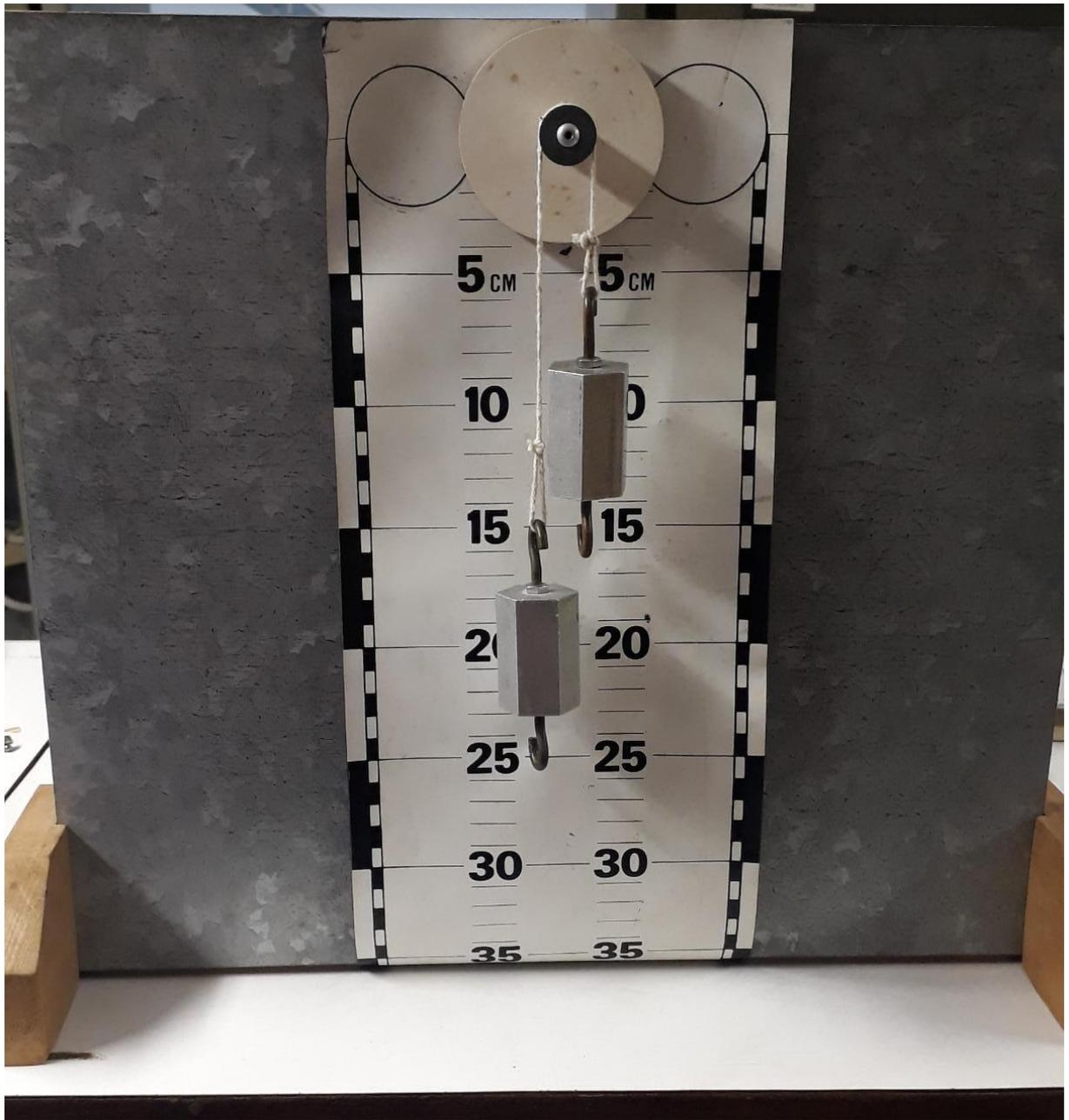


FIGURA 13:

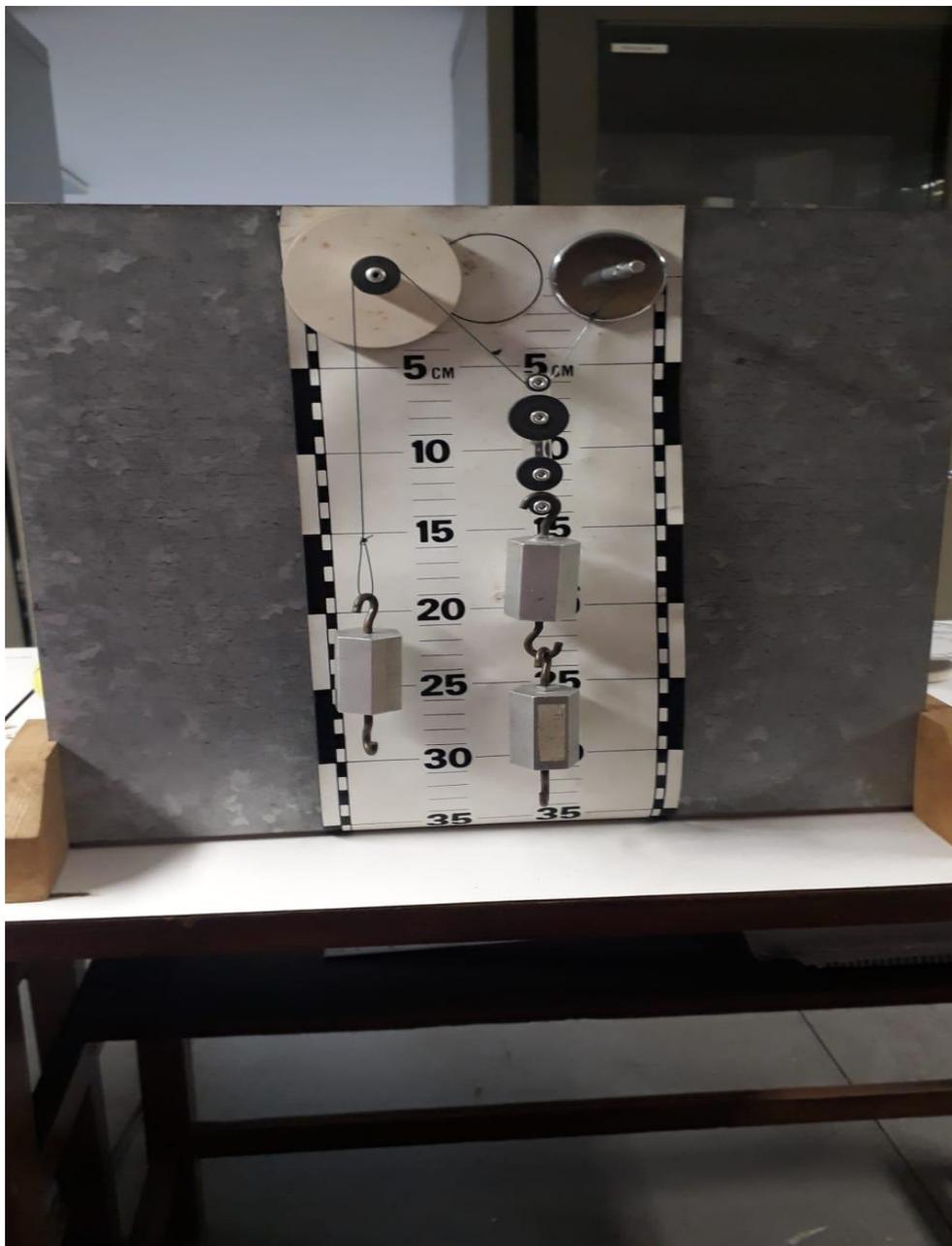


FIGURA 14:

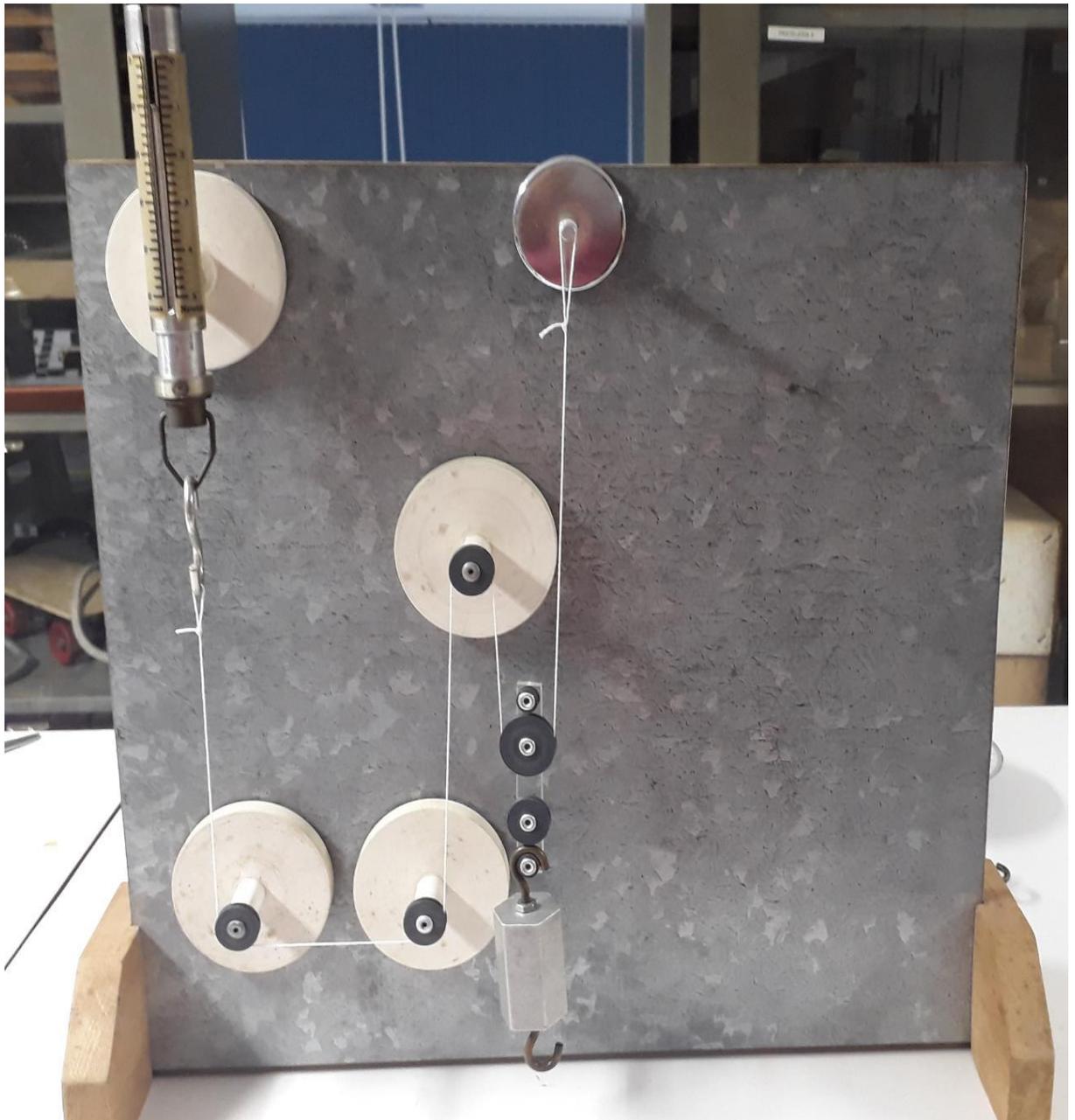


FIGURA 15:



## **16ª EXPERIÊNCIA:**

### **OBJETIVO:**

1) ESTUDAR O SISTEMA COMPOSTO POR UMA ROLDANA MÓVEL E UMA ROLDANA FIXA.

### **MATERIAL:**

- 1) TRÊS CORPOS DE PESO 1N;
- 2) UMA ROLDANA FIXA;
- 3) UMA ROLDANA MÓVEL;
- 4) FIO (III)

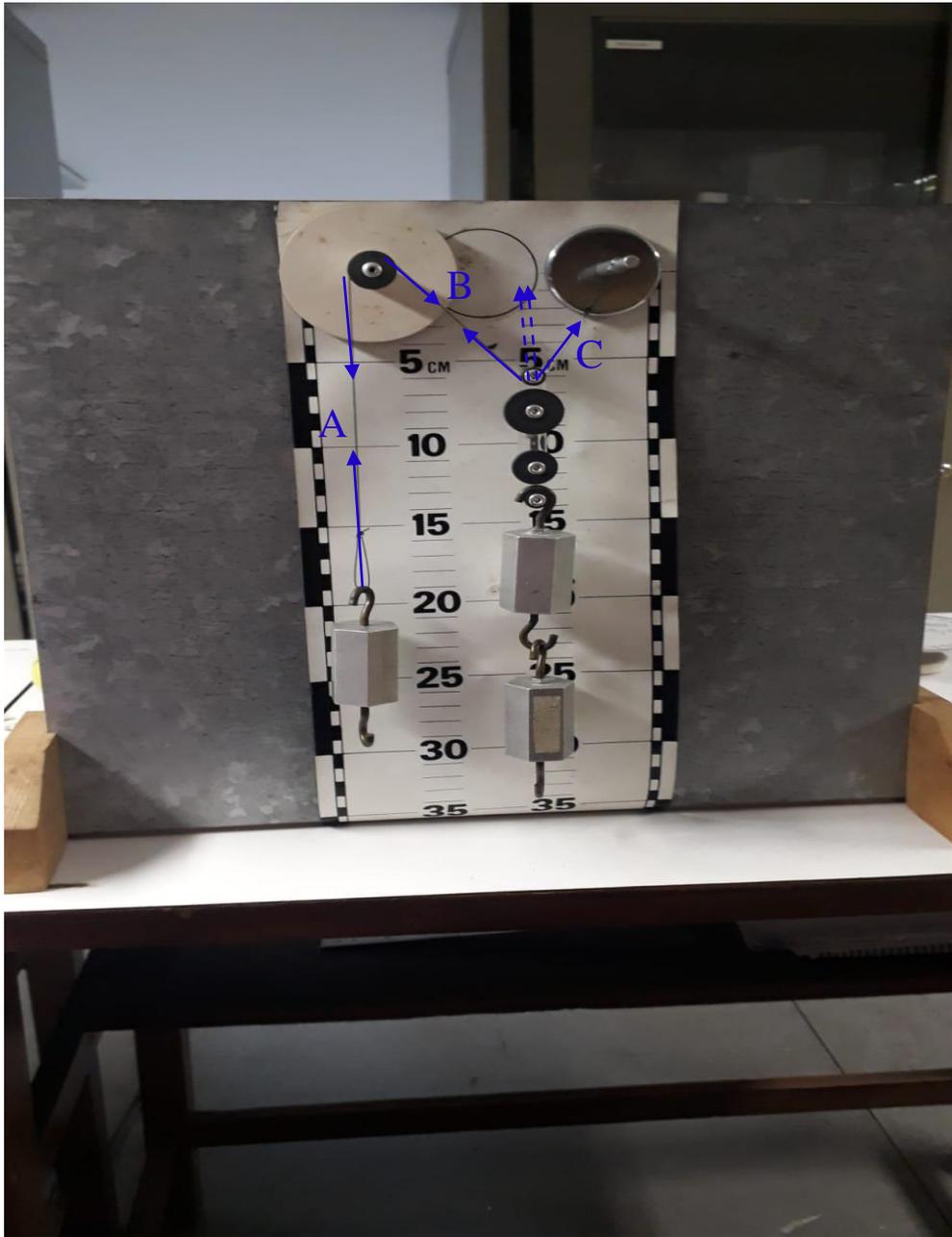
### **EXPERIMENTO:**

MONTE A EXPERIÊNCIA SEGUNDO O MODELO EM ANEXO.

COMO DEIXAMOS CLARO NAS EXPERIÊNCIAS ANTERIORES, QUANDO FAZEMOS A ANÁLISE DE UM CONJUNTO DE ROLDANAS, DEVEMOS SABER QUE EM UMA ROLDANA MÓVEL, A FORÇA QUE ESTÁ SENDO SUSTENTADA SE DIVIDE EM DUAS PARTES IGUAIS E QUE PARA UMA ROLDANA FIXA A FORÇA QUE ATUA DE UM LADO DEVE SER IGUAL A FORÇA QUE A SUSTENTA DO OUTRO LADO.

ANALISAREMOS A FIGURA COMEÇANDO PELO PONTO C:

- AO ATRAVESSAR A ROLDANA MÓVEL, A FORÇA DO CORPO DE 1N “PASSA” PARA O FIO B E TEREMOS ENTÃO DUAS FORÇAS VOLTADAS PARA “CIMA” NOS FIOS C E B SUSTENTANDO O SISTEMA DE TRÊS CORPOS JUNTAMENTE COM A FORÇA NO FIO A, QUE POR SUA VEZ ESTÁ PRESO À ROLDANA MÓVEL.



## **17ª EXPERIÊNCIA:**

### **OBJETIVO:**

1) VERIFICAR A LEI DE HOOKE E DETERMINAR A CONSTANTE DA MOLA.

### **MATERIAL:**

- 1) UMA MOLA;
- 2) UM SUPORTE;
- 3) DOIS PESOS DE 1N;
- 4) UMA RÉGUA PARA O QUADRO NEGRO.
- 5) FIO (III).

### **EXPERIMENTO:**

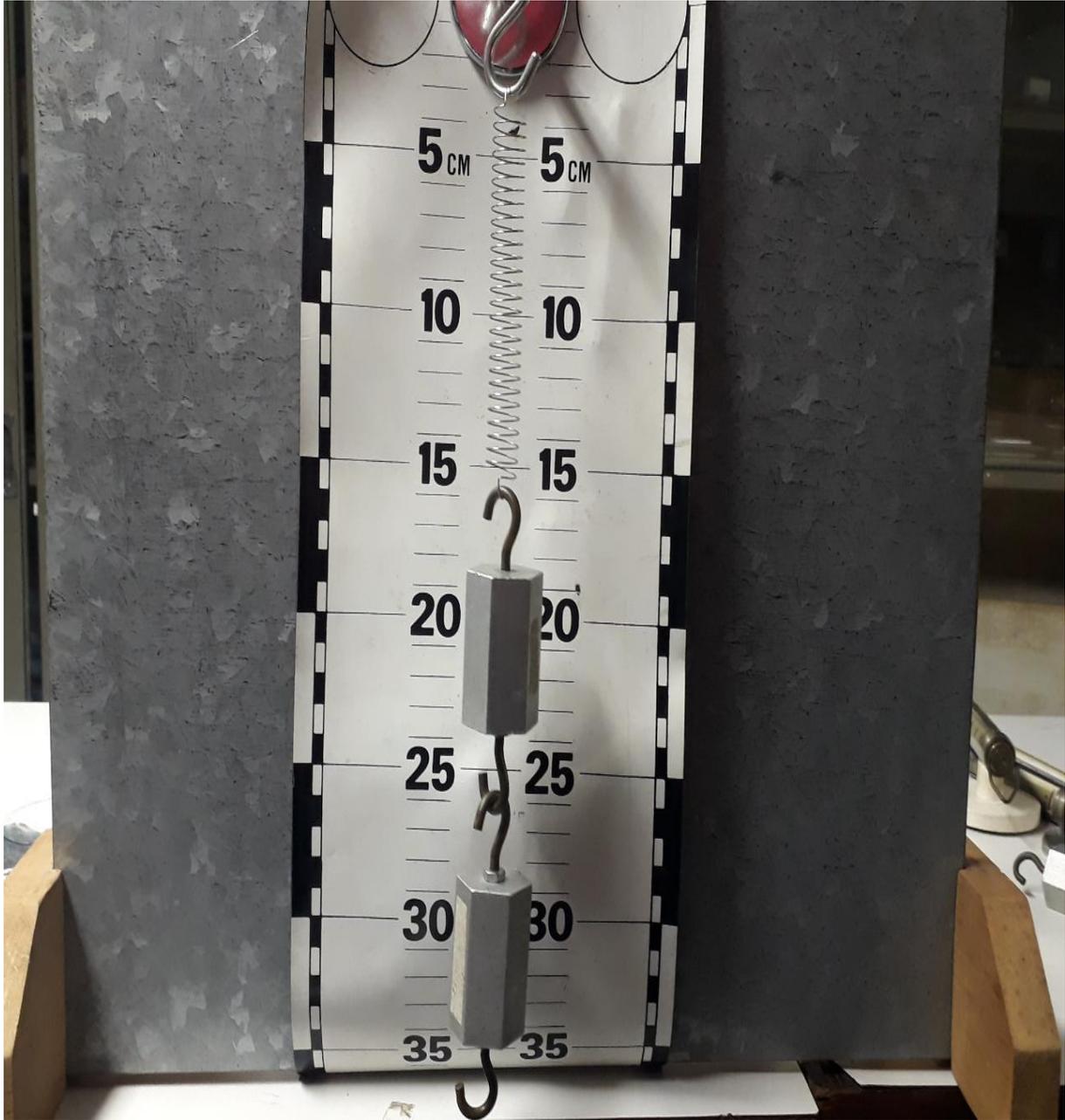
MONTE A EXPERIÊNCIA SEGUNDO O MODELO EM ANEXO.

VERIFIQUE QUAL A POSIÇÃO INICIAL DA MOLA SEM A AÇÃO DOS PESOS, EM SEGUIDA PENDURE UM OU DOIS CORPOS DE 1N NA MOLA E SOLTE-A, MARQUE NOVAMENTE A POSIÇÃO DO CENTRO DE MASSA DOS CORPOS E ANOTE ESSE DESLOCAMENTO, ESSA MEDIDA SERÁ O NOSSO **X**.

SABEMOS INICIALMENTE QUAL O PESO DOS CORPOS QUE PENDURAMOS NA MOLA, FAZEMOS ENTÃO O SEGUINTE CÁLCULO:

$$F = K \cdot x$$

PODEMOS REPETIR ESSA EXPERIÊNCIA USANDO MAIS DE UM OU DOIS PESOS, O QUE NOS FACILITARÁ NA VERIFICAÇÃO DA CONSTANTE DA MOLA QUANDO COMPARARMOS OS VALORES ENCONTRADOS.



## **18ª EXPERIÊNCIA:**

### **OBJETIVO :**

1) COMPARAR E CALCULAR O PERÍODO DE UMA MASSA VIBRANDO EM UMA MOLA COM MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES.

### **MATERIAL:**

- 1) DOIS CORPOS DE MASSA 100 GRAMAS CADA;
- 2) UMA MOLA;
- 3) UM SUPORTE PARA PRENDER A MOLA.

### **EXPERIMENTO:**

MONTE A EXPERIÊNCIA SEGUNDO O MODELO EM ANEXO.

FAZEMOS A MOLA VIBRAR UM CERTO NÚMERO DE VEZES, COMO NO EXEMPLO, 50 VEZES, ANOTANDO O TEMPO TOTAL QUE A MOLA FICA VIBRANDO, EM SEGUIDA PARA SABER O PERÍODO, DIVIDIMOS O TEMPO TOTAL PELO NÚMERO DE VEZES QUE A MOLA OSCILOU, OBTEMOS ENTÃO O PERÍODO.

$$T = \frac{\text{TEMPO DE } N \text{ VIBRAÇÕES}}{N \text{ VIBRAÇÕES}}$$

PODEMOS CALCULAR O PERÍODO DE CADA VIBRAÇÃO DA MOLA EFETUANDO O SEGUINTE CÁLCULO:

- 1) PRECISAMOS SABER INICIALMENTE A CONSTANTE DA MOLA:

$$F = K \cdot x$$

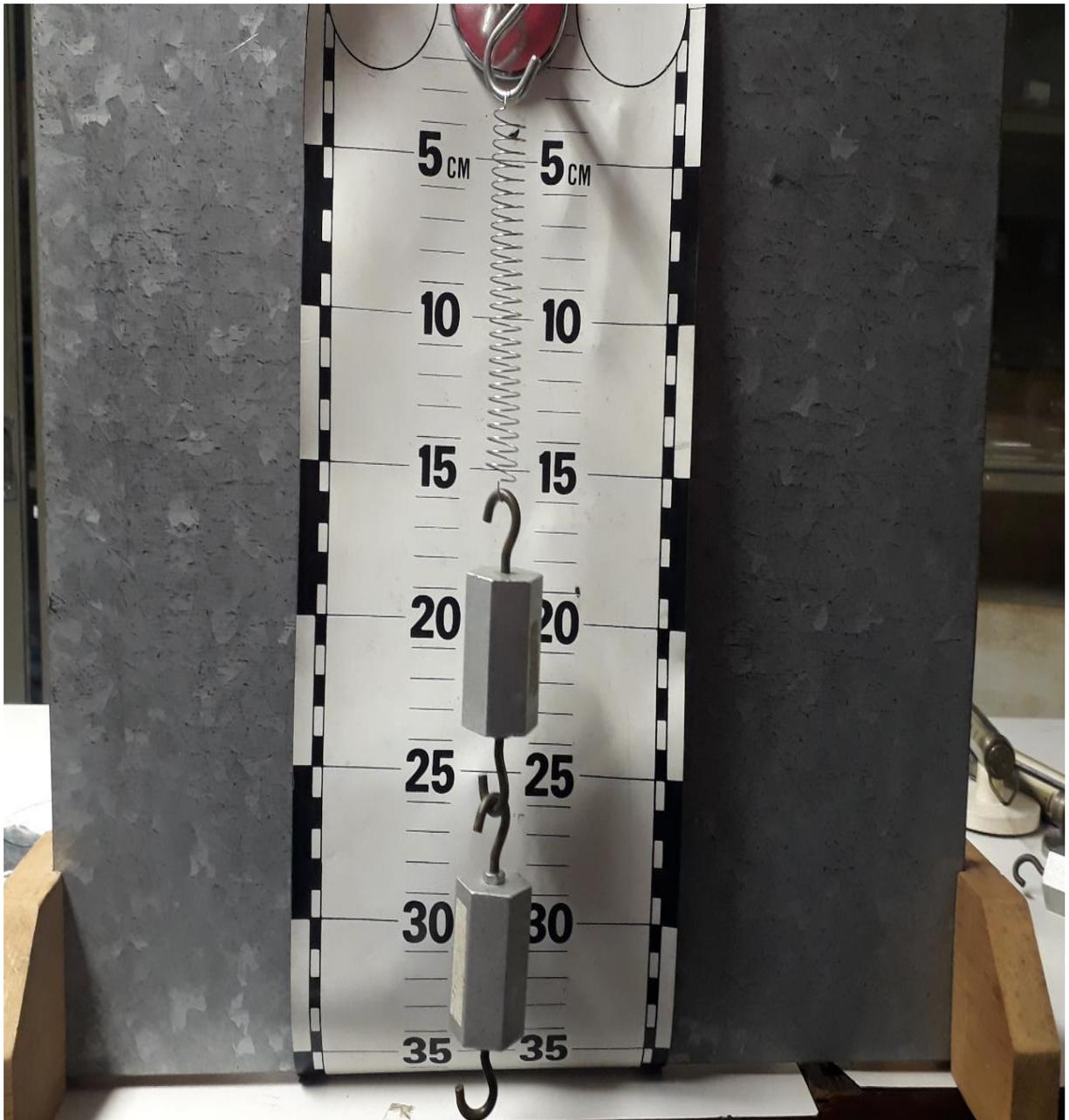
ONDE:

- $K$  É A CONSTANTE DA MOLA;
- $F$  É O PESO DO CORPO PENDURADO NA MOLA;
- $x$  É O DESLOCAMENTO QUE A MOLA SOFRE. ( PARA SABERMOS ESSE DESLOCAMENTO, PERCISAMOS SABER A POSIÇÃO DE RELAXAMENTO, OU SEJA, QUANDO A MOLA NÃO SOFRE AÇÃO DE FORÇA ALGUM; )

- 2) USAMOS A SEGUINTE FÓRMULA PARA CALCULARMOS O PERÍODO:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\left(\frac{M}{K}\right)}$$

- $M$  É A MASSA DO CORPO PENDURADO NA MOLA.



## **19ª EXPERIÊNCIA:**

### **OBJETIVO:**

1) CALCULAR A CONSTANTE EQUIVALENTE DE UM SISTEMA FORMADO POR DUAS MOLAS OSCILANDO EM UM MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES.

### **MATERIAL:**

- 1) DUAS MOLAS EM PARALELO;
- 2) TRÊS CORPOS DE 1N;
- 3) UM SUPORTE FIXO;

### **EXPERIMENTO:**

MONTE A EXPERIÊNCIA SEGUNDO O MODELO EM ANEXO.  
TOMAMOS O CUIDADO DE MONTAR A EXPERIÊNCIA, DEIXANDO AS MOLAS EM PARALELO.

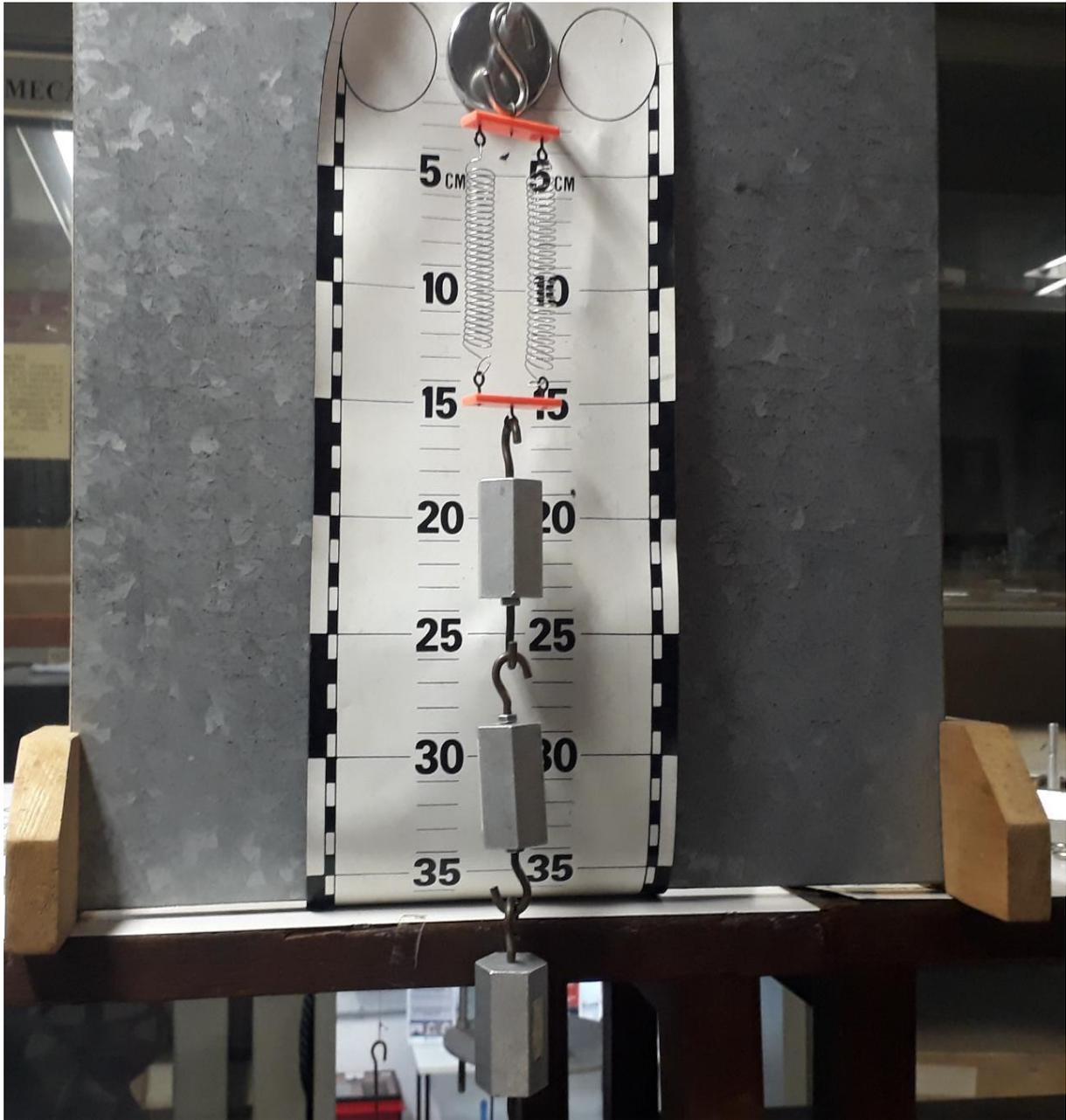
NESTA EXPERIÊNCIA, FAREMOS VÁRIAS MEDIÇÕES COM MASSAS DIFERENTES, PARA COMEÇAR COLOCAREMOS APENAS UM CORPO PENDURADO, EM SEGUIDA COLOCAREMOS OUTRO CORPO, ATÉ UM TOTAL DE 3 CORPOS PENDURADOS.

CALCULAMOS O PERÍODO PARA CADA MASSA, DEIXANDO O SISTEMA OSCILAR POR UM DETERMINADO NÚMERO DE VEZES, MARCANDO O TEMPO, EM SEGUIDA DIVIDIMOS O TEMPO TOTAL PELO NÚMERO DE OSCILAÇÕES, O QUE NOS DARÁ O PERÍODO POR CADA OSCILAÇÃO.

TEMOS AGORA CONDIÇÕES DE CALCULAR O K CORRESPONDENTE AO SISTEMA COMPOSTO DE DUAS MOLAS PELA SEGUINTE FÓRMULA:

$$K = \frac{4\pi^2}{T^2} \cdot (M)$$

- M É A MASSA TOTAL SUSPENSA PELO SISTEMA DE MOLAS.



## **20ª EXPERIÊNCIA:**

### **OBJETIVO:**

1) COMPARAR O PERÍODO DO MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES DO SISTEMA MASSA-MOLA QUANDO DUAS MOLAS ESTÃO LIGADAS UMA A OUTRA ( SITUAÇÃO A ), E QUANDO AS DUAS ESTÃO LIGADAS A UM CORPO, SENDO UMA EMBAIXO E OUTRA EM CIMA ( SITUAÇÃO B ), COMO MOSTRA O MODELO EM ANEXO.

### **MATERIAL:**

- 1) DUAS MOLAS;
- 2) DOIS SUPORTES;
- 3) UM CORPO DE 1N .

### **EXPERIMENTO:**

MONTE A EXPERIÊNCIA SEGUNDO O MODELO EM ANEXO. COMEÇANDO COM A SITUAÇÃO “A”, DEIXANDO OSCILAR CERCA DE 20 VEZES, MEDINDO O TEMPO, E PARA SABERMOS O TEMPO DE CADA PERÍODO, BASTA APENAS DIVIDIRMOS ESSE TEMPO TOTAL PELO NÚMERO TOTAL DE OSCILAÇÕES.

MUDAMOS O ARRANJO DA EXPERIÊNCIA E FAZEMOS A MESMA MEDIÇÃO.

NOTAREMOS QUE O PERÍODO DE “A” É DUAS VEZES O PERÍODO DE “B”.

- O PERÍODO PARA O CASO “A”:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\left(\frac{2m}{K}\right)}$$

- O PERÍODO PARA O CASO “B”:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\left(\frac{m}{2K}\right)}$$

Situação A:



**Situação B:**



## **21ª EXPERIÊNCIA:**

### **OBJETIVO:**

- 1) DEMONSTRAR A RESSONÂNCIA MECÂNICA.

### **MATERIAL:**

- 1) DUAS MOLAS;
- 2) DOIS CORPOS DE MASSA 100 GRAMAS;
- 3) UMA BARRA PERFURADA;
- 4) DOIS SUPORTES PARA A BARRA;
- 5) UM QUADRO DE MEDIDAS.

### **EXPERIMENTO:**

MONTE A EXPERIÊNCIA COMO O MODELO EM ANEXO.

PENDURAMOS UM CORPO DE MASSA 100 GRAMAS (EQUIVALENTE A 1N) NA MOLA QUE ESTÁ SITUADA A DIREITA DA BARRA, E DEIXAMOS O CONJUNTO EM REPOUSO, DEIXANDO ATUAR NA MOLA SOMENTE A FORÇA DO CORPO.

PENDURAMOS EM OUTRA MOLA AO LADO ESQUERDO DA BARRA, UM OUTRO CORPO DE MASSA EQUIVALENTE, SUSPENSO A 5 cm DO CENTRO DA OUTRO CORPO, COMO MOSTRADO NA FIGURA.

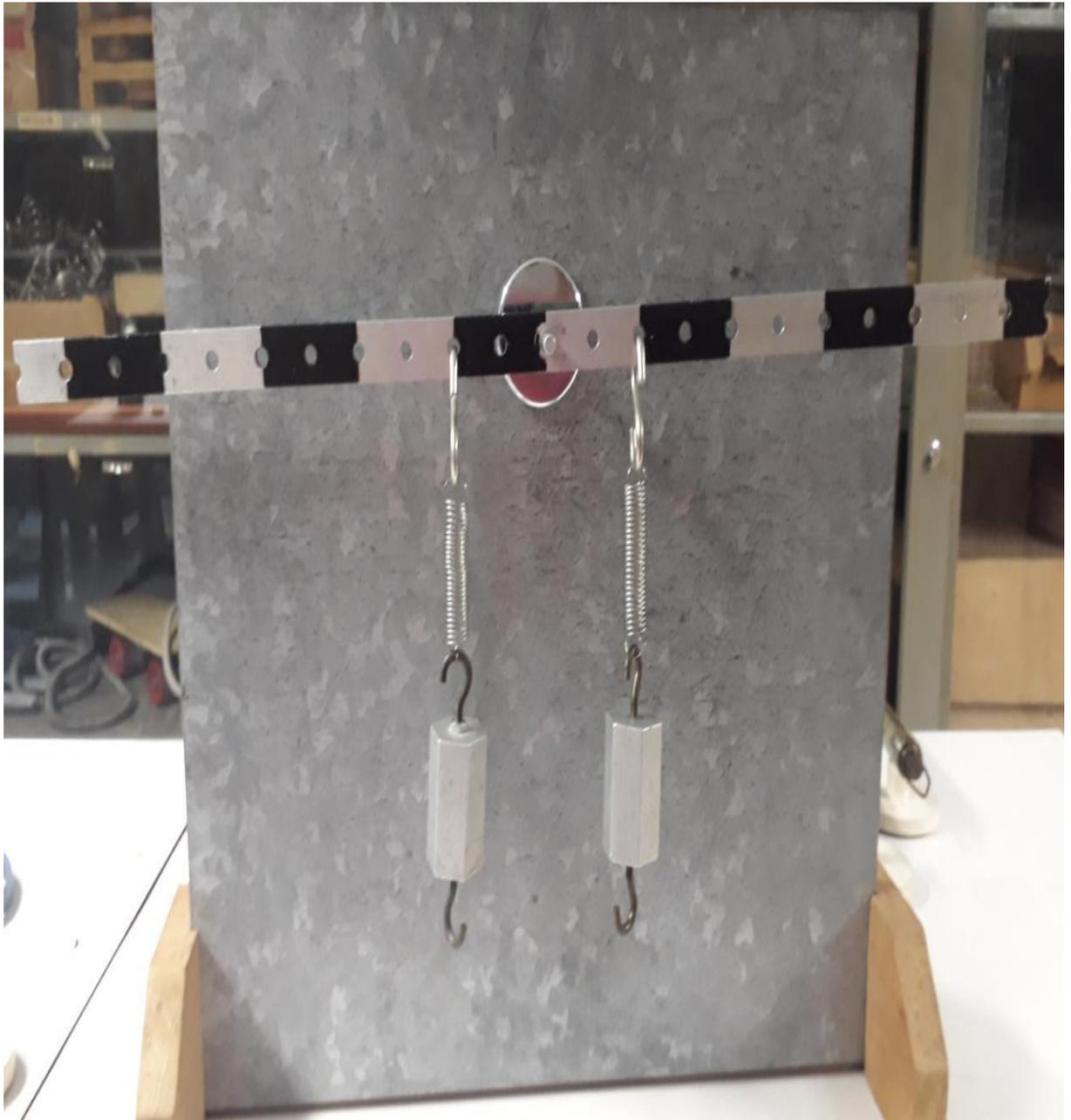
EM SEGUIDA SOLTAMOS O SISTEMA MASSA-MOLA DA ESQUERDA, E ESSE COMEÇARÁ A OSCILAR EM UM MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES, O QUE IMPLICARÁ NUMA OSCILAÇÃO DO SISTEMA MASSA-MOLA DA DIREITA, ADQUIRINDO ESSE UMA AMPLITUDE DE APROXIMADAMENTE 5cm.

DEVE SER OBSERVADO QUE À MEDIDA QUE O CONJUNTO COMEÇA A OSCILAR JUNTO, INSTANTES DEPOIS, A AMPLITUDE DO SISTEMA MASSA-MOLA DA ESQUERDA COMEÇA A DIMINUIR CHEGANDO A UM PONTO QUE PARA DE OSCILAR E O SISTEMA DA DIREITA OSCILA SOZINHO.

OBSERVAMOS QUE SE CONTINUARMOS A EXPERIÊNCIA, O SISTEMA DA ESQUERDA COMEÇARÁ A VIBRAR JUNTO COM O DA DIREITA, E ESSE AGORA COMEÇA A PERDER AMPLITUDE, DEIXANDO OSCILAR SOMENTE O SISTEMA DA ESQUERDA.

SE O MOVIMENTO CONTINUA, A ENERGIA FLUI DE UM SISTEMA PARA OUTRO, ATÉ QUE O SISTEMA INTEIRO ENTRE EM REPOUSO.

A RESSONÂNCIA MECÂNICA OCORRE SOMENTE QUANDO OS PERÍODOS DE OSCILAÇÃO DOS CORPOS SÃO OS MESMOS, PARA COMPROVAR, ACRESCENTAREMOS MAIS UM CORPO DE 1N A UM DOS SISTEMAS E REPETIMOS A EXPERIÊNCIA.



## **22ª EXPERIÊNCIA:**

### **OBJETIVO:**

- 1) LOCALIZAR O CENTRO DE MASSA DE UMA FIGURA IRREGULAR.

### **MATERIAL:**

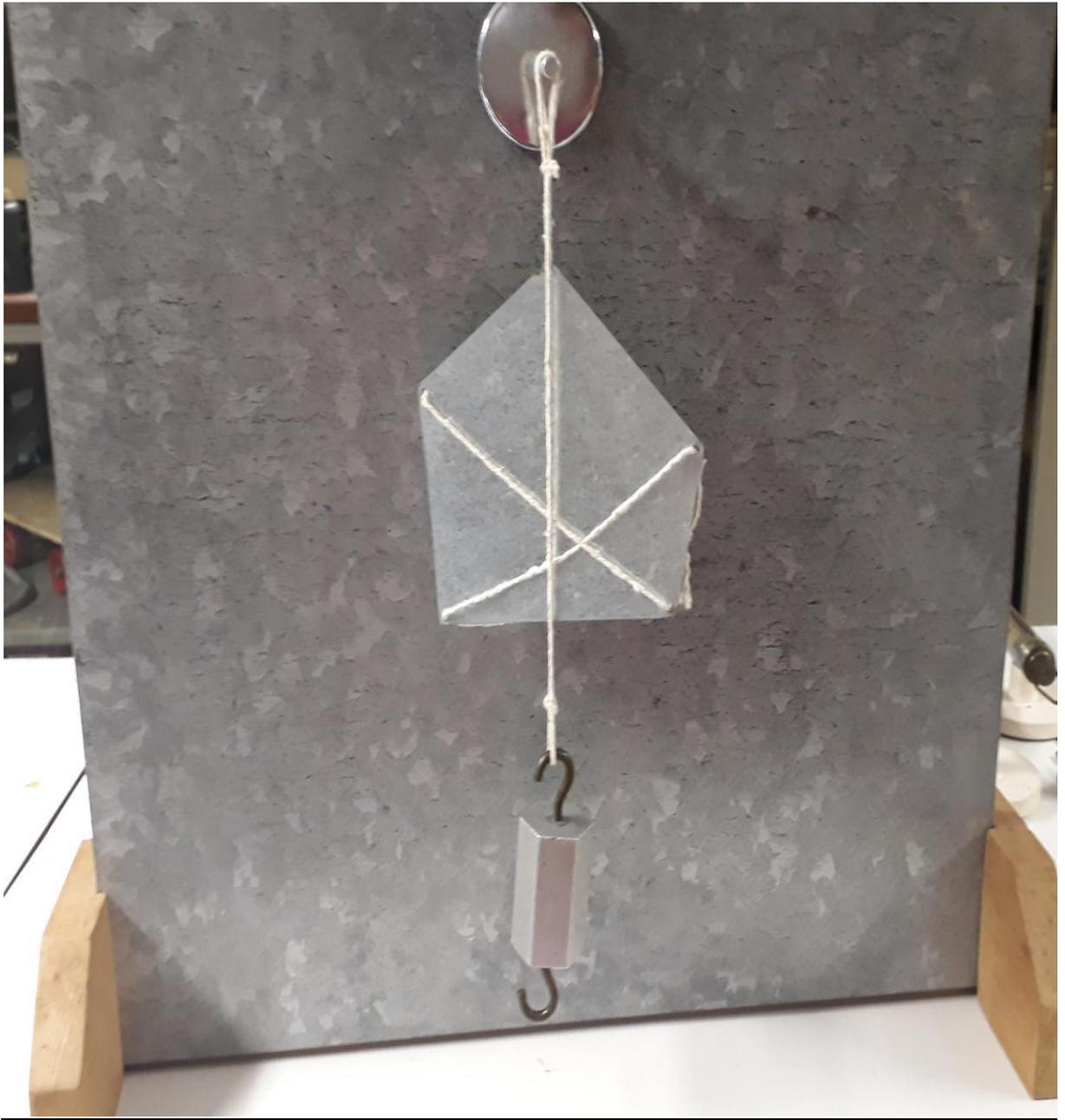
- 1) UM SUPORTE;
- 2) FIO (II);
- 3) UMA PLANO;
- 4) UM FIO COM UM CORPO NA EXTREMIDADE.

### **EXPERIMENTO:**

MONTE A EXPERIÊNCIA COMO O MODELO EM ANEXO.  
PENDURAMOS O PLANO LIVREMENTE NO SUPORTE.  
PENDURAMOS TAMBÉM O FIO COM UM CORPO NA EXTREMIDADE  
NO MESMO SUPORTE DO PLANO.

AMARRE UM DOS FIOS EM QUALQUER UM DOS BURACOS  
EXISTENTES NO PLANO E TAMBÉM O OUTRO FIO EM OUTRO BURACO,  
FAZENDO-OS ATRAVESSAR A ÁREA DO PLANO DE UMA EXTRAMIDADE  
A OUTRA.

PARA DESCOBRIRMOS O CENTRO DE MASSA, CRUZAMOS OS FIOS  
ATÉ QUE SEU PONTO DE INTERSEÇÃO COINCIDA O FIO QUE  
PENDURAMOS ANTERIORMENTE NO MESMO SUPORTE DO PLANO, ESTE  
ENTÃO SERÁ O PONTO EXPERIMENTAL MAIS PRÓXIMO DO CENTRO DE  
MASSA REAL DO PLANO.



## **23<sup>a</sup> EXPERIÊNCIA:**

### **OBJETIVO:**

1) DEMONSTRAR QUE A FORÇA DE ATRITO ENTRE DUAS SUPERFÍCIES INDEPENDE DA ÁREA DE CONTATO.

### **MATERIAL:**

- 1) UM PLANO INCLINADO;
- 2) UM BLOCO RETANGULAR COM UMA SUPERFÍCIE COM TEFLON.
- 3) UM CORPO DE MASSA 100 GRAMAS.
- 4) FIO (II)

### **EXPERIMENTO:**

MONTE A EXPERIÊNCIA COMO NO MODELO EM ANEXO.

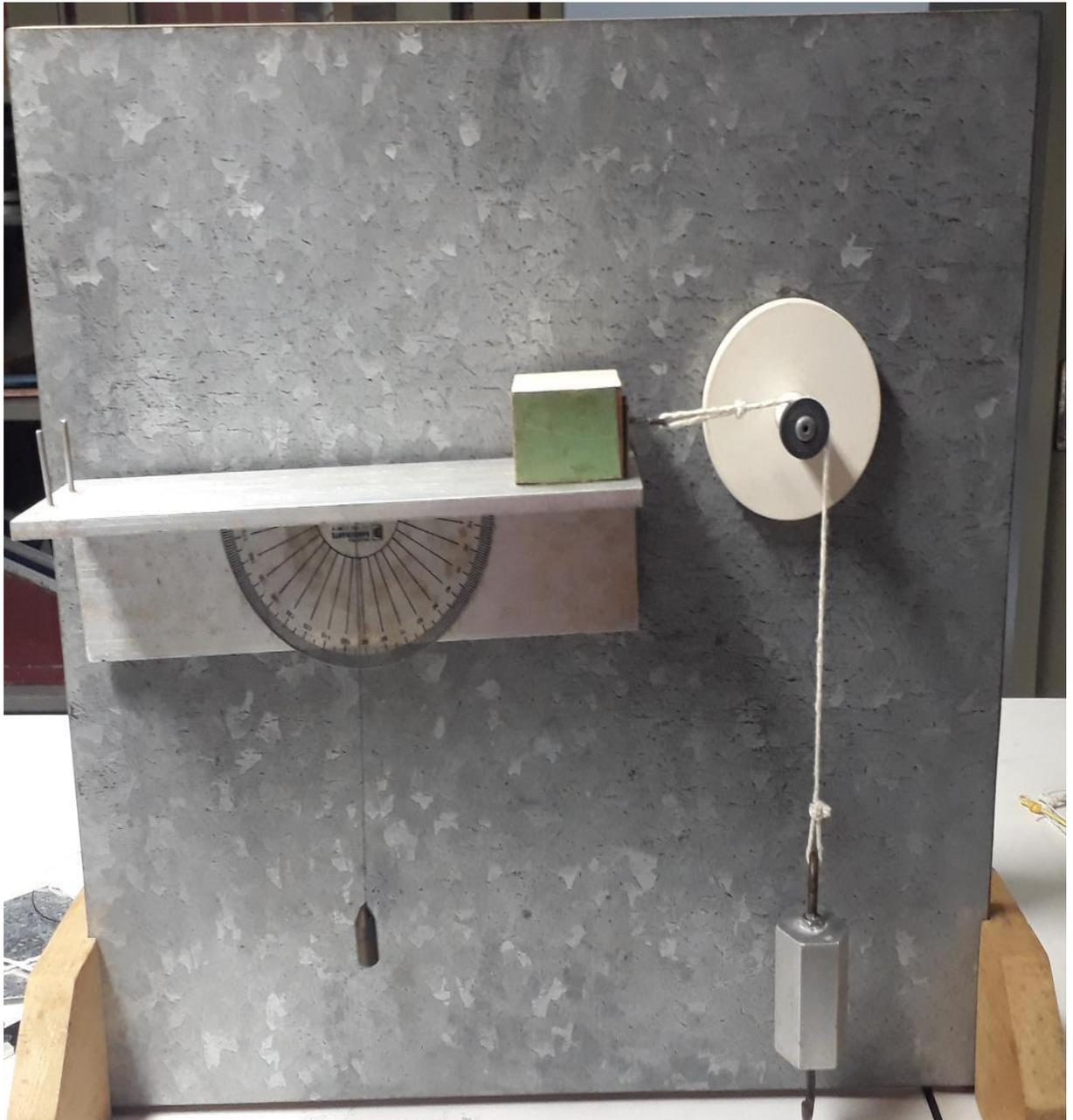
O PLANO É MONTADO SOBRE O QUADRO NEGRO COM UM ÂNGULO DE APROXIMADAMENTE  $20^\circ$ . O BLOCO É COLOCADO COM A SUPERFÍCIE MAIOR DE CONTATO SOBRE O PLANO, SUSTENTADO POR UMA FORÇA DE 1N PROVINIENTE DO CORPO QUE SE ENCONTRA NA VERTICAL.

O PLANO INCLINADO É ENTÃO GIRADO FAZENDO COM QUE EM UM DETERMINADO ÂNGULO, O BLOCO POSSA DESLIZAR SOBRE A SUPERFÍCIE DO PLANO VAGAROSAMENTE.

COLOCAREMOS AGORA EM CONTATO COM A SUPERFÍCIE DO PLANO O LADO DO BLOCO QUE TEM ÁREA MENOR QUE A ANTERIOR, COMO PODEMOS VER NO MODELO EM ANEXO.

GIRAMOS O PLANO ATÉ QUE O BLOCO POSSA DESLIZAR SUAVEMENTE SOBRE A SUPERFÍCIE DO PLANO, NOTAREMOS QUE A VELOCIDADE E O ÂNGULO DE INCLINAÇÃO SÃO PRATICAMENTE IDÊNTICOS.

O FATO É QUE ESSES SISTEMAS MOVEM-SE COM A MESMA VELOCIDADE PARA AMBAS AS SUPERFÍCIES DE CONTATO, INDICANDO QUE O RETARDAMENTO DO MOVIMENTO NÃO DEPENDE DA ÁREA DE CONTATO, SENDO O MESMO NOS DOIS CASOS.



## **24ª EXPERIÊNCIA:**

### **OBJETIVO:**

1) DEMONSTRAR QUE A FORÇA DE ATRITO É UMA FUNÇÃO DA FORÇA NORMAL SOBRE A SUPERFÍCIE DESLIZANTE DO OBJETO.

### **MATERIAL:**

- 1) O PLANO INCLINADO;
- 2) UM BLOCO RETANGULAR;
- 3) DOIS OU TRÊS CORPOS DE MASSA 100 GRAMAS CADA;
- 4) FIO (II).

### **EXPERIMENTO:**

MONTE A EXPERIÊNCIA COMO O MODELO EM ANEXO.  
COLOCAMOS O BLOCO COM A SUPERFÍCIE COM TEFLON VOLTADA PARA CIMA. O PESO DE 1N É PENDURADO NO FIO, ENTÃO O BLOCO É ARRASTADO PELO PLANO, DEVIDO AO PESO DO BLOCO QUE PENDURAMOS.

A FORÇA DE ATRITO É CALCULADA PELA FÓRMULA:

$$F_a = F_N \cdot \mu$$

$F_a$  = FORÇA DE ATRITO;

$F_N$  = FORÇA NORMAL;

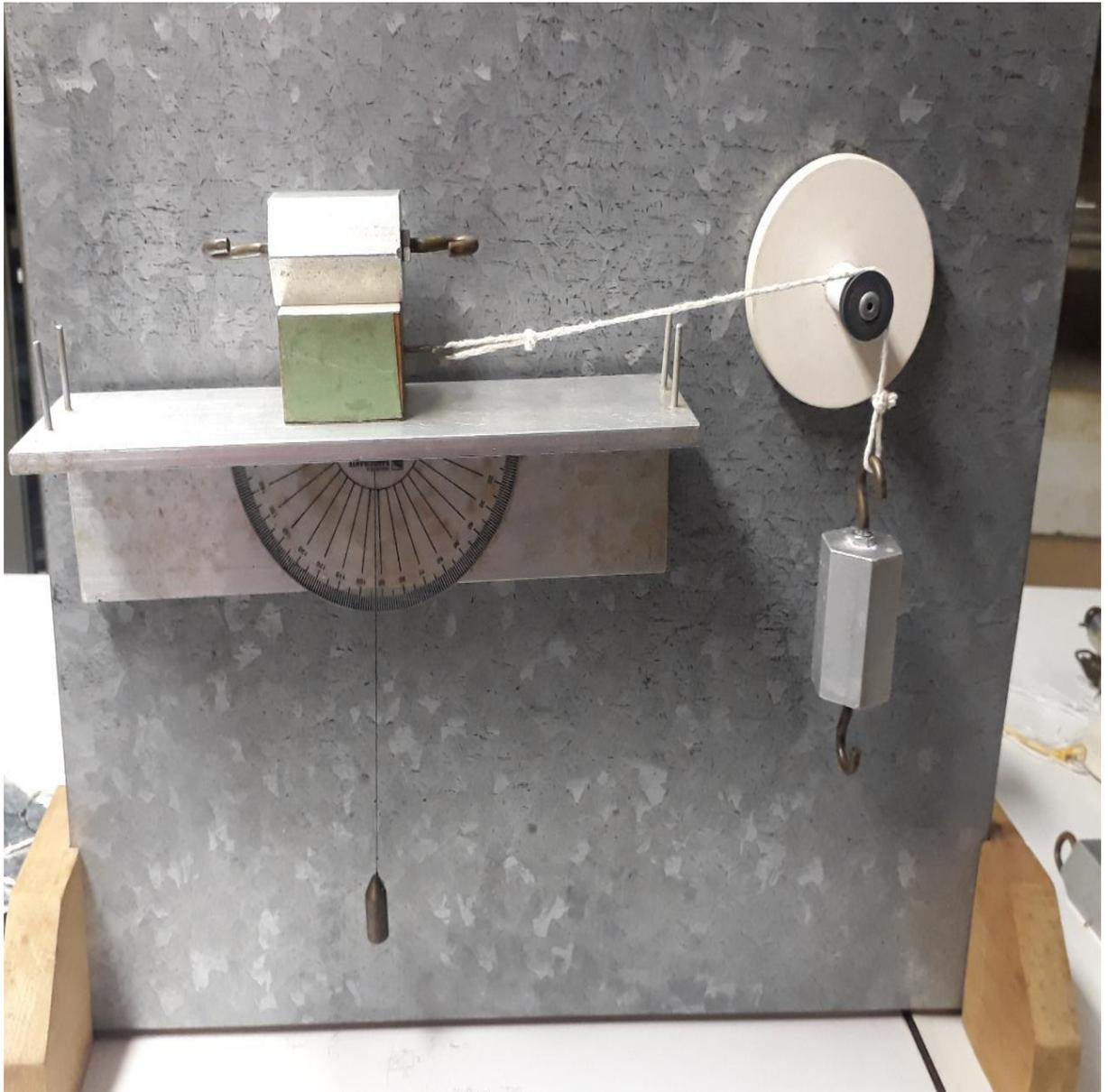
$\mu$  = COEFICIENTE DE ATRITO.

$$F_N = M \cdot g$$

AGORA COLOCAMOS SOBRE O BLOCO OUTROS PESOS, FAZENDO ISSO ESTAREMOS AUMENTANDO A FORÇA NORMAL DO CONJUNTO “BLOCO + PESOS”.

PERCEBEMOS SE SOLTARMOS O SISTEMA, O CORPO PENDURADO NÃO CONSEGUE PUXAR O CONJUNTO DE PESOS, JUSTAMENTE PORQUE COLOCAMOS MAIS PESOS COM ISSO AUMENTAMOS A FORÇA NORMAL, POR CONSEQUENTE AUMENTAMOS TAMBÉM A FORÇA DE ATRITO.

$F_a = F_n \times \mu$ ; E  $F_n = ( M+m ) \times g$ , ONDE  $m$  É A MASSA DOS CORPOS QUE COLOCAMOS POSTERIORMENTE SOBRE O BLOCO.



## **25ª EXPERIÊNCIA:**

### **OBJETIVO:**

1) DEMONSTRAR QUE O COEFICIENTE DE ATRITO (ESTÁTICO OU DINÂMICO ) DEPENDE DA NATUREZA DAS SUPERFÍCIES.

### **MATERIAL:**

- 1) UM PLANO INCLINADO;
- 2) UM BLOCO COM TEFLON;
- 3) UM CORPO DE MASSA 50 GRAMAS.
- 4) FIO (II)

### **EXPERIMENTO:**

MONTE A EXPERIÊNCIA SEGUNDO O MODELO EM ANEXO.  
COLOQUE O BLOCO COM A SUPERFÍCIE DE TEFLON VOLTADA PARA BAIXO, AJUSTANDO A INCLINAÇÃO DO PLANO ATÉ QUE O BLOCO POSSA DESLIZAR SUAVEMENTE PARA CIMA.

AGORA COLOQUE A LADO COM TEFLON VOLTADO PARA CIMA, MANTENDO O MESMO ÂNGULO DE INCLINAÇÃO ANTERIOR, PERCEBEMOS QUE O BLOCO NÃO SE MOVE MAIS.

AMBOS OS COEFICIENTES DE ATRITO( ESTÁTICO E DINÂMICO ) SÃO REDUZIDOS QUANDO COLOCAMOS A SUPERFÍCIE DE TEFLON EM CONTATO COM A SUPERFÍCIE DO PLANO, COM ISSO, A FORÇA DE ATRITO TAMBÉM DIMINUI, POIS:

$$F_a = F_N \cdot \mu$$

A FORÇA DE ATRITO É DIRETAMENTE PROPORCIONAL AO COEFICIENTE DE ATRITO.

