

MLEQ226A



*a Ciência além  
das fórmulas*



## Livro de Atividades Experimentais

Física Experimental - Mecânica - Conjunto oscilações II - analisador de MH para computador com SONAR, interface e software - EQ226A

Rev.05



# Física Experimental - Mecânica - Conjunto oscilações II - analisador de MH para computador com SONAR, interface e software - EQ226A.

Índice Remissivo .....	3
<b>Abertura</b> .....	<b>4</b>
<b>Garantee / Garantia</b> .....	<b>5</b>
Certificado de Garantia Internacional .....	5
As instruções identificadas no canto superior direito da página pelos números que se iniciam pelos algarismos "199..." são destinadas ao professor. ....	5
International Certificate of Guarantee .....	5
All of the basic instructions identifies by numbers beginning with "199 . . ." are meant for use by teachers. ....	5
<b>PCN</b> .....	<b>5</b>
Os produtos Cidepe são adequados aos Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN .....	5
<b>1992.122_0</b> .....	<b>6</b>
Conheça o conjunto oscilações II com analisador de MH para computador, SONAR, interface e software. ....	6
<b>1992.122_A</b> .....	<b>8</b>
A montagem mecânica do analisador. ....	8
<b>1992.018D_1B</b> .....	<b>10</b>
Conheça o sistema USB CidepeLab. ....	10
• Características elétricas. ....	10
• Características gerais do software. ....	10
• Principais características do software. ....	10
<b>1992.018DB</b> .....	<b>11</b>
A interface Lab200 USB. ....	11
• Funcionamento e conexões. ....	11
• Como conectar os sensores à interface. ....	11
<b>1992.140</b> .....	<b>13</b>
Como selecionar ou fazer a troca de fusível. ....	13
Aparelhos que operam com tensão única (110 Vac ou 220 Vac). ....	13
• O fusível reserva. ....	13
• A troca do fusível. ....	13
Aparelhos que podem operar tanto em 110 Vac quanto em 220 Vac. ....	14
• Com etiqueta ETIQ006 e mudança de fusível. ....	14
• O ajuste da tensão em conformidade com a tensão local. ....	14
• 220 Vac. ....	14
• 110 Vac. ....	14
• A troca do fusível. ....	14
• O fusível reserva. ....	14
• Com etiqueta ETIQ007 sem mudança de fusível. ....	15
• O ajuste da tensão em conformidade com a tensão local. ....	15
• 220 Vac. ....	15
• 110 Vac. ....	15
• A troca de fusível. ....	15
• O fusível reserva. ....	15
O cabo de força. ....	16
• Atenção! Nunca retire o pino TERRA do cabo de força que acompanha o equipamento. ....	16
<b>1992.122_B</b> .....	<b>17</b>
As conexões elétricas do analisador. ....	17
• Conexões elétricas com a fonte CC. ....	17
• Conexão do SONAR à interface. ....	17
<b>1992.122_C</b> .....	<b>18</b>
Como adquirir o sinal do SONAR através da interface. ....	18
• Passo a passo para a aquisição do sinal. ....	18
<b>1032.052_A</b> .....	<b>20</b>
As molas helicoidais e a lei de Hooke. ....	20
• A constante elástica da mola helicoidal. ....	21
• A terceira lei de Newton. ....	21

# Física Experimental - Mecânica - Conjunto oscilações II - analisador de MH para computador com SONAR, interface e software - EQ226A.

• A força restauradora aplicada pela mola. ....	21
A associação de molas helicoidais em série. ....	22
A associação de molas helicoidais em paralelo. ....	22
<b>1032.056_A</b> .....	<b>23</b>
O trabalho e a energia numa mola. ....	23
• A energia potencial elástica e a energia cinética no sistema. ....	24
• A energia potencial elástica. ....	24
• A energia cinética, energia de movimento. ....	25
• O princípio da conservação de energia mecânica. ....	25
<b>1072.008_A</b> .....	<b>26</b>
MHS num sistema massa e mola helicoidal. ....	26
• A equação diferencial que define o MHS. ....	26
<b>1032.012_B</b> .....	<b>29</b>
O oscilador massa e mola. ....	29

# Física Experimental - Mecânica - Conjunto oscilações II - analisador de MH para computador com SONAR, interface e software - EQ226A.

## Índice Remissivo

### A

- aceleração 26
- associação de molas em série 22

### C

- conexão da interface ao computador 11
- constante elástica (constante de elasticidade) 24
- constante elástica da mola helicoidal 27

### D

- defasagem do móvel 26
- deformação permanentemente 20

### E

- energia armazenada na mola 27
- energia cinética 24, 25
- energia num sistema massa e mola 23
- energia potencial elástica 24, 27
- equação de definição do MHS 26
- equação diferencial que define o MHS 26, 27
- equação em seno do MHS 28

### F

- força restauradora aplicada pela mola 21
- força variável 24

### L

- lei de Hooke 20, 27

### M

- MHS executado num sistema massa e mola 26
- molas helicoidais 20
- móvel de referência 26
- movimento em fase 26

### O

- oscilador massa e mola 29

### P

- ponto médio da trajetória 28
- principal equação da dinâmica do ponto material 27
- princípio da conservação da energia 27
- princípio da conservação de energia mecânica 25
- pulsação 28

### R

- referencial inicial 26

### T

- terceira lei de Newton 21
- trabalho 24, 25
- trabalho mecânico negativo 23
- trabalho mecânico positivo 23
- trabalho realizado pela força ao distender a mola 23
- trabalho realizado, pela força deformante 27
- trabalho realizado por uma força constante 23, 27

### U

- unidade do trabalho no SI 23

### V

- velocidade instantânea 26

Prezado professor,

Gratos pela escolha de um produto Cidepe.

Este equipamento é resultado de diversas pesquisas desenvolvidas pelo Cidepe - Centro Industrial de Equipamentos de Ensino e Pesquisa, visando a modernidade, a praticidade e a melhoria do ensino, mais do que nunca, necessárias nestes dias de mudanças contínuas.

O nosso maior objetivo é promovermos, através da utilização adequada dos nossos produtos, aulas de melhor qualidade e com melhores resultados.

Este livro deverá ajudá-lo a fazer a identificação de seus componentes, executar as principais montagens e compreender melhor o funcionamento do seu equipamento. Você encontrará aqui outras informações importantes para obter o máximo aproveitamento do seu equipamento.

Conheça nossa linha de produtos visitando nosso site.

**Atendimento ao cliente.**

**No Brasil:**

Telefone - (55)(51) 3477-4909

E-mail: [cidepe@cidepe.com.br](mailto:cidepe@cidepe.com.br)

E-mail: [suportetecnico@cidepe.com.br](mailto:suportetecnico@cidepe.com.br)

Site: [www.cidepe.com.br](http://www.cidepe.com.br)

Os produtos Cidepe se encontram protegidos por Lei Federal, sendo proibida a reprodução dos manuais, total ou parcial, bem como a reprodução de apostilas a partir desta obra, de qualquer forma ou por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, inclusive através de digitalização, processos xerográficos, de fotocópia e de gravação, sem a permissão, por escrito, do autor. Todos os direitos reservados, conforme obras ISBN 852001159.1.2, ISBN 852800336.1, ISBN 852800339.6, ISBN 852800340.x, ISBN 852800341.8, ISBN 85280034.2.6, BN REG 117296, ISBN 852800343.4, ISBN 852800344.2, ..., ISBN 852800345.0, BN REG 117297, ISBN 85900159.2.0, etc.

Dear teacher,

Congratulations for choosing a Cidepe product.

The equipment that you have just acquired is the result of exhaustive research by Cidepe: The Industrial Center of Equipment for Teaching and Research. We know the importance of improving, modernizing and making teaching more practical, now more than ever, in these days of constant changes.

Our major goal is to contribute to your success, through recommended uses of our products and suggestions of teaching practices.

This manual will help you to identify components, mount and assemble equipments, and better understand how each part functions. This book also contains other important information to help you to take advantage of equipment features to the maximum extent possible.

Discover what else our product line visiting our site.

**Customer service.**

**Brazil:**

Telephone (55)(51) 3477-4909

E-mail: [cidepe@cidepe.com.br](mailto:cidepe@cidepe.com.br)

E-mail: [suportetecnico@cidepe.com.br](mailto:suportetecnico@cidepe.com.br)

Site: [www.cidepe.com.br](http://www.cidepe.com.br)

Cidepe products, including this copyrighted book, are protected by Federal Law, making it illegal to reproduce them, entirely or partially, by any method, be it electronic or mechanical, including xerox, photocopy, or any type of recording, without the written permission of the author. All rights reserved, according to copyright registration numbers: ISBN 852001159, ISBN 852800336.1, ISBN 852800339.6, ISBN 852800340.x, ISBN 852800341.8, ISBN 85280034.2.6, BN REG 117296, ISBN 852800343.4, ISBN 852800344.2, ... , ISBN 852800345.0, BN REG 117297, ISBN 85900159.2.0, etc. .

## Certificado de Garantia Internacional

Este equipamento é garantido pelo Cidepe - Centro Industrial de Ensino e Pesquisa por um período de dois anos, a partir da data de sua entrega.

Para que a garantia tenha validade é imprescindível que seja apresentada a sua nota fiscal de compra.

• **Estão excluídos desta garantia:**

• Defeitos decorrentes do descumprimento do manual de instruções do produto, de casos fortuitos ou de força maior, bem como aqueles causados por agentes da natureza e acidentes.

• **Esta garantia perderá sua validade se:**

• O defeito apresentado for ocasionado por uso indevido ou em desacordo com o manual de instruções do produto.

• O produto for violado, alterado ou consertado por pessoa não autorizada.

• A nota fiscal estiver adulterada, rasurado ou danificada.

• Os defeitos ou desempenho insatisfatório forem provocados pela utilização de material fora das especificações, ou pela utilização em rede elétrica imprópria ou sujeita a flutuações excessivas.

As instruções identificadas no canto superior direito da página pelos números que se iniciam pelos algarismos "199..." são destinadas ao professor.

## International Certificate of Guarantee

This equipment is guaranteed by Cidepe: The Industrial Center of Equipment for Teaching and Research for the period of two years from the date of its delivery.

For the product to be covered by the guarantee, purchaser must be in possession of the proof of purchase receipt.

• After manufacturing defects caused by failure to comply with instructions in the manual, as in the accidental application of force, whether by acts of nature or accidents, are also not covered by this guarantee.

• **This guarantee is invalidated in the following cases:**

• The defect was caused by misuse, or handling prohibited by the accompanying manual.

• The product was dismantled, altered or repaired by a non-authorized person.

• The proof of purchase receipt is destroyed, torn or damaged.

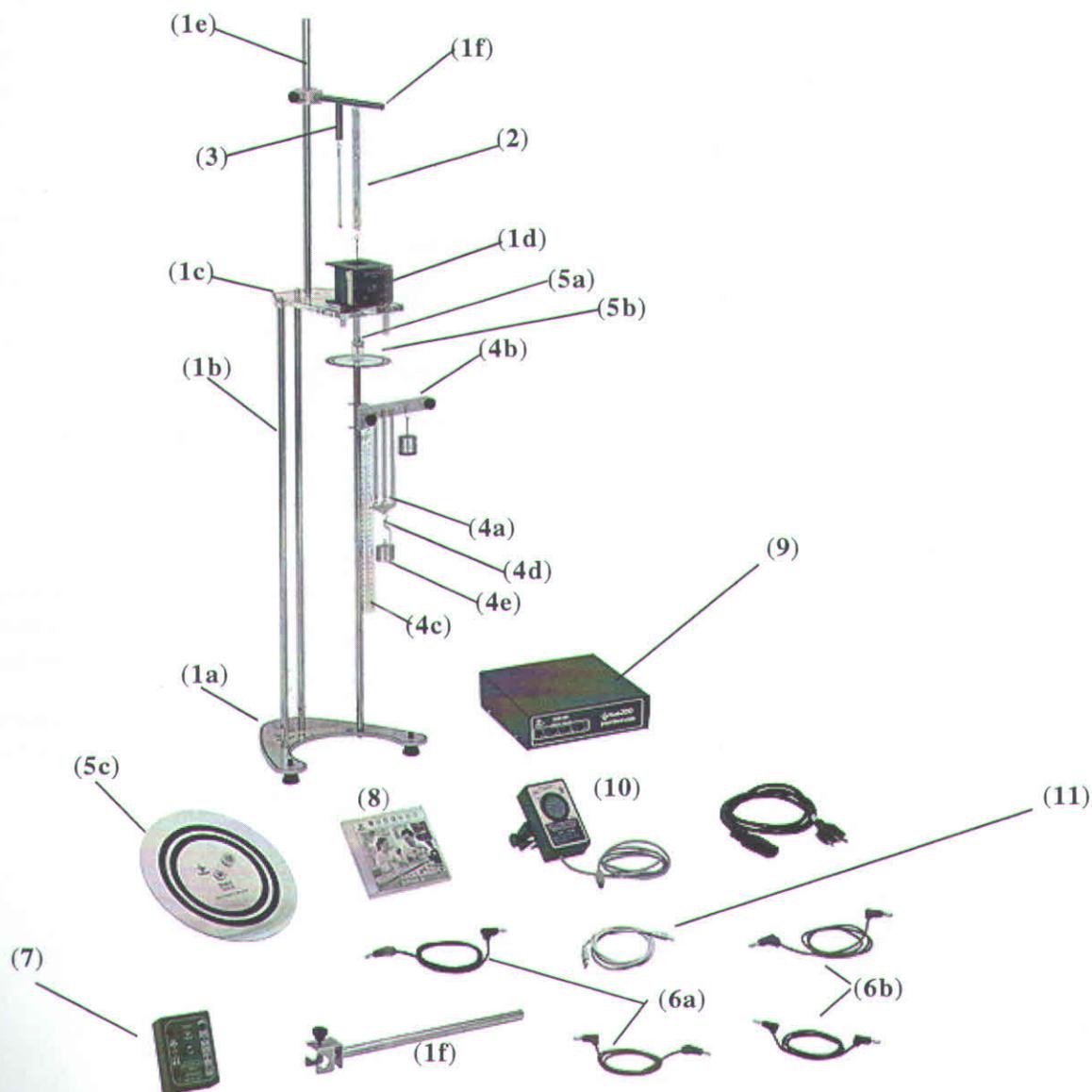
• The defects or unsatisfactory performance of the product were created by uses beyond the specifications, or with inappropriate electric power supply subject to excessive fluctuations.

All of the basic instructions identified by numbers beginning with "199 . . ." are meant for use by teachers.

PCN

Os produtos Cidepe são adequados aos Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN

Conheça o conjunto oscilações II com analisador de MH para computador, SONAR, interface e software.



### Composição do EQ807A.

- 01 tripé delta maior com sapatas niveladoras (1a); ✓
- 03 hastes longas com fixadores (1b); ✓
- 01 mesa isolante com passagem e alinhador xy (1c); ✓
- 01 bobina com calotas antiderrapantes (1d); ✓
- 01 haste média com fixador (1e); ✓
- \* 02 hastes com mufa de aço à 90 graus (1f); ✓
- 01 mola I (2); ✓
- 01 mola II (3); ✓
- 03 molas III (4a); ✓
- 01 suporte com mufa de aço para associações (4b); ✓
- 01 régua milimetrada transparente de acoplamento rápido (4c); ✓
- 01 conjunto de massas com gancho (4d); ✓
- 01 suporte móvel com ponteiro (4e); ✓
- 01 conexão flexível com cápsula magnética (5a); ✓
- 01 corpo de prova menor (5b); ✓
- 01 corpo de prova maior (5c); ✓
- 01 interface para computador (9); ✓
- 01 multímetro digital (10); ✓
- 01 manual de software (8); ✓
- 01 CD-ROM (7); ✓
- 02 cabos (6a, 6b); ✓

02 conexões flexíveis 1000 mm (VM e PT) com pinos de pressão para derivação (6a);

02 conexões flexíveis 500 mm (VM e PT) com pinos de pressão para derivação (6b);

01 chave inversora (7);

01 software para aquisição de dados (8),

- grafica sinais de sensores, exporta dados para programas como Excel e MatLab, armazena dados coletados em tabelas, possui ferramentas para aquisição dos dados em tempo real como osciloscópio, grade de aquisição e mostrador analógico, ferramentas de contagem de tempo com funcionalidades;

01 interface para sensores (9);

01 sensor de posição ultra-sônico (SONAR) (10);

01 cabo USB (11);

01 livro Física Experimental com:

- check list,
- garantia de dois anos (veja condições),
- instruções técnicas,
- sugestões de experimentos.

#### Observação:

- As sugestões práticas que se seguirão, foram montadas com o acoplamento do sensor, ao fazê-lo siga as instruções que acompanham o sensor a ser utilizado.

Atenção! Observe as instruções adicionais constantes no CL005 ou CL005A - CidepeLab.

## A montagem mecânica do analisador.

Utilizando uma chave sextavada em L, parafuse as três hastes longas (1b) ao tripé (1a) - Figura 1.

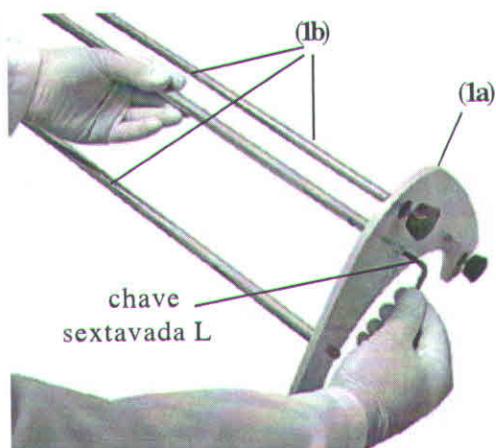


Figura 1

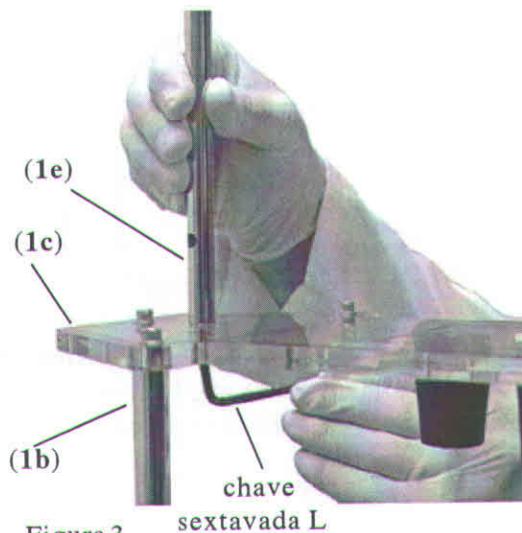


Figura 3

Deposite bobina com calotas antiderrapantes (1d) sobre a mesa isolante (1c), observando para que ela fique centralizada no retângulo serigrafado - Figura 4.

Parafuse a mesa isolante (1c) na extremidade das três hastes longas (1b) - Figura 2.

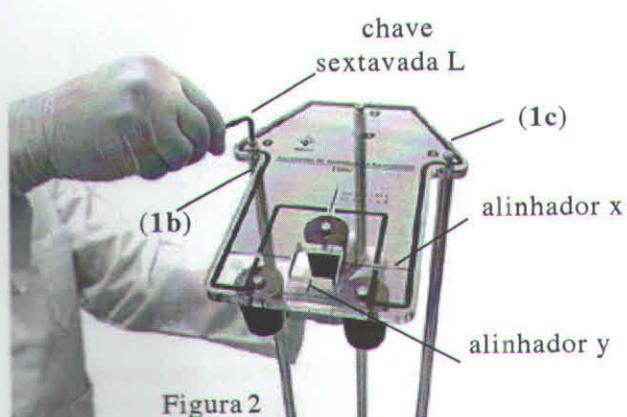


Figura 2

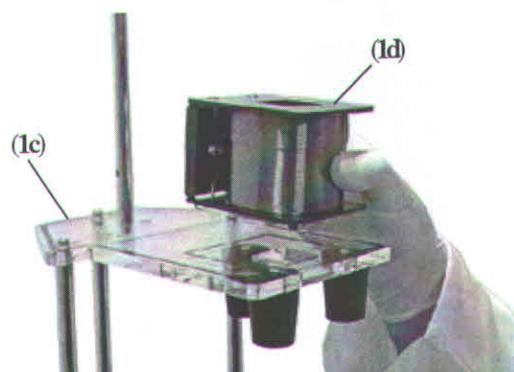


Figura 4

Parafuse a haste média (1e) na face superior da mesa isolante (1c) - Figura 3.

Fixe a haste com mufa (1f) na haste média (1e). Suspenda a mola I (2) pela haste média - Figura 5.

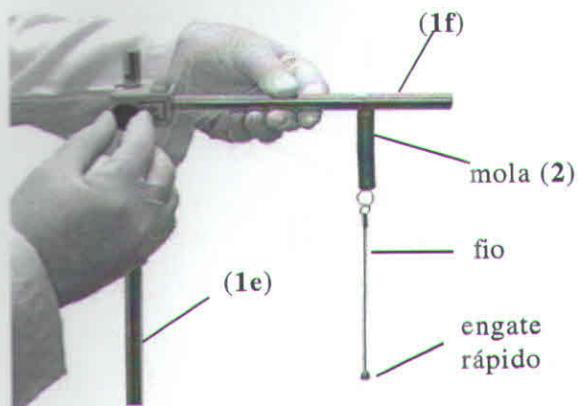


Figura 5

Passa o fio pelo centro da bobina e prenda a ele o corpo de prova circular, utilizando o engate rápido (5b)- Figura 6.

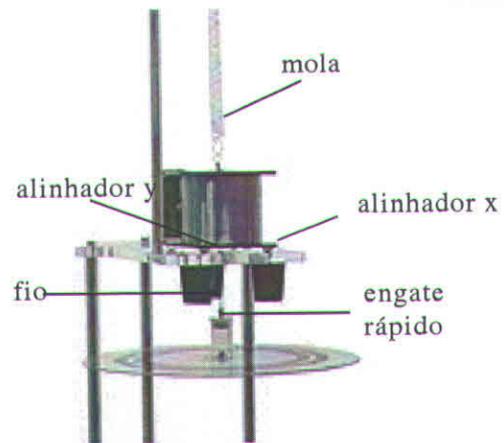


Figura 7

fio está alinhado com os alinhadores serigrafados na mesa. Faça alinhamentos na direção x (transversal) e na direção y (longitudinal)

Após a colocação do disco o sistema deverá apresen-

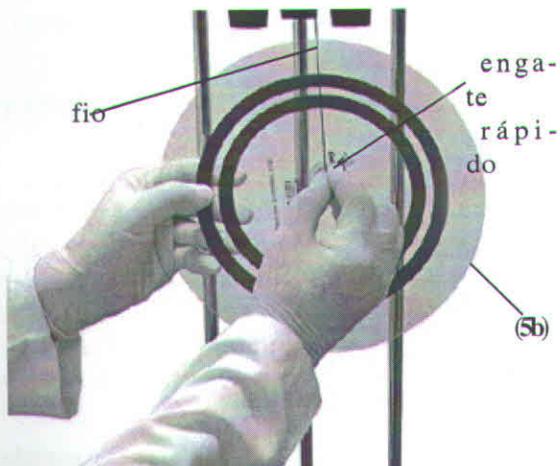


Figura 6

tar-se como mostra a Figura 7.

- Faça um ajuste vertical de forma que apenas o fio fique no interior da bobina.

Verifique se o fio está centrado na bobina. Para isto faça uma visada horizontal e observe se o



## Conheça o sistema USB CidepeLab.



O conjunto CL005B permite interligar seu computador aos mais diversos equipamentos Cidepe, propiciando o envio de dados para este computador através da porta de comunicação USB.

Software desenvolvido para ambiente Windows XP / Windows 7, graficando sinais de sensores como pressão, força, posição, campo magnético, intensidade luminosa, corrente elétrica, tensão, etc.

Este Software deve ser utilizado em conjunto com a interface de aquisição e os respectivos sensores.

### • Principais características do software.

- Possibilita a exportação de dados para outros programas como Excel e MatLab.

- Armazena os dados coletados em tabelas.

- Possui ferramentas:

- Para aquisição dos dados em tempo real do tipo:

- Osciloscópio.
- Grade de aquisição.
- Mostrador (indicador) analógico.
- Contagem de tempo com diversas funcionalidades, tais como:

- cronometragem entre dois sensores.

- cronometragem da passagem do objeto pelo sensor.

- cronometragem de eventos cíclicos.

### Composição do CL005B.

- 01 interface Lab200 USB (1);
- 01 cabo de conexão USB (2);
- 01 software CidepeLab (4);
- 01 cabo de força norma plugue macho NEMA 5/15 NBR 6147 e plugue fêmea norma IEC (5).
- 01 manual do software;

### Principais características.

#### • Características elétricas.

**Conexão:** Interface de comunicação com o PC via porta USB.

**Taxa de aquisição:** 10 000 amostras por segundo.

**Resolução:** 10 bits.

**Entradas:** 4 analógicas e 4 digitais.

**Alimentação:** 85 a 250 VAC - automática.

**Consumo:** 5 Watts.

#### • Características gerais do software.

## A interface Lab200 USB.

A Interface Lab100 USB - EQ010G - permite interligar seu computador a equipamentos que utilizem sensores Cidepe.

Exemplo: aparelho rotacional Cardoso, conjunto de mecânica Arete, colchão de ar linear, conjunto Araújo para força centrípeta, etc.

### Composição da interface Lab100 USB - EQ010G.

- 01 interface Lab100 (1);
- 01 cabo de conexão USB (2).
- 01 cabo de força norma plugue macho NEMA 5/15 NBR 6147 e plugue fêmea norma IEC.

Autor: Luiz Antonio Macedo Ramos

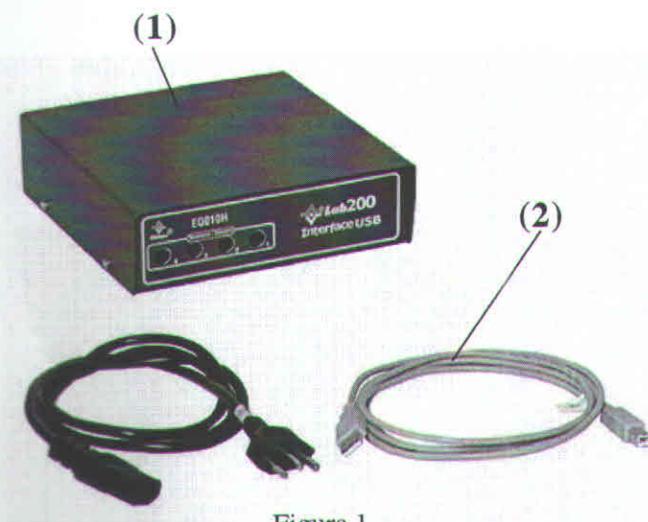


Figura 1

### Principais características.

Interface com painel de controle composto por chave geral liga-desliga, fusível de segurança, LED indicador de energização, acompanhada cabo de interligação para a porta USB do PC.

### Características do sistema elétrico.

Alimentação: 85...240 VAC (automática), 50/60 Hz

Temperatura de operação: 0 a 40 °C.

### • Funcionamento e conexões.

Os sensores devem ser conectados às entradas da interface.

A Interface Lab100 USB adquire os dados dos sensores conectados e os envia em tempo real para o software CidepeLab instalado no computador.

A Figura 2 apresenta o esquema de funcionamento da interface, exemplificando a ligação entre sensores e interface e também a ligação entre interface e o computador.



Figura 2

A conexão da interface ao computador é feita através do cabo de ligação USB.

• Conecte uma das extremidades do cabo na interface e a outra na porta USB do computador.

### • Como conectar os sensores à interface.

Conecte os sensores em qualquer uma das duas entradas disponíveis na parte dianteira da interface - Figura 3.



Figura 3

Os sensores Cidepe possuem dois tipos de conectores: o tipo DIN e o tipo miniDIN, as entradas da interface permitem a conexão com sensores **miniDIN**.

Para conectar sensores Cidepe do tipo DIN você pode utilizar um conversor DIN - miniDIN (3) (este conversor é opcional, não acompanha o conjunto) - **Figura 4**.

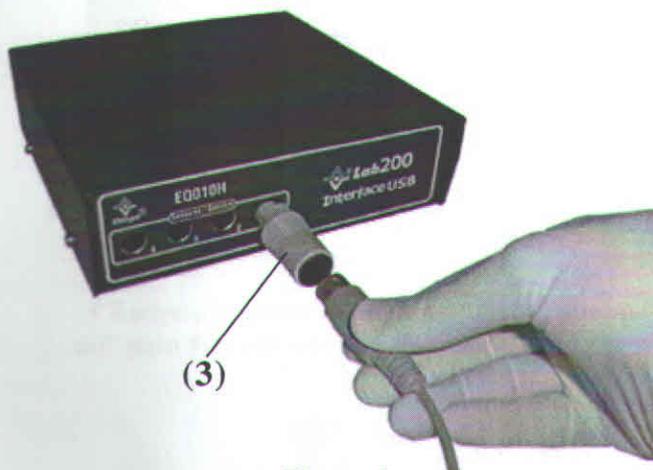


Figura 4

## Como selecionar ou fazer a troca de fusível.

### Aparelhos que operam com tensão única (110 Vac ou 220 Vac).

- O fusível reserva.

- Ao sair da fábrica o suporte de fusíveis contém um fusível reserva de igual valor.

- A troca do fusível.

- Introduza uma chave de fenda (com ponta 3 mm) na ranhura existente no suporte do fusível. Empurre para cima e puxe o suporte para fora- **Figura 1.**

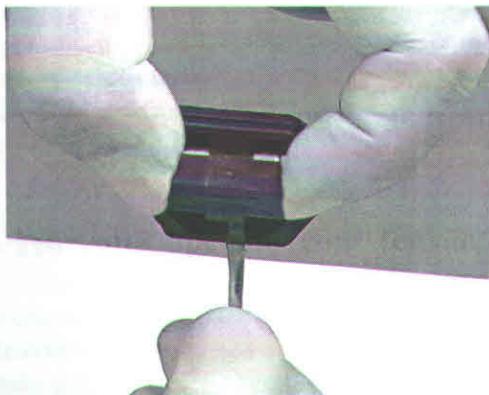


Figura 1

- Retire o suporte e troque o fusível "queimado" pelo fusível reserva- **Figura 2.**

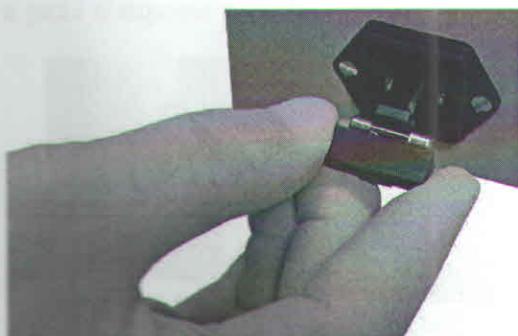


Figura 2

O fusível que atua é o que fica mais visível no suporte o fusível reserva fica dentro da câmara - **Figura 3.**

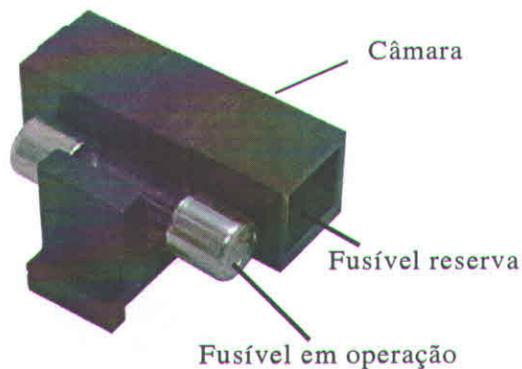
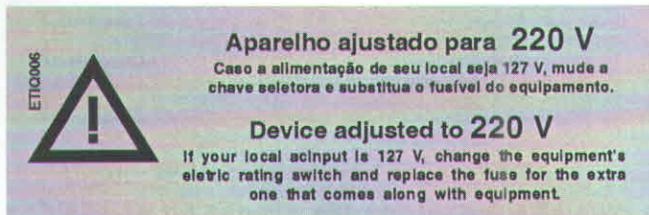


Figura 3

## Aparelhos que podem operar tanto em 110 Vac quanto em 220 Vac.

- Com etiqueta ETIQ006 e mudança de fusível.



- O ajuste da tensão em conformidade com a tensão local.

- 220 Vac.

Os aparelhos que operam em dupla tensão saem da linha de montagem com a chave seletora posicionada para 220 Vac e o fusível adequado para esta tensão - Figura 4.



Figura 4

- 110 Vac.

Caso a tensão local seja 110 Vac reposicione a chave seletora para esta tensão e substitua os fusíveis em operação e reserva pelos adicionais presos à carenagem da fonte de alimentação.

- A troca do fusível.

Introduza uma chave de fenda (com ponta 3 mm) na ranhura existente no suporte do fusível. Empurre para cima e puxe o suporte para fora - Figura 5.

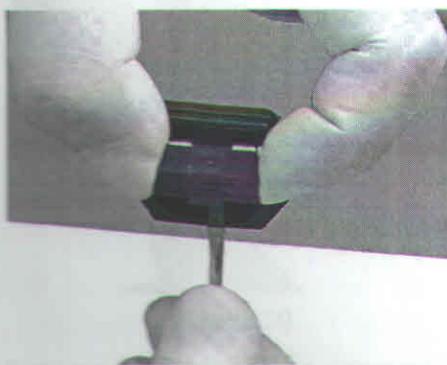


Figura 5

- Retire o suporte e troque o fusível "queimado" pelo fusível reserva - Figura 6.



Figura 6

O fusível que atua é o que fica mais visível no suporte o fusível reserva fica dentro da câmara - Figura 7.

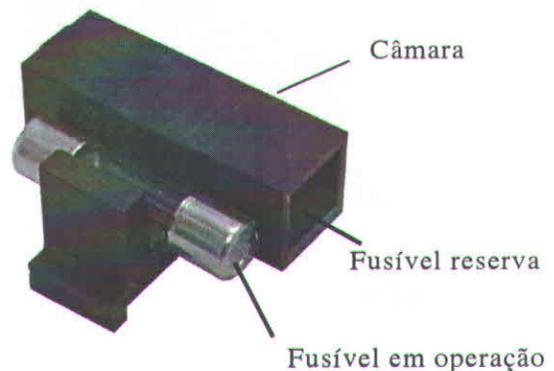


Figura 7

- O fusível reserva.

Ao sair da fábrica o suporte de fusíveis contém um fusível reserva de igual valor, Figura 8.

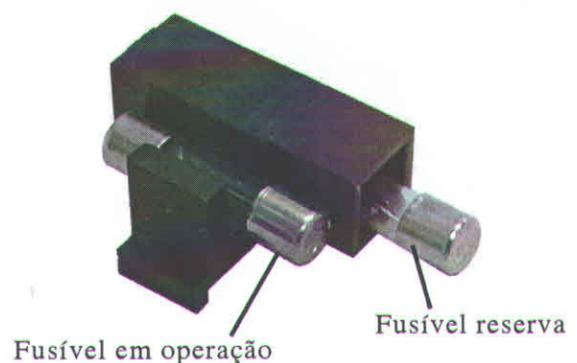
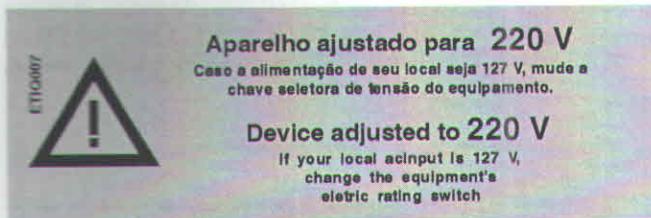


Figura 8

Observe que (geralmente) o fusível para 110 V tem a capacidade de corrente dobrada em relação ao fusível para 220 V.

- Com etiqueta ETIQ007 sem mudança de fusível.



- O ajuste da tensão em conformidade com a tensão local.

- 220 Vac.

- Os aparelhos que operam em dupla tensão saem da linha de montagem com a chave seletora posicionada para 220 Vac - Figura 9.



Figura 9

- 110 Vac.

- Caso a tensão local seja 110 Vac reposicione a chave seletora para esta tensão.

- A troca de fusível.

- Introduza uma chave de fenda (com ponta 3 mm) na ranhura existente no suporte do fusível. Empurre para cima e puxe o suporte para fora - Figura 10.

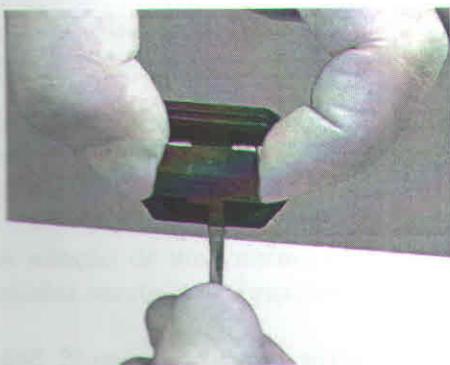


Figura 10

- Retire o suporte e troque o fusível "queimado" pelo fusível reserva - Figura 11.

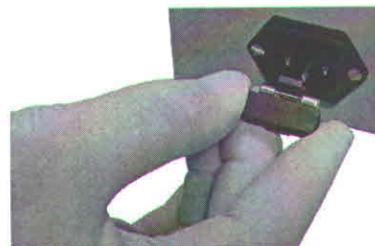


Figura 11

O fusível que atua é o que fica mais visível no suporte o fusível reserva fica dentro da câmara - Figura 12.

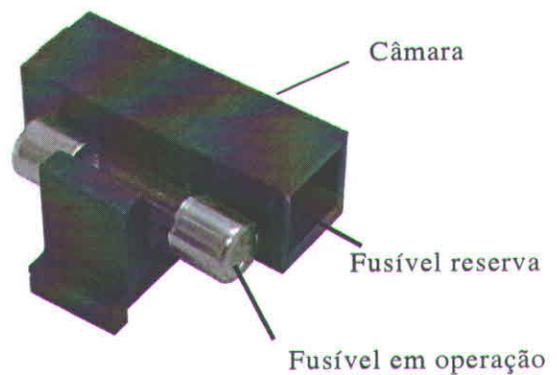


Figura 12

- O fusível reserva.

- Ao sair da fábrica o suporte de fusíveis contém um fusível reserva de igual valor, Figura 13.

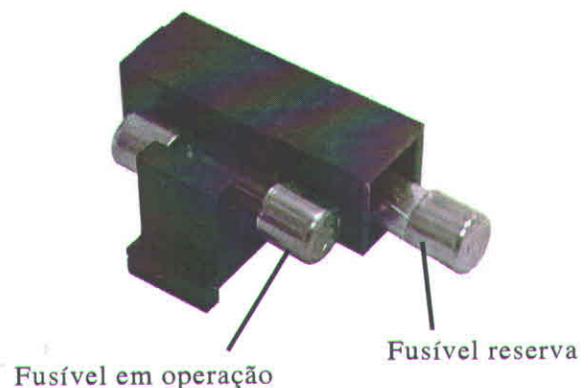


Figura 13

## O cabo de força.

Os cabos de força utilizados nos produtos Cidepe seguem normas internacionais sendo o plugue macho NEMA<sup>(1)</sup> 5/15 NBR 6147 e o plugue fêmea norma IEC<sup>(2)</sup>. - Figura 14.

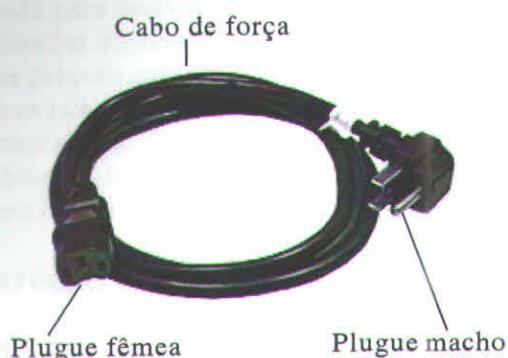


Figura 14

<sup>(1)</sup>NEMA - National Electrical Manufacturers (Associação Nacional de Fabricantes (de equipamentos) Elétricos).

É a maior associação comercial nos Estados Unidos e representa os interesses dos fabricantes da indústria elétrica. As empresas associadas fabricam produtos para utilização em geração, transmissão, distribuição, controle e uso final da eletricidade.

<sup>(2)</sup>IEC - International Electrotechnical Commission (Comissão Eletrotécnica Internacional).

As normas IEC são desenvolvidas nas suas comissões técnicas (IEC/TC), que são organizadas numa base temática com representantes dos seus membros. As representações são nacionais.

A aprovação das normas IEC é feita mediante votação entre seus membros.

- A participação brasileira nos trabalhos de normalização da IEC é efetuada através da ABNT.

- A adoção de uma norma IEC como norma brasileira recebe a designação NBR IEC.

• **Atenção! Nunca retire o pino TERRA do cabo de força que acompanha o equipamento.**

## As conexões elétricas do analisador.

02 conexões flexíveis 500 mm (VM e PT) com pinos de pressão para derivação (6a);

02 conexões flexíveis 1000 mm (VM e PT) com pinos de pressão para derivação (6b);

01 chave inversora (7);

01 sensor de posição ultra-sônico (SONAR) (10);

01 Cabo de conexão DB25 - Centronics (12);

01 fonte de tensão (14).

### • Conexões elétricas com a fonte CC.

Ajuste a fonte de tensão, opcional, (14) para 29 V, mantendo-a desligada.

- conecte a fonte à chave inversora (7) por meio de um par de conexões elétricas (6a).

- Conecte a chave inversora (7) à bobina (1d) utilizando um par de conexões elétricas (6b).

- Coloque o sensor de posição (10) na haste central (1b) mantendo-o à uma distância A do tripé.

Quando for utilizado o disco maior (5b) utilize a mola I (2) com diâmetro  $f = 0,50$  mm e as distâncias  $A = 180$  mm,  $B = 440$  mm e  $C = 40$  mm.

Quando for utilizado o disco menor (5b) utilize a mola II (3) com diâmetro  $f = 0,45$  mm e as distâncias  $A = 150$  mm,  $B = 460$  mm e  $C = 120$  mm.

### • Conexão do SONAR à interface.

Conecte o SONAR à entrada IN1 da interface.

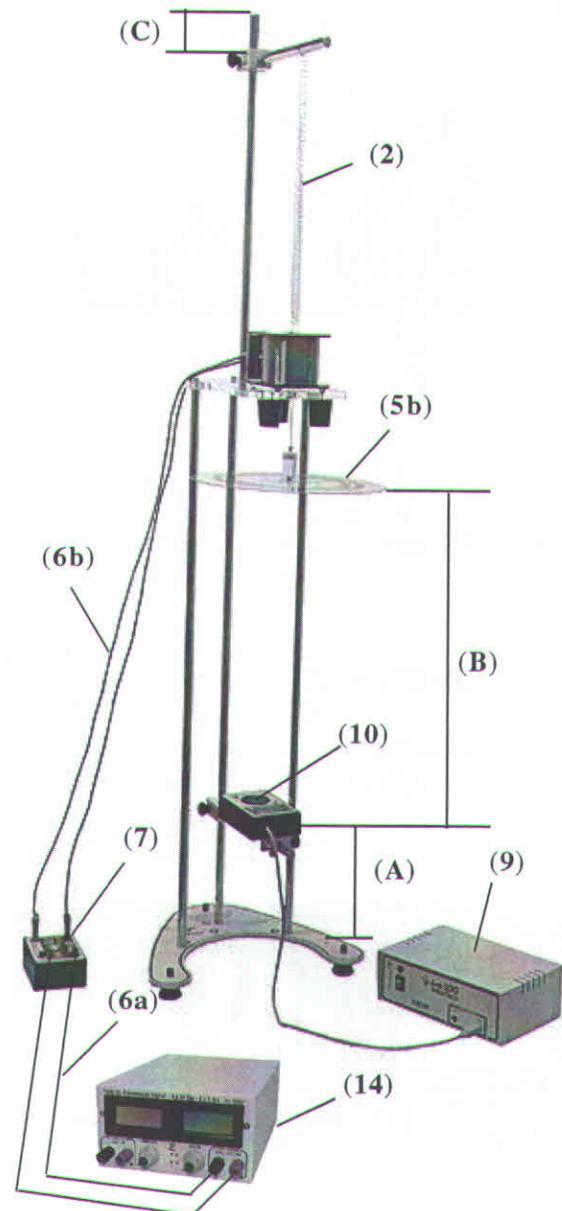


Figura 1

## Como adquirir o sinal do SONAR através da interface.

• Após a montagem mecânica e as conexões elétricas mostradas na **Figura 1**.

• Plugue o sensor de posição (10) à entrada IN1 da interface Lab100 (9).

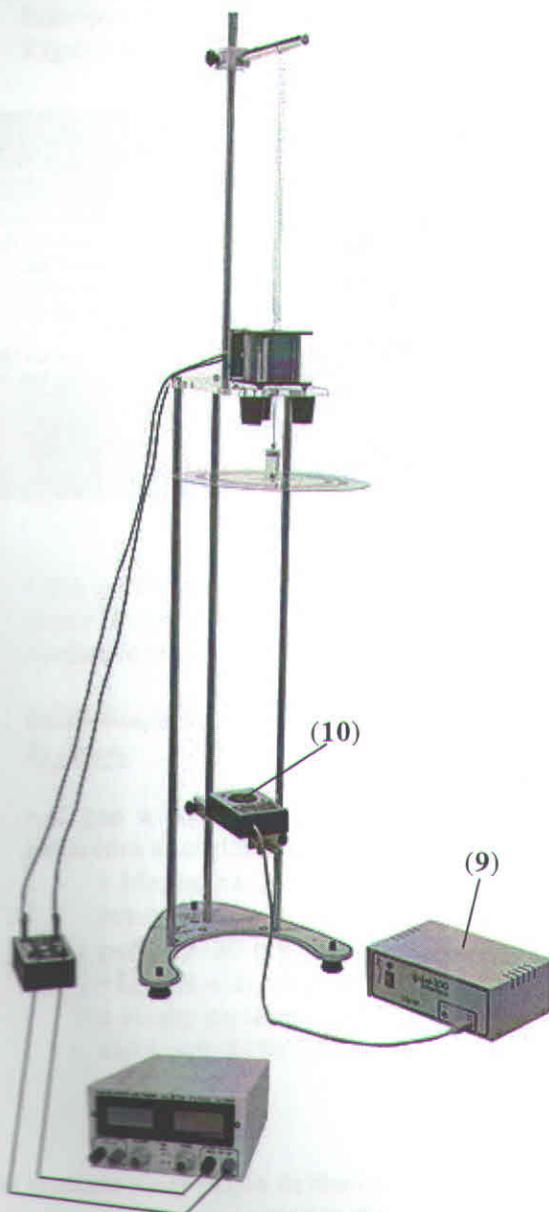


Figura 1



Figura 2

• Conecte a interface ao PC.

• Ligue a interface e inicialize no PC o software Cidepe Lab.

• **Passo a passo para a aquisição do sinal.**

Clique em **Configurar/Equipamentos** e adicione o sensor de posição ao canal analógico 1 (AN 1) - **Figura 3**.

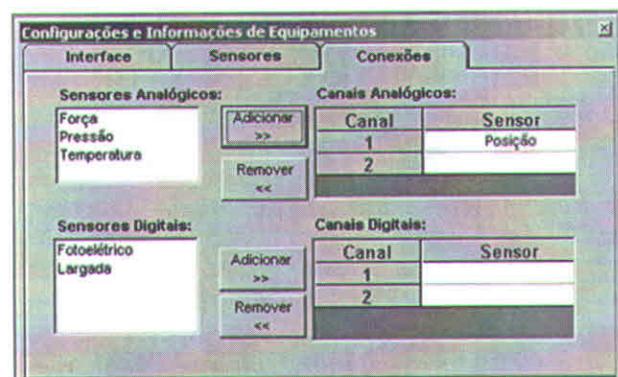


Figura 3

Verifique na janela **Configuração** o resultado desta operação - **Figura 4**.

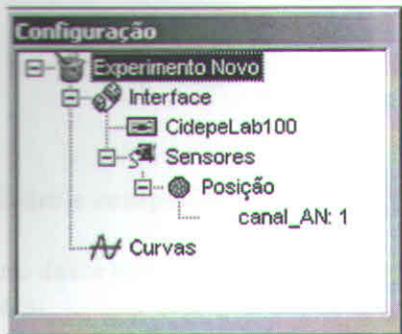


Figura 4

Clique em **Ferramentas** e em seguida em **Osciloscópio** e irá abrir-se uma tela de aquisição - **Figura 5**.

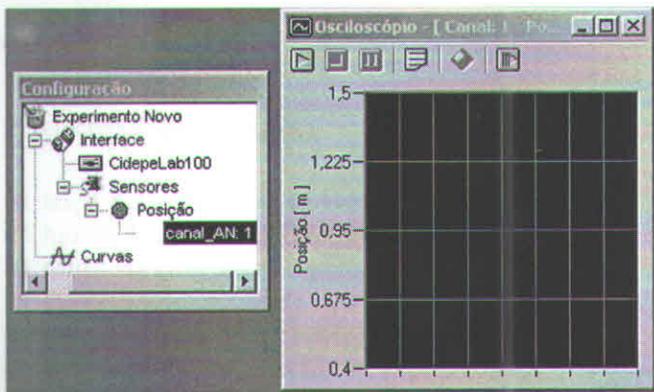


Figura 5

- Na janela **Configuração**, clique e arraste o ícone **Posição** para a área de aquisição do osciloscópio.

Esta operação habilita o osciloscópio para a aquisição de dados.

- Ligue a fonte de tensão e acione a chave inversora energizando a bobina.

- Mantenha o disco preso à bobina até a estabilização do sistema (evite tempo superior a 30 segundos).

- Libere o disco para oscilar e clique no ícone que dá início à aquisição - **Figura 6**.



Figura 6

Após realizar a aquisição de dados, clique no ícone que representa um disquete para salvá-los, visando análise de dados e construção de gráficos- **Figura 7**.



Figura 7

- Para exportar os dados para uma planilha eletrônica (por exemplo Excel), clique em **Ferramentas** e em seguida em **Tabela**.

- Arraste os dados salvos em **Configuração/Curvas** para a tabela que foi aberta.

- Selecione os dados da tabela, clique sobre o ícone de cópia e transfira-os para a planilha - **Figura 8**.

Intervalo	Período [s]
1,000	0,236
2,000	0,116
3,000	0,226
4,000	0,133
5,000	0,154
6,000	0,155
7,000	0,218
8,000	0,180
9,000	0,116
10,000	0,145

Figura 8

## As molas helicoidais e a lei de Hooke.

### 1. Habilidades e competências.

• Ao término desta atividade o aluno deverá ter competência para:

- reconhecer interpretar um gráfico força deformadora x alongação;
- enunciar a lei de Hooke;
- concluir sobre a validade da lei de Hooke;
- utilizar o conhecimento da lei de Hooke para descrever o funcionamento de um dinamômetro.

### 2. Material necessário.

- 01 tripé delta maior com sapatas niveladoras (1a);
- 03 hastes longas com fixadores (1b);
- 01 mola III com  $K \cong 20 \text{ gf/cm}$  (4a);
- 01 suporte com mufa de aço para associações (4b);
- 01 régua milimetrada transparente (4c);
- 01 conjunto de 3 massas com suporte (4d);
- 01 gancho para mola (4d2);
- 01 sensor de posição SONAR,
- 01 interface Cidepe Lab 100.

### 3. Fundamentos teóricos.

A experiência prática do dia-a-dia nos informa que as molas helicoidais se distendem e se comprimem quando sujeitas à ação de forças externas.

É evidente que cada mola poderá suportar até uma certa intensidade de força deformadora (para valores acima deste limite, a mola sofrerá uma deformação permanentemente, isto significa que, uma vez cessada a ação da força deformadora, a mola não retornará mais ao seu comprimento inicial).

### 4. Montagem.

Execute a montagem conforme a Figura 1.

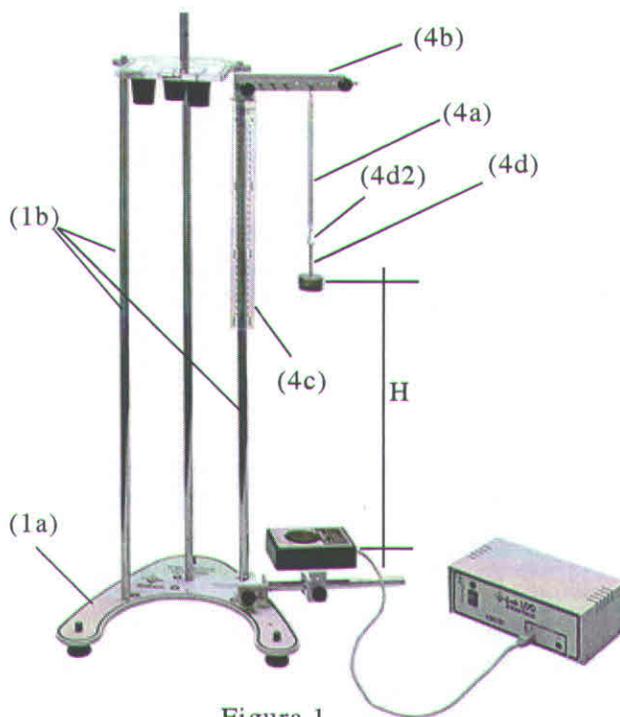


Figura 1

- Determine o valor da posição ocupada pela parte inferior da pequena haste suporte das massas (este valor será arbitrado como zero e, a partir dele, serão feitas as medidas).

A pequena haste suporte das massas funcionará como lastro, não a considere como carga.

### 5. Andamento das atividades.

5.1. Coloque o gancho lastro suspenso na mola, considerando a sua posição de equilíbrio como zero.

Assinale a posição de equilíbrio que foi arbitrada como zero na escala.

5.2. Acrescente outras massas, uma de cada vez, completando (para cada caso) as lacunas da Tabela 1.

Nº DE MEDIDAS	F (NEWTON)	x - ELONGAÇÃO (METROS)
1	LASTRO	ARBITRANDO ZERO = 0
2		
3		
4		
5		

Tabela 1

5.3. Faça o Gráfico da Força deformadora  $F$  versus  $x$ .

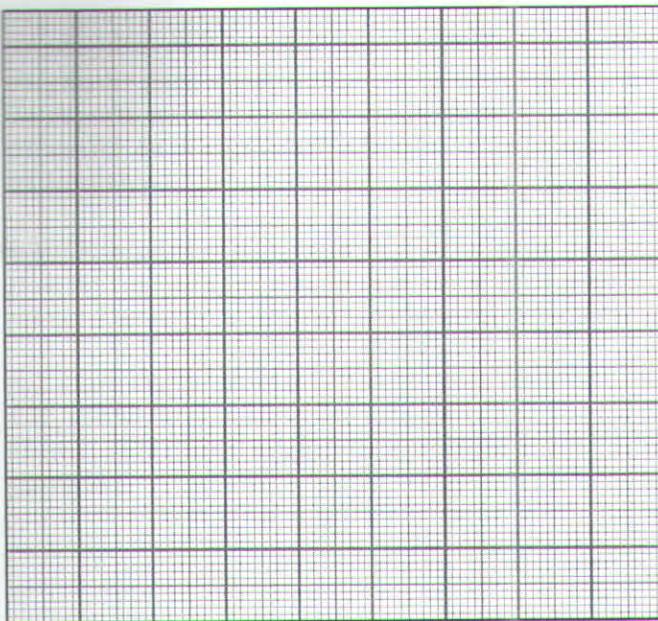


Gráfico  $F$  versus  $x$

• Cada massa possui o peso de 50 gf ( 50 gf equivalem a aproximadamente meio newton). • Faça as leituras na régua, olhando por baixo dos pesos.

O gráfico representa o comportamento da força-peso versus a deformação da mola.

• Como seria o gráfico da força que a mola exerce sobre as massas (força restauradora) versus a elongação?

Marque esta mola para diferenciá-la das demais.

5.4. A partir do gráfico, qual a relação matemática existente entre a força  $F$  e a elongação  $x$  sofrida pela mola?

5.5. Utilizando dos valores da Tabela 1 e de sua resposta anterior, verifique a validade da relação  $F \propto x$  para cada medida executada.

5.6. Escreva a expressão matemática que vincula as grandezas  $F$  e  $x$ , quando substituimos o sinal de proporcionalidade pelo de igualdade na expressão  $F \propto x$ .

• A constante elástica da mola helicoidal.

• A constante estabelecida é conhecida por "constante elástica da mola helicoidal" e é representada pela letra " $K$ ".

5.7. Sabendo que  $F = Kx$  (onde  $K = F/x$ ), determine a unidade da constante de elasticidade  $K$  no SI.

5.8. Ao adicionarmos pesos na parte inferior da mola ela \_\_\_\_\_, retirando este peso ela \_\_\_\_\_, se apertamos a mola no seu sentido longitudinal ela \_\_\_\_\_.

• A terceira lei de Newton.

Pela terceira lei de Newton, ao sofrer a ação de uma força externa, a mola aplica sobre este agente uma força contrária e de igual valor modular, denominada reação.

5.9. Coloque um peso de 1,5 N na mola, espere o sistema parar de oscilar e anote o ponto de equilíbrio indicado na escala.

Puxe a massa 1 cm para baixo e torne a soltá-la, descrevendo o observado.

5.10. Como você justifica o fato de o móvel não ter parado no ponto de equilíbrio?

5.11. Ao atingir o ponto mais alto de sua trajetória o móvel para, retorna e o fenômeno se repete.

• A força restauradora aplicada pela mola.

Verifique que a força aplicada pela mola, em qualquer caso, aponta para o ponto de equilíbrio, se opondo à deformação. Por este motivo, quando trabalhamos com a força restauradora aplicada pela mola, a expressão  $F = - Kx$  contém o sinal (-).

Segundo o observado e analisado até o momento, como você justificaria, fisicamente, a presença do sinal negativo na expressão  $F = - Kx$  ?

## A associação de molas helicoidais em série.

### Material necessário.

01 tripé delta maior com sapatas niveladoras (1a);  
03 hastes longas com fixadores (1b);  
02 molas III com  $K \cong 20 \text{ gf/cm}$  (4a);  
01 suporte com mufa de aço para associações (4b);  
01 régua milimetrada transparente (4b);  
01 conjunto de 3 massas com suporte (4d);  
01 gancho para mola (4d2);  
01 suporte móvel com ponteiro (4e);  
01 sensor de posição SONAR;  
01 interface Cidepe Lab 100.

6.1. Determine a constante de elasticidade para um sistema formado por duas molas em série (o procedimento é análogo ao desenvolvido anteriormente).

6.2. Caso lhe fornecessem 2 molas com constantes  $K_1$  e  $K_2$  conhecidas, como você calcularia a constante de elasticidade resultante  $K_R$  da associação em série das mesmas?

## A associação de molas helicoidais em paralelo.

### Material necessário.

01 tripé delta maior com sapatas niveladoras (1a);  
03 hastes longas com fixadores (1b);  
02 molas III com  $K \cong 20 \text{ gf/cm}$  (4a);  
01 suporte com mufa de aço para associações (4b);  
01 régua milimetrada transparente (4b);  
01 conjunto de 3 massas com suporte (4d);  
01 gancho para mola (4d2);  
01 suporte móvel com ponteiro (4e);  
01 sensor de posição SONAR;  
01 interface Cidepe Lab 100.

7.1. Utilizando o gancho lastro, na parte inferior das molas, determine a constante  $K_R$  para um sistema formado por duas molas em paralelo.

7.2. Com base nas atividades desenvolvidas até o momento, você acha que a constante  $K$  é a mesma para qualquer mola? Comente a sua resposta.

7.3. Como você enunciaria a Lei de Hooke, justificando a sua resposta.

7.4. Caso lhe fornecessem 2 molas com constantes  $K_1$  e  $K_2$  conhecidas, como você calcularia a constante  $K_R$ , resultante da associação em paralelo das mesmas?

## O trabalho e a energia numa mola.

### 1. Habilidades e competências.

Ao término desta atividade o aluno deverá ter competência para:

- Calcular o trabalho realizado pela força ao distender a mola;
- Analisar as trocas de energia num sistema massa e mola.

### 2. Material necessário.

- 01 tripé delta maior com sapatas niveladoras (1a);
- 03 hastes longas com fixadores (1b);
- 01 mola III com  $K \cong 20 \text{ gf/cm}$  (4a);
- 01 suporte com mufa de aço para associações (4b);
- 01 conjunto de 3 massas com suporte (4d);
- 01 gancho para mola (4d2);
- 01 sensor de posição SONAR,
- 01 interface Cidepe Lab 100.

### 3. Pré-requisito.

Atividade 1032.052.

### 4. Fundamentos teóricos.

Nesta atividade, conhecendo a lei de Hooke, você irá analisar as trocas de energia que ocorrem num sistema massa-mola, quando uma mola é distendida e posta a oscilar.

Lembre que o trabalho realizado por uma força constante que provoca um deslocamento  $x$  é dada pela expressão:

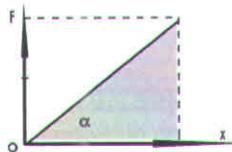


Figura 1

$$W = Fx \cos \alpha \text{ onde:}$$

$F$  = módulo da força aplicada.

$x$  = módulo do deslocamento sofrido sob a ação de  $F$ .

$\alpha$  = ângulo entre a força  $F$  e o deslocamento  $x$

$W$  = trabalho realizado pelo agente que aplicou a  $F$ .

Nesta atividade, como o ângulo  $\alpha$  será zero e  $\cos 0^\circ = 1$ , a expressão do trabalho se reduzirá para:

$$W = F x$$

A unidade do trabalho no SI é o Joule e é simbolizado por (J).

Se a força for a favor do movimento teremos um trabalho mecânico positivo, se for contrária ao movimento, teremos um trabalho mecânico negativo.

Para uma força  $F$  qualquer, aplicada a um corpo que, sob sua ação se desloca de  $x$ , a área do gráfico  $F$  versus  $x$  representa o trabalho realizado pelo agente que aplicou esta força.

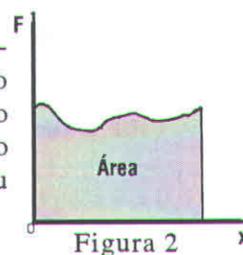


Figura 2

Atenção! Isto se verifica para qualquer força (mesmo para as mais complicadas), a área delimitada pelo gráfico  $F$  versus  $x$  representa o trabalho realizado pelo agente que aplicou a força.

### 5. Montagem.

Execute a montagem da Figura 3.

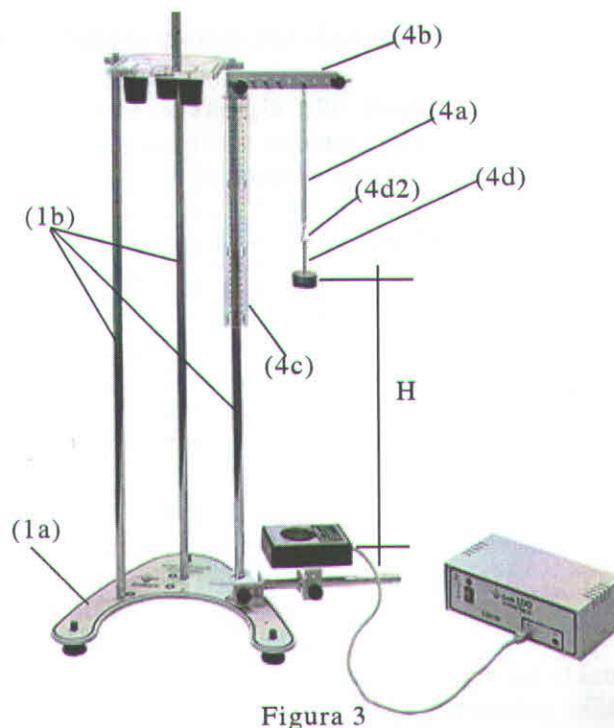


Figura 3

## 6. Andamento das atividades.

6.1. Considerando o gráfico da força deformadora  $F$  versus  $x$ , obtido na atividade 1032.052.

Observe que a força representada no gráfico é uma força variável, ela aumenta à medida que  $x$  cresce.

- Qual o significado físico da área deste gráfico?

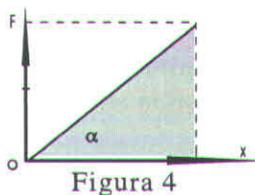
6.2. Como a área de um triângulo é dada pela expressão:

$$A = (b h)/2$$

$b$  = base  
 $h$  = altura  
 $A$  = área

- Calcule o trabalho realizado pela força  $F$  para deslocar o corpo da posição  $0$  até a posição final  $x$ ?

6.3. Observando a Figura 4, onde:



$b = x$ ,  
 $h = F = Kx$   
 $A = \text{área} = W = Fx$

- Mostre que o trabalho realizado por uma força  $F$  que distende uma mola de um valor  $x$  é:

$$W = (1/2) Kx^2$$

Observação: Realizar um trabalho sobre um corpo significa introduzir ou retirar dele um certo tipo de energia.

### • A energia potencial elástica e a energia cinética no sistema.

Numa mola distendida e presa numa posição  $x$ , se acumula energia potencial elástica  $E_p$ ; se a mola é solta, essa energia potencial elástica se transformará em energia cinética  $E_c$  (energia de movimento).

6.4. Coloque o gancho lastro suspenso numa das molas cuja constante elástica (constante de elasticidade) já tenha sido determinada.

- Anote o valor da constante de elasticidade  $K$  da mola escolhida:

$$K = \text{_____} \text{ N/m}$$

- Determine a posição inicial  $x_0$  ocupada pela parte inferior do lastro.

$$x_0 = \text{_____}$$

Este  $x_0$  será o nosso nível de referência no momento.

6.5. Determine a elongação  $x$  sofrida pela mola ao adicionarmos uma massa com peso de 0,5 N?

6.6. Calcule o trabalho  $W$  realizado pela  $F = 0,5$  N ao alongar a mola conforme a elongação acima.

6.7. A força-peso é aplicada pelo campo gravitacional terrestre, logo, o trabalho para deslocar a mola também o é.

- Para realizar este trabalho houve necessidade de transitar energia pelo sistema. De onde veio esta energia?

- Qual o valor desta energia?

### • A energia potencial elástica.

6.8. Como a energia não pode ser gerada nem destruída, onde ficou armazenada a energia que foi necessária para distender a mola?

Esta energia recebe o nome de energia potencial elástica  $E_p$ .

Adicione mais duas massas ao sistema e calcule a energia potencial elástica  $E_p$ , armazenada na mola, considerando sua deformação a partir da posição inicial  $x_0$ ;

Esta energia potencial  $E_p$ , armazenada na mola, pode realizar trabalho a qualquer momento, bastando, para isto, apenas remover o agente externo que a impede.

- Desconsidere a energia potencial elástica armazenada até o momento na mola e anote a

nova posição de equilíbrio como sua nova posição inicial  $x_{o,1}$ :

$$x_{o,1} = \underline{\hspace{10cm}}$$

6.9. Puxe a massa suspensa com velocidade constante, à mantendo 10 mm abaixo do ponto de equilíbrio  $x_{o,1}$ .

• Determine a quantidade de energia necessária para deslocar a massa de  $x_{o,1}$  até a nova posição  $x_{o,2}$  (trabalho).

6.10. Qual o valor do depósito energético que você fez na mola para esticá-la de  $x_{o,1}$  até a nova posição  $x_{o,2}$ ?

6.11. Solte a massa a partir do ponto  $x_{o,2}$ .

• O que você observa quando a massa atinge o ponto de equilíbrio  $x_{o,1}$ ?

• Qual o valor da energia potencial elástica no instante em que a massa passa pelo ponto  $x_{o,1}$ ?

6.12. Se a energia não pode ser destruída, como você explica o fato de o corpo continuar a subir depois de  $x_{o,1}$ , ponto de equilíbrio da mola?

#### • A energia cinética, energia de movimento.

6.13. Esta modalidade de energia que o corpo possui ao passar pelo ponto  $x_{o,1}$ , onde a mola deixa de ficar esticada é chamada de **energia cinética**  $E_c$  (se ela deixa de ficar esticada ou comprimida, significa que não há mais energia potencial elástica armazenada)

A energia cinética ( $E_c$ ) é uma modalidade de energia que depende de movimento, portanto, todo o corpo em movimento possui energia cinética.

6.14. Pelo princípio da conservação da energia, quanto vale a energia cinética  $E_c$  no ponto  $x_{o,1}$  (intermediário da oscilação)? Justifique a sua resposta.

6.15. O que acontece com o móvel (massa suspensa na mola) quando ele chega ao ponto mais alto da sua trajetória?

• Qual o valor da energia cinética  $E_c$  do móvel, no ponto mais alto da sua trajetória?

6.16. Que tipo de energia possui a mola nos pontos extremos da trajetória?

Lembre que no extremo inferior ela está esticada e no extremo superior ela está comprimida.

• Quanto valem, neste experimento, as energias potenciais nos extremos da trajetória?

#### • O princípio da conservação de energia mecânica.

6.17. Quanto deve valer a soma das energias potencial e cinética ( $E_p + E_c$ ) em qualquer ponto da trajetória? Justifique a sua resposta.

6.19. Qual a expressão matemática que relaciona as energias cinética e potencial deste experimento? (Identifique cada termo da mesma).

Saiba que a resposta acima é conhecida como "princípio da conservação de energia mecânica".

6.20. Calcule os valores da energia potencial elástica e da energia cinética, do móvel, na posição  $x = -4$  mm, sabendo que foi abandonado da posição  $x_{o,1} = -10$  mm.

6.21. Determine a velocidade do móvel no instante em que cruza pela posição  $x = -4$  mm?

## MHS num sistema massa e mola helicoidal.

### 1. Habilidades e competências.

• Ao término desta atividade o aluno deverá ter competência para:

- reconhecer que o MHS como o movimento de um ponto material sujeito à ação de uma força restauradora proporcional à elongação;
- aplicar convenientemente as equações da velocidade e aceleração de um móvel dotado de um MHS.

### 2. Material necessário.

- 01 tripé delta maior com sapatas niveladoras (1a);
- 03 hastes longas com fixadores (1b);
- 01 mola III com  $K \cong 20 \text{ gf/cm}$  (4a);
- 01 suporte com mufa de aço para associações (4b);
- 01 conjunto de 3 massas com suporte (4d);
- 01 gancho para mola (4d2);
- 01 sensor de posição SONAR,
- 01 interface Cidepe Lab.

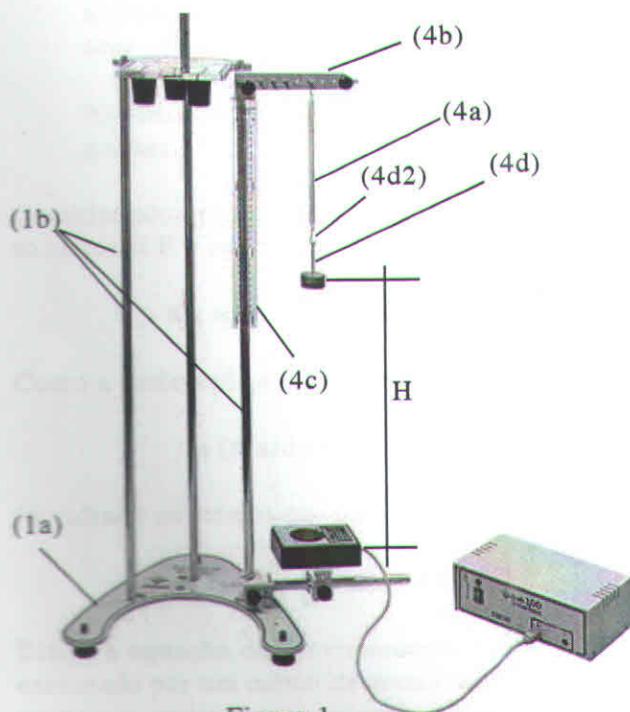


Figura 1

### 3. Montagem.

Execute a montagem conforme a **Figura 1**.

- Observe a distância H que deve ser no mínimo igual a 450 mm.
- Conecte o sensor de posição à interface e esta ao PC.

### 4. Andamento das atividades.

4.1. Identifique cada termo da expressão:

$$x = A \cos \omega t$$

Como fica a equação precedente se considerarmos uma defasagem do móvel em relação a um referencial inicial (ou móvel de referência)?

Quais as constantes da equação de definição do MHS  $x = A \cos \omega t$ ?

4.2. Para fins didáticos será considerado o **movimento em fase** com o móvel de referência, logo:

a)  $x = A \cos \omega t$

b) a velocidade instantânea, num instante genérico t, será dada pela derivada de primeira ordem de x em relação a t:  $v = dx/dt$

$$v = d(A \cos \omega t)/dt = -A \omega \sin \omega t$$

c) a aceleração a, derivada de segunda ordem de x em relação a t:

$$a = d^2x/dt^2 = dv/dt = d(-A \omega \sin \omega t)/dt = -A \omega^2 \cos \omega t = -A \omega^2 \cos \omega t = -\omega^2 x$$

Onde:

• A equação diferencial que define o MHS.

$$d^2x/dt^2 + \omega^2 x = 0 \quad (I)$$

É a equação diferencial que define o MHS não amortecido, assim como a equação  $x = A \cos(\omega t + \delta)$ .

4.3. Determine o valor da massa total  $m$  utilizada neste experimento (gancho lastro com 3 massas acopláveis).

4.4. Acople a massa  $m$  na mola. (A fração da massa da mola, por ser muito pequena, não será considerada neste momento).

4.5. Distenda a mola 10 mm além de  $x_0$  e libere o sistema. Comente o observado.

Classifique o tipo de movimento executado pela massa  $m$ .

4.6. O que você observou em relação à amplitude  $A$  do movimento à medida que o tempo passava?

Cite duas causas que possam ter contribuído para tal fato.

4.7. O que você observou em relação à frequência  $f$  do MHS à medida que o tempo passava?

4.8. As análises seguintes se baseiam na hipótese da inexistência dos agentes causadores do amortecimento devido às técnicas de:

a) Observarmos os primeiros movimentos, onde seus efeitos não são tão perceptíveis.

b) Utilizarmos pequenas amplitudes iniciais pequenas.

Combinando a principal equação da dinâmica do ponto material  $F = ma$  com a da lei de Hooke:  $F = -Kx$ :

$$-Kx = ma, \text{ logo: } ma + Kx = 0.$$

Como a aceleração é dada por  $a = d^2x/dt^2$ :

$$m (d^2x/dt^2) + Kx = 0 \text{ (II)}$$

(dividindo os termos por  $m$ )

$$d^2x/dt^2 + (K/m)x = 0 \text{ (III)}$$

Esta é a equação do movimento harmônico simples executado por um móvel de massa  $m$  que oscila, com pequenas amplitudes, suspenso por uma mola de constante elástica  $K$ .

Compare as equações (I) e (III) e complete as lacunas abaixo:

$$\omega^2 = \text{_____}, \omega = \text{_____} \text{ (IV)}.$$

4.9. Como  $\omega$  também está relacionado ao período  $\tau$  por:

$$\omega = 2\pi/\tau \text{ (V)},$$

combinando as relações (IV) e (V):

$$\tau = 2\pi(K/m)^{-1/2} = 2\pi(m/K)^{1/2},$$

Esta é a relação que permite determinar a constante elástica de uma mola, pelo processo dinâmico, (com razoável precisão) uma vez conhecidos os valores da massa  $m$  suspensa e o período  $\tau$  do movimento.

Nesta atividade não se considerou a fração da massa da mola ( $m_s$ ) que deveria ser computada a "m".

**Atenção:** Caso você queira considerar a massa " $m_s$ " da mola, utilize a expressão:

$$\tau = 2\pi \{ [m + (m_s/3)] / K \}^{1/2}$$

• Determine, pelo processo dinâmico, a constante elástica da mola helicoidal  $e$ , se possível, compare o valor obtido com o valor encontrado pelo método estático, na atividade 1032.052\_A.

4.10. Integrando a equação II ( $m d^2x/dt^2 + Kx = 0$ ):

$$(1/2) m (dx/dt)^2 + (1/2) K x^2 = \text{constante}$$

Como  $dx/dt = v$

$$(1/2)mv^2 + (1/2)Kx^2 = \text{constante}$$

Isto significa que a soma (energia cinética + energia potencial elástica), em cada ponto da trajetória, é constante (princípio da conservação da energia).

Como:  $(1/2) Kx^2 = (1/2) (Kx)x = (1/2) Fx$ , o trabalho realizado pela força deformante  $F$  (cujo módulo varia de 0 a  $Kx$ ) para provocar um deslocamento  $x$  no móvel, é igual ao trabalho realizado por uma força constante de módulo  $(1/2) Kx$ .

Neste caso, a energia consumida na realização deste trabalho se transforma integralmente em energia potencial elástica (energia armazenada na mola).

4.11. Com a massa  $m$  em equilíbrio, determine a elongação que se faz necessária para ocorrer um depósito energético de 0,3 J na energia potencial elástica na mola.

4.12. Coloque o sistema a oscilar. Enquanto o sistema massa-mola está oscilando, faça uma aquisição de dados.

4.13. Transporte os dados da tabela de aquisição para o Excel e construa um **Gráfico y versus t**. No gráfico, determine e anote o período médio  $T$  e calcule a frequência  $f$  de oscilação do sistema.

4.14. Calcule a pulsação  $\omega$  do MHS sofrido pela massa  $m$  e determine a energia potencial elástica, armazenada na mola, no ponto médio da trajetória.

4.15. Calcule a velocidade do móvel ao cruzar o ponto médio da trajetória.

Qual a posição que o móvel  $m$  deverá ocupar para que sua velocidade seja a quarta parte da determinada no item anterior.

Qual a equação em seno do MHS (durante as primeiras oscilações)? Justifique cada termo da mesma.

## O oscilador massa e mola.

### 1. Habilidades e competências.

Ao término desta atividade o aluno deverá ter competência para:

- Reconhecer que o MHS (senoidal), executado por um oscilador massa e mola, como o movimento de um ponto material sujeito à ação de uma força restauradora proporcional à elongação;
- Determinar o período de oscilação num oscilador massa-mola.
- Comprovar experimentalmente a validade da expressão  $T = 2\pi \{ [m + (m_s/3)] / K \}^{1/2}$  num oscilador massa-mola, identificando cada variável da mesma.
- Determinar, pelo processo dinâmico, a constante de elasticidade  $K$  da mola.

### 2. Material necessário.

- 01 tripé delta maior com sapatas niveladoras (1a);
- 03 hastes longas com fixadores (1b);
- 01 mola III com  $K \cong 20 \text{ gf/cm}$  (4a);
- 01 suporte com mufa de aço para associações (4b);
- 01 conjunto de 3 massas com suporte (4d);
- 01 gancho para mola (4d2);
- 01 sensor de posição SONAR,
- 01 interface Cidepe Lab 100.

### 3. Pré-requisitos.

- Etiquetar na mola o valor da sua constante  $K$ .
- Determinar a massa  $m_s$  da mola.

$$m_s = \underline{\hspace{2cm}}$$

- Determinar a massa  $m$  do conjunto de 3 massas com o suporte.

$$m = \underline{\hspace{2cm}}$$

- Conceituar peso, massa, período e frequência.

### 4. Montagem.

Execute a montagem conforme a Figura 1.

A distância H que deve ser no mínimo igual a 450 mm.

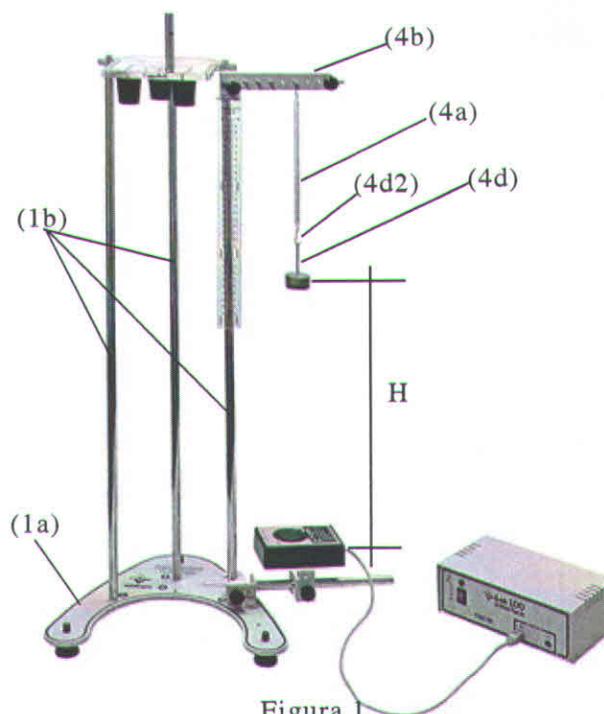


Figura 1

- Conecte o sensor de posição à interface.
- Siga as instruções da interface para executar sua conexão ao PC e a preparação do reconhecimento do sensor.

### 5. Andamento das atividades.

5.1. Dependure no suporte (4b) a mola, o gancho e o conjunto de 3 massas acopláveis.

No momento a fração da massa da mola, por ser muito pequena, não será considerada.

5.2. Distenda a mola aproximadamente 10 mm e solte-a (manualmente).

- Classifique o tipo de movimento executado pela massa  $m$  neste sistema denominado oscilador massa e mola.

5.3. O que você observa em relação à amplitude  $A$  do movimento executado pela massa  $m$  à medida que o tempo passa? Justifique o motivo de tal fato.

5.4. O que você observa em relação à frequência  $f$  do oscilador massa-mola à medida que o tempo passa?

5.5. As análises seguintes se baseiam na hipótese da irrelevância dos agentes causadores do amortecimento devido às seguintes técnicas utilizadas:

a) Observar os primeiros movimentos, onde seus efeitos não são tão perceptíveis.

b) Utilizar pequenas amplitudes iniciais com  $x$  em torno de 10 mm.

Combinando a principal equação da dinâmica do ponto material:

$$F = ma,$$

com a Lei de Hooke  $F = -Kx$ :

$$-Kx = ma$$

$$ma + Kx = 0$$

Dividindo todos os termos por  $m$ :

$$a + (k/m)x = 0$$

Caso você ainda não tenha estudado equações diferenciais, ignore o presente lembrete. Como a aceleração é dada por  $a = (d^2x/dt^2)$ , podemos escrever:  $d^2x/dt^2 + (K/m)x = 0$ , equação que traduz o movimento oscilante do oscilador massa-mola, conhecido como MHS (movimento harmônico simples). Neste experimento o MHS é executado por um móvel de massa  $m$  que oscila com pequenas amplitudes, suspenso na mola de constante de elasticidade  $K$ . Como  $v$  também está relacionado ao período  $T$  por:  $v = s$ , combinando as relações obtemos:  $T = 2\pi(K/m)^{-1/2} = 2\pi(m/K)^{1/2}$

$$T = 2\pi(m/K)^{1/2}$$

Esta é a relação do período de um oscilador massa-mola, quando a massa da mola utilizada for desprezível.

Sua maior aplicação está no fato de permitir a determinação da constante elástica  $K$  da mola (pelo processo dinâmico), uma

vez conhecidos os valores desta massa oscilante  $m$  e o período  $T$ .

---

No caso da massa " $m_s$ " da mola não ser desprezível, a expressão anterior deve ser alterada para:  $T = 2\pi\{ [m + (m_s/3)] / K \}^{1/2}$

---

5.6. Coloque o sistema a oscilar.

- Enquanto o sistema massa-mola oscila, faça uma aquisição de dados.

5.7. Transporte os dados da tabela de aquisição para o Excel e construa um **Gráfico y versus t**.

- No gráfico, determine e anote o período médio  $T$  de oscilação do sistema.

5.8. Determine, pelo processo dinâmico, o valor da constante elástica  $K$ .

- Compare o valor encontrado com o valor etiquetado na mola.