

SISMÓGRAFO DE LEHMAN

1- Resumo:

Este trabalho consiste na construção de um sismógrafo, chamado sismógrafo de Lehman. Seu princípio é de um pêndulo simples, na horizontal, eliminando quase que cem por cento a ação da gravidade, dando maior confiança nos dados obtidos. Veremos quais são as medidas feitas por ele e o que significam, além de um estudo de terremotos. Outro objetivo apresentado aqui, é o aprendizado do movimento harmônico de pêndulos simples, período, frequência entre outros. Ainda, como nele há eletrônica envolvida para seu funcionamento, também serão comentados alguns conceitos de elétrica.

2- Descrição:

O sismógrafo Lehman, apesar de sua simplicidade visual, ele é capaz de detectar sismo de magnitude 6.0 (Escala Richter), em qualquer canto do mundo. Ele é constituído de uma base, retangular de madeira, onde um sistema de pêndulo horizontal, registra as perturbações do solo. Esse pêndulo elimina quase que cem por cento a ação da gravidade, por ter um atrito quase nulo entre a base e ele, dando uma boa aproximação para os valores coletados. São usados outros princípios físicos pelo seu modo de funcionar, como um “amortecedor” que será fabricado manualmente utilizando ímãs e placas de metal. O sismógrafo Lehman é um sismógrafo semi-profissional, usado por muitos estudantes de sismologia. Veja anexo, Figura 1.

3- Importância Didática:

O trabalho vai ensinar para os alunos, principalmente do ensino médio, noções e direções de ondas sísmicas, intensidade (Escala Richter), e a possibilidade, a partir desses dados, calcular a distância e a intensidade real do sismo. Além é claro, do estudo físico do movimento:

- Pêndulo Simples.
- Equações de pêndulo simples.
- Movimento Oscilatório.

Com o sismógrafo Lehman, podemos também fazer um estudo de eletromagnetismo pela forma com que os dados são gerado, utilizamos ímã e uma bobina para tal. É um projeto que visa interesse, principalmente, dos alunos do ensino médio, como já dito anteriormente. Mas, logicamente, não exclui o interesse de alunos do ensino fundamental e ensino superior.

4- Originalidade:

Esse projeto não é original, ele já foi feito por muitos estrangeiros, pesquisadores de terremotos e aqui no Brasil já foi construído pelo meu Co-Orientador Rogério Marcon.

5- Resultado atingidos:

Começamos a montar a base do sismógrafo. Ela é feita com madeira, e ferro. Além disso já foi feito o braço do pêndulo, com a massa e os parafusos necessários para seu funcionamento. Ver anexo, fotos do estado em que se encontra o projeto. Utilizamos um torno para colocar o parafuso no qual será pregada a bobina posteriormente que fará a leitura dos dados, juntamente com um ímã.

Fizemos um pequeno orifício onde será a sustentação do pêndulo com a base, e um estudo dos próximos passos a serem feitos:

- Fixação do tirante e posicionamento do braço
- Instalação dos parafusos de nivelamento e ajuste do período na base de madeira
- Adaptação do transdutor eletromagnético (par ímã e bobina)
- Instalação do sistema de amortecimento (magnético ou a óleo)

6- Fotos do estado em que se encontra:

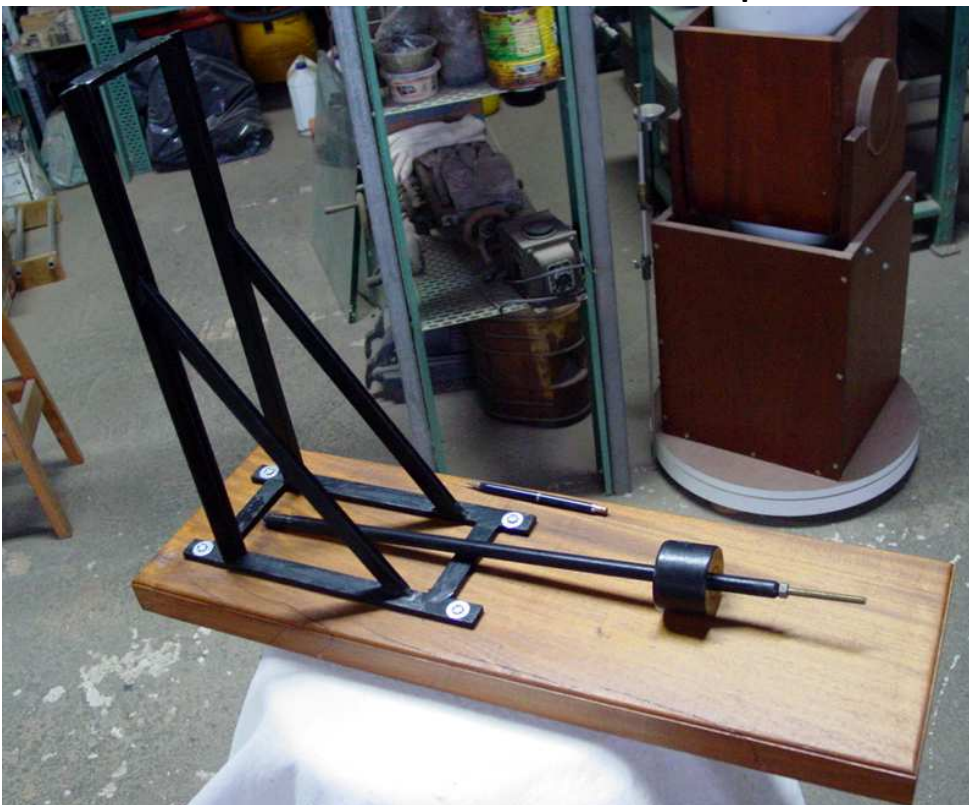
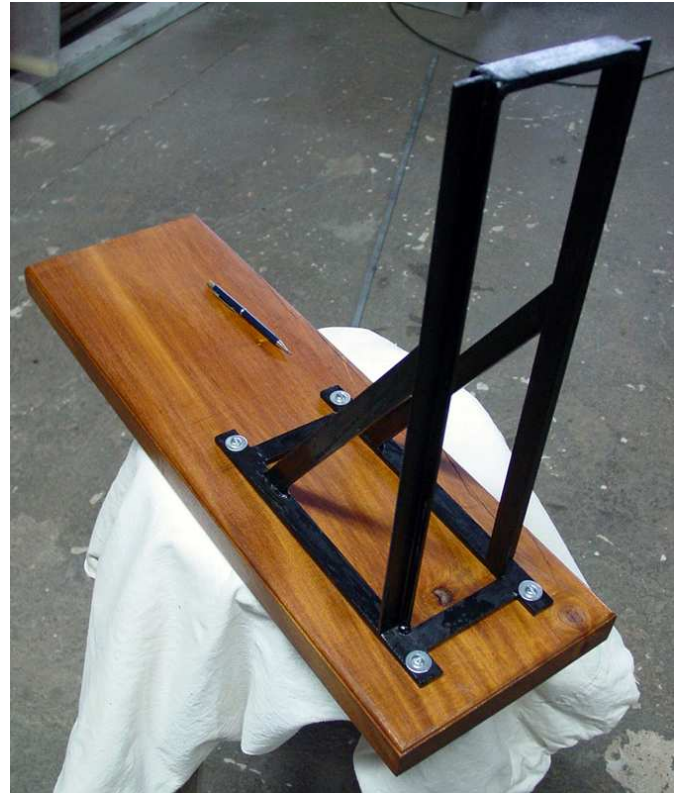


Foto 1



7- Dificuldades encontradas:

A princípio estávamos com dificuldade em como seria feita a base de suporte para “segurar” o pêndulo. Pensamos em parafusos, mas percebemos que iria ficar fraco, então resolvemos usar uma mini oficina do Co-Orientador (Rogério Marcon), para cortar os pedaços de ferro e então soldamos para ter uma maior rigidez na base. Depois disso, para por um parafuso que prendera a bobina pensamos em colocar fita para prende-lo, ou alguma massa que o segura-se, mas visto que perderia uma certa precisão da medida e poderia ficar frouxo, utilizamos um torno e fizemos a rosca para deixar o parafuso muito bem fixo, além de dar uma mobilidade de ajustar um comprimento que fique adequado. Nossa dificuldade maior esta em construir os próximo passo, no qual consiste a bobina, amortecedor e a parte eletrônica de coleta de dados.

8- Declaração do Orientador:

Meu orientador , o Prof. Dr. Lisandro Cardoso concorda com o expressado neste relatório parcial e deu a seguinte opinião:

“O presente relatório apresenta um projeto de instrumentação que consta da implementação de um sismógrafo de Lehman construído a partir de componetes de baixo custo, essencial para um projeto a ser divulgado em escolas de públicas de ensino médio, de forma a atrair a atenção dos estudantes para a Física como uma Ciência que está ao alcance de todos. Trata-se de um projeto muito bom e com aplicação imediata, e além disso, já testado anteriormente em diversas oportunidades pelo Rogério Marcon, com sucesso. É um grande prazer participar deste curso de Tópicos de Ensino de Física I com a orientação de um projeto tão bom quanto este, e que já está em preparação pelo Luis Ricardo Sarti.

Lisandro”

9- Teoria:

Como dito anteriormente este trabalho tratara de algumas teorias físicas, na qual será dividida em tópicos:

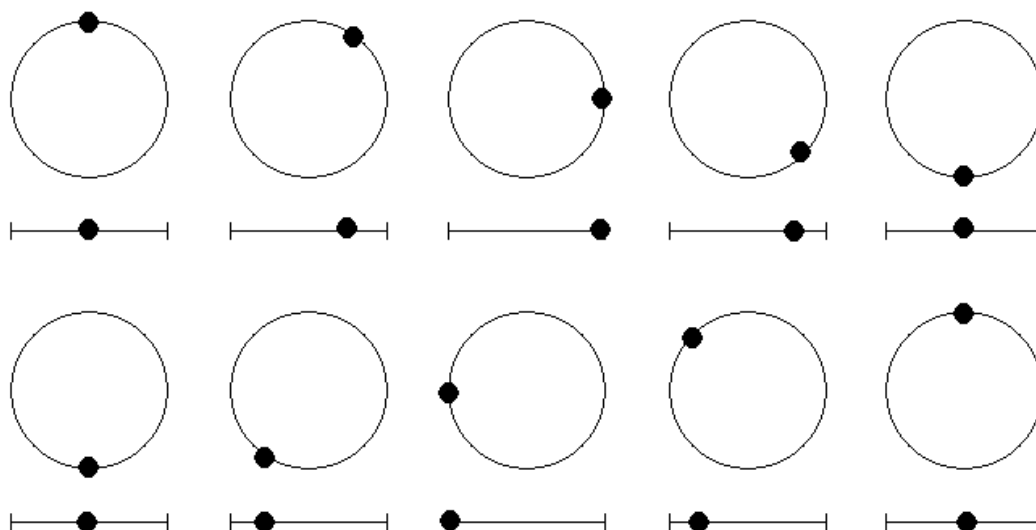
- 9.1- Movimento Harmônico – Pêndulos Simples
- 9.2- Terremotos – Placas tectônicas e leitura de dados
- 9.3- Eletromagnetismo – Campo elétrico e campo magnético

9.1 - Movimento Harmônico – Pêndulos Simples

Na vida cotidiana, os movimentos harmônicos são bastante freqüentes. São exemplos disso os movimentos de uma mola, de um pêndulo e de uma corda de violão.

Cada um desses movimentos oscilatórios realizam movimentos de vaivém em torno de uma posição de equilíbrio, e são caracterizados por um período e por uma freqüência. O *período* é o tempo que o objeto gasta para realizar uma oscilação completa (ou seja, um movimento completo de ida e volta) e a *freqüência* é o número de oscilações na unidade de tempo.

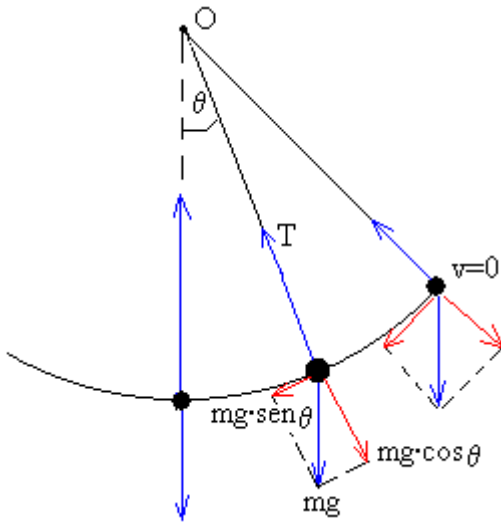
O estudo desse movimento costuma ser feito a partir do movimento circular e uniforme. Para isso consideremos uma partícula em movimento circular e uniforme numa circunferência. Fazemos a projeção do movimento circular sobre o eixo abaixo. Observamos que enquanto a partícula desloca-se na circunferência a projeção desloca-se entre os extremos da oscilação. O movimento da projeção é um movimento harmônico simples.



Na oscilação de uma mola, a velocidade anula-se nas posições extremas e é máxima ao passar pela posição central. É um movimento variado, mas não uniformemente variado, pois a aceleração não é constante, variando de ponto a ponto na trajetória da mola.

9.1.1- Pendulo Simples

Um pêndulo simples pode ser descrito como uma partícula de massa m suspensa do ponto O por um fio inextensível de comprimento l e de massa desprezível. Se a partícula é deslocada da posição q_0 (ângulo que faz o fio com a vertical) e logo é solta, o pêndulo começa a oscilar.



O pêndulo descreve uma trajetória circular, um arco de uma circunferência de raio l . Estudaremos seu movimento na direção tangencial e na direção normal.

As forças que atuam sobre a partícula de massa m são duas

- O peso $P=mg$
- A tensão T no fio

Decompomos o peso na ação simultânea de duas componentes, $P_x=mg \cdot \sin \theta$ na direção tangencial e $P_y=mg \cdot \cos \theta$ na direção radial.

- Equação do movimento na direção radial

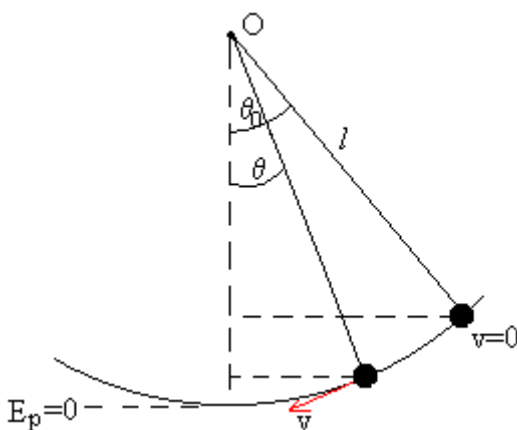
A aceleração da partícula é $a_n=v^2/l$ dirigida radialmente para o centro de sua trajetória circular. A segunda lei de Newton é escrita

$$ma_n=T-mg \cdot \cos \theta$$

Conhecido o valor da velocidade v na posição angular θ podemos determinar a tensão T no fio. A tensão T no fio é máxima, quando o pêndulo passa pela posição de equilíbrio, $T=mg+mv^2/l$. É mínima, nos extremos de sua trajetória quando a velocidade é zero, $T=mg \cos \theta_0$

- Princípio de conservação da energia

Na posição $\vartheta=\vartheta_0$ o pêndulo somente tem energia potencial, que se transforma em energia cinética quando o pêndulo passa pela posição de equilíbrio.



Comparemos duas posições do pêndulo:

Na posição extrema $\vartheta=\vartheta_0$, a energia é somente potencial.

$$E=mg(l-l \cdot \cos \vartheta_0)$$

Na posição ϑ , a energia do pêndulo é parte cinética e a outra parte potencial

$$E = \frac{1}{2}mv^2 + mg(l - l \cos \vartheta)$$

A energia se conserva

$$v^2 = 2gl(\cos\vartheta - \cos\vartheta_0)$$

A tensão da corda é

$$T = mg(3\cos\vartheta - 2\cos\vartheta_0)$$

A tensão da corda não é constante, ou seja varia com a posição angular ϑ . Seu valor máximo é alcançado quando $\vartheta=0$, o pêndulo passa pela posição de equilíbrio (a velocidade é máxima). Seu valor mínimo, quando $\vartheta=\vartheta_0$ (a velocidade é nula).

- Equação do movimento na direção tangencial

A aceleração da partícula é $a_t = dv/dt$. A segunda lei de Newton é escrita

$$ma_t = -mg \cdot \text{sen}\vartheta$$

A relação entre a aceleração tangencial a_t e a aceleração angular a é $a_t = a \cdot l$. A equação do movimento é escrita na forma de equação diferencial

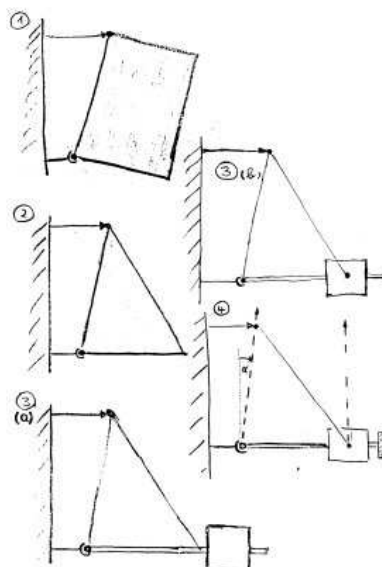
$$\frac{d^2\vartheta}{dt^2} + \frac{g}{l} \text{sen}\vartheta = 0$$

Nosso sismógrafo é um pêndulo horizontal. Sua oscilação é parecida com a de um portão de jardim.

Se quisermos que um portão de jardim abra sem que nós coloquemos força, devemos deixar que sua dobradiça superior fique um pouco afastado da vertical. O tempo que o portão demora para cair depende do ângulo em que ele faz com a parede, ou seja, depende da distância que a dobradiça de cima é colocada da parede. Esse é o princípio usado no sismografo de Lehman.

Por isso o Período de oscilação de calcularemos $T = 2\pi \sqrt{\frac{b / \tan \alpha}{g}}$

A frequência é definida como inverso do período, logo, depois de calculado o período basta fazer $f = 1/T$.



9.2- Terremotos – Placas tectônicas e leitura de dados

Terremoto é um movimento brusco e repentino do terreno resultante de um falhamento. Portanto, a ruptura da rocha é o mecanismo pelo qual o terremoto é produzido.

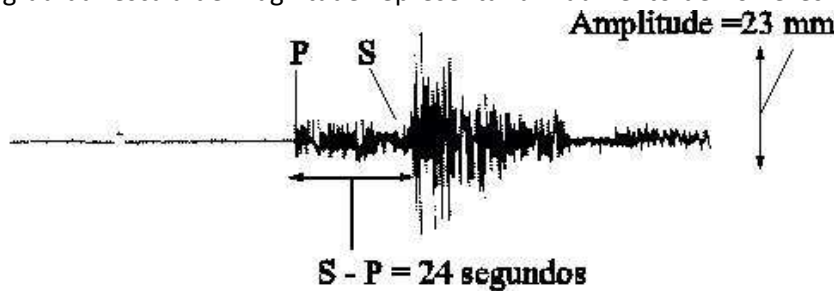
As rochas comportam-se como corpos elásticos e podem acumular deformações quando submetidas a esforços de compressão ou de tração. Quando este esforço excede o limite de resistência da rocha esta se rompe ao longo de um plano, novo ou pré-existente de fratura, chamado Falha. A quase totalidade dos terremotos tem origem tectônica, isto é, estão associados a falhamentos geológicos. Entretanto, terremotos podem ser também ocasionados por atividades vulcânicas ou pela própria ação do homem que, neste caso, recebe a denominação de sismos induzidos. Como exemplos significativos temos os sismos produzidos por explosões nucleares ou gerados pela criação de grandes reservatórios hidrelétricos.

9.2.1- Leitura de Dados - Magnitude

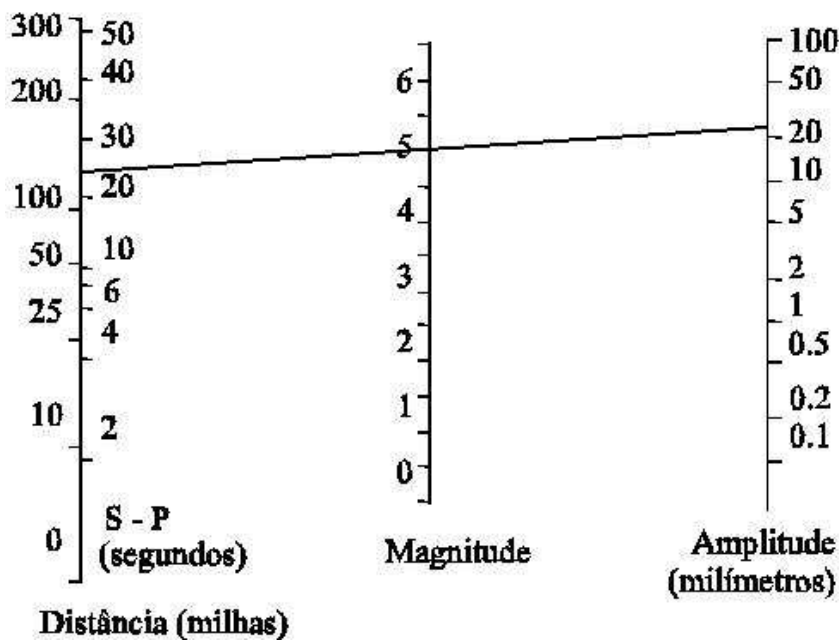
Magnitude é uma medida quantitativa do tamanho do terremoto. Ela está relacionada com a energia sísmica liberada no foco e também com a amplitude das ondas registradas pelos sismógrafos.

Para cobrir todos os tamanhos de terremotos - desde os microtremores de magnitude negativas até os super-terremotos com magnitudes superiores a 8.0 - foi idealizada uma escala logarítmica, sem limites. No entanto, a própria natureza impõem um limite superior a esta escala já que ela está condicionada ao próprio limite de resistência das rochas da crosta terrestre. Magnitude e energia podem ser relacionadas pela fórmula descrita por Gutenberg e Richter em 1935 $\log E = 11,8 + 1,5M$ onde: E= energia liberada em ergs e M=magnitude do terremoto. O volume das esferas é proporcional ao total da energia liberada para as magnitudes 1, 2 e 3. Nessa mesma escala, o maior terremoto já registrado no Brasil (em 31/01/55, magnitude 6.6) deveria ser representado por um círculo com diâmetro igual a 75 metros. O maior terremoto já registrado no mundo (Chile, 22/05/60) teria um círculo com diâmetro aproximado de 11 km. O terremoto do Chile liberou energia equivalente a 28.2 anos de produção da Usina de Itaipu, operando com potencia plena (12,6 GW).

No gráfico abaixo a distância do foco do sismo, em termos de tempo entre as chegadas das ondas P e S, é de 24 segundos. A máxima amplitude da onda é 23 mm. Conectando estes dois pontos encontra-se a magnitude do do sismo = 5.0 Cada acréscimo no grau da escala de magnitude representa um aumento de 10 vezes na medida da amplitude



de uma onda e um incremento aproximado de 32 vezes da energia liberada. Na prática existem diferentes maneiras e métodos de determinar magnitudes mas todas elas podem ser relacionadas entre si. Atualmente, a tendência é utilizar a magnitude baseada no momento sísmico, que representa uma medida com significado físico.



A magnitude é única para cada sismo, enquanto a intensidade das ondas sísmicas diminui conforme a distância das rochas atravessadas pelas ondas e as linhas de falha. Assim, embora cada terremoto tenha uma única magnitude, seus efeitos podem variar segundo a distância, as condições dos terrenos e das edificações, entre outros fatores. Abaixo uma tabela com a descrição, magnitude e efeitos dos terremotos .

Descrição	Magnitude	Efeitos	Frequência
Micro	M 2,0	Micro tremor de terra, não se sente ^[2] .	~ 8000 por dia

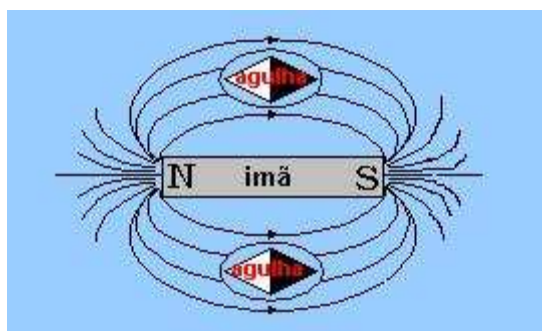
Muito pequeno	M 0-2,9	Geralmente não se sente mas é detectado/registado.	~ 1000 por dia
pequeno	P 0-3,9	Frequentemente sentido mas raramente causa danos.	~ 49000 por ano
ligeiro	L 0-4,9	Tremor notório de objectos no interior de habitações, ruídos de choque entre objectos. Danos importantes pouco comuns.	~ 6200 por ano
moderado	M 0-5,9	Pode causar danos maiores em edifícios mal concebidos em zonas restritas. Provoca danos ligeiros nos edifícios bem construídos.	8 00 por ano
forte	F 0-6,9	Pode ser destruidor em zonas num raio de até 180 quilómetros em áreas habitadas.	1 20 por ano
grande	G 0-7,9	Pode provocar danos graves em zonas mais vastas.	1 8 por ano
importante	I 0-8,9	Pode causar danos sérios em zonas num raio de centenas de quilómetros.	1 por ano
excepcional	E 0-11,9	Devasta zonas num raio de milhares de quilómetros.	1 a cada 20 anos
extremo	E 2,0 >	Poderia dividir a Terra ao meio.	H hipotético

9.3 - Eletromagnetismo

9.3.1- Campo elétrico e campo magnético

Até 1820 pensava-se que existissem dois fenômenos totalmente independentes entre si: os fenômenos elétricos e os fenômenos magnéticos. Contudo, no ano de 1820, Oersted descobriu acidentalmente que a corrente elétrica produz um campo magnético, ou seja, que em certas circunstâncias, podemos misturar fenômenos elétricos e magnéticos. Hoje sabemos que para que isso aconteça há necessidade de envolvermos movimento de cargas elétricas. Dessa forma, cargas elétricas em movimento (corrente elétrica) podem produzir um campo magnético. Por outro lado, um ímã em movimento pode produzir um campo elétrico e fazer aparecer uma corrente elétrica. Estes fenômenos têm o nome de *eletromagnéticos* e seu estudo constitui o eletromagnetismo.

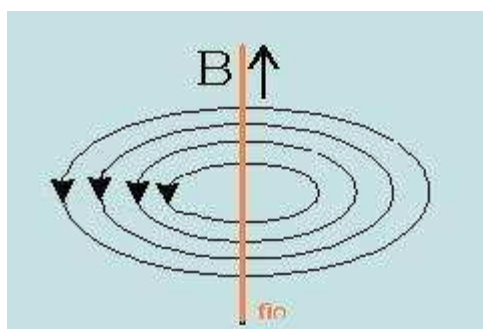
Diz-se que um ímã cria um campo magnético que sai do norte e vai para o sul e que pode ser esquematizado em linhas de campo (veja figura abaixo). Uma agulha de bússola colocada sobre essas linhas irá se defletir de acordo com a direção desta linha.



Campo magnético de um ímã

Se colocarmos cargas elétricas em movimento no interior de um fio (corrente elétrica) elas vão criar um campo magnético ao redor do fio, campo este que irá defletir a agulha. Se o fio passa diversas vezes por uma mesma região, os campos magnéticos criados irão se somar originando um campo mais forte. Um fio enrolado uma vez denomina-se "*espira*". Um fio enrolado várias vezes formará o que denomina de "*bobina*". Assim, se enrolarmos o fio 20 vezes teremos uma bobina de 20 espiras.

O campo magnético da bobina enrolada em algum material férreo orienta os domínios magnéticos no interior do ferro, enquanto passa corrente. Com isso consegue-se um reforço do campo magnético. Este tem a tendência de aumentar grandemente o campo magnético, motivo pelo qual é usado em motores elétricos e transformadores.



Campo magnético criado pelo movimento de cargas elétricas em um fio.

Os fenômenos eletromagnéticos são de importância vital para nossa tecnologia. Eles explicam como a corrente elétrica pode produzir movimento, o que explica a ação dos motores elétricos. Outros fenômenos, tratam da indução de corrente elétrica por ímãs em movimento, ou seja, mostram que o movimento pode produzir corrente elétrica. Ambos os fenômenos juntos explicam como o movimento de uma turbina, numa hidrelétrica, situada bem distante de nossa casa, pode acionar o movimento das pás de um liquidificador que usamos ou de uma locomotiva elétrica em nossa cidade.

10- Referências:

Internet, palavras chave:

- Lehman
- Seismometer Lehman
- Pêndulo Simples
- Sismógrafos
- Terremotos

Sites:

- <http://www.feiradeciencias.com.br/sala19/texto41.asp>
- <http://www.vibrationdata.com/Lehman.htm>
- <http://psn.quake.net/lehmntxt.html>
- http://www.daleh.id.au/seismograph_construction.html
- <http://www.fisica.ufs.br/CorpoDocente/egsantana/dinamica/trabajo/pendulo/pendulo.htm>
- <http://www.unb.br/ig/sis/terremo.htm>
- <http://webtronics.com/lehmnmod.html>
- http://www.mgm.monschau.de/seismic/english/artikel/artikel_4_1.php
- <http://pt.wikipedia.org/wiki/>

11- Lista de materiais

- Base de madeira
- Suporte de metal (feito manualmente)
- Parafusos e porcas
- Ímãs
- Fio de cobre
- Extensor de metal
- Amortecedor (feito manualmente com ímã e placa de metal)
- Multímetro ou *Conversor A/D analógico digital

12- Sigilo

Não solicita. Meu orientador, o Prof. Lisandro Pavie Cardoso concorda com os termos aqui estabelecidos para o projeto e declara que poderá dispor de todos os elementos necessários.

*Pedido de compra ao Coordenador da disciplina
Segue anexo o site por onde terá que fazer o pedido:
<http://www.dataq.com/products/startkit/di194rs.htm>

13- Horário para apresentação:

Dia 12 de novembro de 2008, das 17:00 as 20:00 hrs.

Anexo

Figura 1

