



**UNICAMP**

Universidade Estadual de Campinas  
Instituto de Física Gleb Wataghin – IFGW

Instrumentação para o Ensino, F809  
Relatório Final

**“Aplicação da Lei de Faraday à Construção de um Anemômetro”**



Aluno: Fellype do Nascimento – RA: 016053

Orientador: Prof. Dr. Lisandro Pavie Cardoso

Colaborador: Rogério Marcon

Coordenador da disciplina: Prof. Dr. José Joaquim Lunazzi

Junho de 2006.

## Observação em relação ao nível de abordagem deste trabalho

O público alvo principal deste trabalho são os alunos de ensino médio, principalmente os que estudam em escolas públicas. Por isto, o nível de abordagem dos temas aqui envolvidos serão tratados levando-se em conta apenas os conteúdos que fazem parte deste nível de ensino, e os materiais utilizados serão, na maior parte, de baixo custo e fácil acesso.

## Resumo

*A aplicação da “Lei de Faraday” à construção de um equipamento capaz de medir a velocidade dos ventos é uma tarefa que passa pelas fases de estudo do fenômeno da indução eletromagnética, montagem do aparato, adaptações para obtenção de melhores resultados e calibração do instrumento construído.*

### I - Objetivos

Neste trabalho pretendemos utilizar uma das mais importantes leis do eletromagnetismo, que está presente nas atividades do dia-a-dia da maioria dos seres humanos, a Lei da Indução de Faraday, para construir um equipamento que seja capaz de medir a velocidade do vento, um fenômeno natural que, desde a antigüidade, é objeto de observação e estudo, tanto por parte de cientistas quanto de filósofos, artistas, religiosos, e de outros segmentos da sociedade.

### II - Introdução

#### a. Indução Eletromagnética

Michael Faraday (1791-1867) sempre esteve interessado em conhecer bem os fenômenos da indução elétrica, através da qual, aproximando-se uma carga elétrica de um material condutor ocorre indução cargas neste. Nas suas tentativas de encontrar na eletrodinâmica fenômenos análogos aos que ocorrem na eletrostática, começou a fazer experiências com a intenção de verificar se, ao manter uma corrente elétrica, originada em um circuito primário próxima a um material condutor (um circuito ligado a um galvanômetro), surgiria uma corrente neste, que se manteria enquanto a primeira permanecesse. Porém, Faraday se decepcionou ao ver que suas expectativas não eram correspondidas.

Segundo dizem, Faraday percebeu acidentalmente que ao ser variada a corrente elétrica no primeiro circuito surgia então, por indução, uma outra no circuito vizinho. Em outra experiência ele percebeu que o mesmo ocorria quando se tinha uma

corrente elétrica constante no primeiro circuito e se aproximava ou afastava deste um outro circuito. Além disso, ele também verificou que ao se variar a área de um dos circuitos era induzida uma corrente no outro.

Com estas três experiências, Faraday percebeu que sempre surgia uma corrente induzida num circuito quando “algo” variava. Sabendo que uma corrente elétrica produzia um campo magnético, realizou uma nova experiência que consistia em aproximar um ímã permanente de uma bobina (um fio condutor enrolado em um núcleo) ligada a um galvanômetro. Verificou que enquanto o ímã estava em movimento, o ponteiro do galvanômetro era defletido, ou seja, uma corrente elétrica percorria a bobina, e, ao parar o ímã, não havia mais deflexão do ponteiro. Um outro fato que ele ainda observou, foi que o sentido da deflexão do ponteiro do galvanômetro mudava de acordo com o sentido do movimento do ímã em relação à bobina, indicando que ao se afastar o ímã da bobina, a corrente induzida tinha sentido contrário ao obtido durante a aproximação. O mesmo ocorria mantendo-se o ímã parado e movimentando-se a bobina em relação ímã.

A conclusão que Faraday obteve destes experimentos foi que uma corrente induzida é consequência do surgimento de uma força eletromotriz (fem), ou seja, uma tensão elétrica, induzida na bobina, que por sua vez deve-se à variação do número de linhas de campo magnético na área da bobina, obtida através da variação do campo magnético, da área da bobina ou do movimento relativo entre os elementos do sistema.

O número de linhas de campo magnético que atravessam uma superfície é chamado de *fluxo magnético* (simbolizado por  $\Phi_B$ ). Antes de apresentar a definição matemática de fluxo magnético considere a figura 1.

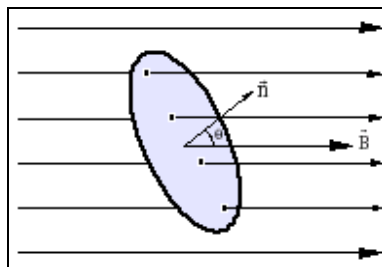


Figura 01: Contorno delimitando uma área A, imerso em um campo magnético de intensidade constante.

Nela vemos um contorno fechado que delimita uma superfície de área A, com um vetor

normal (perpendicular) à esta superfície  $\vec{n}$ . Tal contorno está imerso em um campo magnético constante  $\vec{B}$ , cujo vetor forma um ângulo  $\theta$  com o vetor  $\vec{n}$ . Para este caso, o fluxo magnético  $\Phi_B$  é a grandeza escalar definida por:

$$\Phi_B = B \cdot A \cdot \cos \theta \quad (1)$$

Nesta relação, o ângulo  $\theta$  mostra o efeito da variação da área com relação ao campo magnético. Por exemplo, para  $\theta$  igual a  $0^\circ$ ,  $\Phi_B$  tem seu valor máximo e para  $\theta$  igual a  $90^\circ$ ,  $\Phi_B$  é nulo.

Se no lugar do contorno mostrado na Fig. 1 tivermos uma espira de material condutor, deverá surgir uma fem  $E$  para variações temporais de  $\Phi_B$ . A intensidade da fem induzida no circuito pode ser definida então como:

$$E = \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} \quad (2)$$

A Eq. (2) é conhecida na Física como a “Lei de Faraday”. Observando a Eq. (1) vemos que a variação de  $\Phi_B$  pode ocorrer devido a variações de intensidade no campo magnético, variação da área da espira ou por rotações da espira imersa no campo.

Além disso, podemos ter um conjunto com várias espiras, ao invés de apenas uma, formando uma bobina, imersas num campo magnético. Neste caso, a intensidade da fem induzida fica:

$$E = N \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} \quad (3)$$

onde  $N$  é o número de espiras da bobina. A Eq. (3) é uma generalização da Lei de Faraday para um conjunto de  $N$  espiras e se reduz à Eq. (2) quando se tem apenas uma espira.

Se quisermos saber qual a intensidade da fem induzida em cada instante de tempo, devemos tomar o limite da Eq. (3) para intervalos de tempo muito pequenos, tendendo a zero (pois para intervalos de tempo menores temos variações menores do fluxo magnético), ou seja:

$$E = N \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} \quad (4)$$

## b. Gerador Elétrico

A produção da energia que consumimos em nossas casas é feita em usinas elétricas através de um dispositivo chamado *gerador elétrico*. Um gerador elétrico não é nada mais que um motor elétrico que funciona no sentido inverso, ou seja, enquanto o motor elétrico transforma a energia elétrica em energia mecânica, o gerador transforma energia mecânica em elétrica. A energia elétrica que chega às residências e às muitas indústrias é obtida através de geradores que transformam em energia elétrica a energia mecânica das quedas d'água, nas usinas hidrelétricas, e a energia térmica oriunda da combustão de óleo, carvão ou gás natural, nas usinas termoelétricas.

Um gerador elétrico funciona com base na indução eletromagnética, e é um aparelho no qual a energia é fornecida por trabalho e é obtida por transmissão elétrica. Observando a Fig. 2 podemos ter uma noção do esquema interno de um gerador. Na figura temos uma espira imersa em um campo magnético, ligada a uma manivela que possibilita sua rotação em torno do eixo indicado através da realização de trabalho.

Quando a espira gira em torno do eixo de rotação, ocorre uma variação do fluxo eletromagnético que a atravessa com o tempo, induzindo uma tensão e uma corrente que, dependendo da intensidade, faz com que a lâmpada que está conectada à espira acenda.

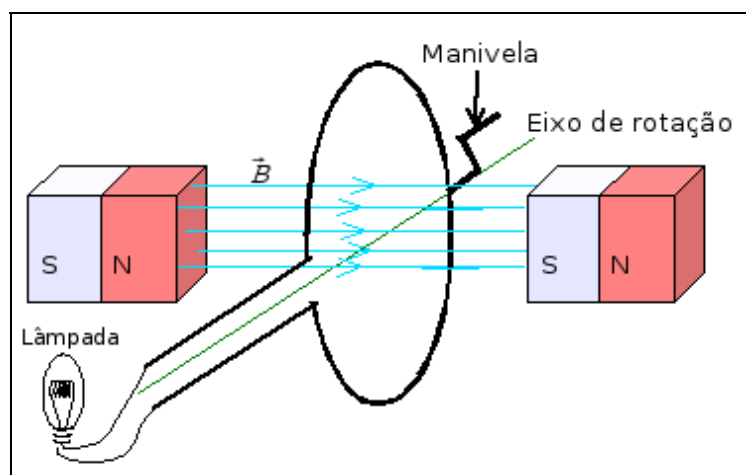


Figura 02: Esquema de um gerador.

Um esquema um pouco mais sofisticado, o de um motor elétrico, é mostrado na

Fig. 3. Nela temos uma bobina entre dois ímãs que está ligada à uma fonte de tensão, no caso uma bateria, através de contatos elétricos chamados de escovas.

No momento em que a fonte de tensão é acionada, uma corrente elétrica começa a percorrer o circuito, gerando um campo magnético. Na bobina, a corrente que passa pelas espiras cria pólos que são atraídos pelos ímãs (o pólo norte de um dos ímãs atrai o pólo sul da bobina e o pólo sul do outro ímã atrai o norte da bobina). Após o conjunto bobina-escovas completar meia volta em torno do eixo de rotação, ocorre uma inversão dos contatos na bateria e, conseqüentemente, são invertidos os pólos na bobina, ocorrendo então nova atração do pólo sul da bobina pelo norte de um dos ímãs, etc. Assim o movimento de rotação se mantém, até que seja desligado o contato com a bateria.

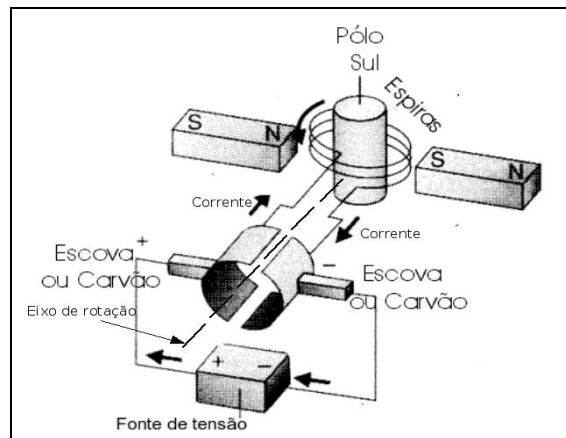


Figura 03: Esquema de um motor elétrico (motor de corrente contínua).

Se tirarmos a fonte de tensão do motor elétrico e fizermos com que a bobina que está dentro dele gire em torno do eixo indicado, este atuará, conforme dito antes, como um gerador.

### c. Anemômetro

Anemômetros são equipamentos utilizados para medir a velocidade dos ventos.

Existem vários tipos de anemômetro que medem a velocidade do vento de maneiras diferentes. Alguns exemplos:

- Tubo de Venturi: a velocidade do vento é obtida a partir da variação da pressão do ar que passa pelo tubo. Este aparelho é muito utilizado em aviões. Neste caso, a medida da velocidade depende da direção do vento;

- Poder-se-ia utilizar uma haste feita com um material leve, mantida na vertical por uma de suas extremidades e aplicar, convenientemente, as Leis de Newton para medir a velocidade do vento a partir do ângulo de inclinação da haste em relação à vertical. Inclinação esta que seria causada pela força do vento incidindo sobre a haste. Em geral, as medidas de velocidade por este método também dependem da direção do vento;
- Rotor de conchas: é o que vamos discutir e construir neste trabalho. Este não depende da direção do vento para as medições.

### III - O Experimento

#### a. Idéia Geral

Tendo conhecimento de como funcionam geradores e motores elétricos, podemos utilizar os conceitos envolvidos para construir um aparelho que possa medir a velocidade dos ventos. Não nos preocuparemos com a construção de um gerador elétrico. Conhecendo as características dos motores elétricos, utilizaremos um como gerador.

O que possibilita a medição da velocidade do vento fazendo uso de um gerador elétrico, é o fato de que a tensão produzida por este é proporcional à variação do fluxo magnético que atravessa a bobina (Lei de Faraday). Tal variação do fluxo é obtida apenas fazendo com que a bobina dentro do motor gire.

Um anemômetro do tipo rotor de conchas é constituído por uma hélice, cujas pás são em forma de concha, acoplado a um gerador elétrico. Desta forma, quando o vento incide nas pás da hélice inicia-se um movimento de rotação da bobina que está dentro do gerador. Logo, temos um sinal de tensão que pode ser lido por um voltímetro.

A tensão gerada deve ser proporcional à velocidade do vento, que é, neste caso, o responsável por fazer o motor girar e variar o fluxo magnético na bobina.

Para que se possa transformar o conjunto hélice, motor e voltímetro, em um instrumento de medida da velocidade do vento, é necessário realizar uma calibração, ou seja, necessita-se saber que valor de velocidade do vento gera determinado valor de tensão. Existem vários métodos de calibração. Alguns exemplos são:



- Através de tabelas que relacionam a tensão de saída de um gerador com a frequência de rotação, que é proporcional a velocidade;
- Utilizando-se um anemômetro já calibrado para registrar a velocidade do vento que está incidindo no momento da leitura do sinal de tensão do anemômetro a ser calibrado;
- Utilizando túneis de vento para obtenção da velocidade a que o instrumento está exposto;
- Colocando-se o instrumento em movimento a velocidades conhecidas.

Em nosso trabalho, adotaremos o último método mencionado por ser o mais acessível e, de certa forma, o mais intuitivo de todos.

## b. Parte Prática

### b-1. Materiais Necessários

- ✓ Motor elétrico (cujo eixo de rotação possa ser acoplado a componentes externos) <sup>1,3</sup>;
- ✓ Multímetro <sup>2,3</sup>;
- ✓ Duas esferas ocas de material leve e liso (pode ser plástico) <sup>3</sup>;
- ✓ Hastes metálicas <sup>3</sup>;
- ✓ Materiais colantes (super cola, epoxi, etc.);
- ✓ Componentes elétricos e eletrônicos diversos (fios, capacitores, resistores, diodos, etc).

#### \*Observações:

1. Existem vários modelos de motor elétrico. Em nosso experimento, utilizaremos um conhecido como “motor de passo”, que é facilmente encontrado em equipamentos como impressoras, leitores de disquete, etc. O princípio de funcionamento de um motor de passo é análogo ao de um motor de corrente contínua.
2. Aqui usaremos um multímetro ao invés de um voltímetro, por ter um preço mais acessível.

### 3. Materiais essenciais.

#### b-2. Montagem do Instrumento

A montagem do anemômetro não é uma tarefa complicada. Tendo em mãos os materiais necessários, basta um pouco de criatividade e habilidade para trabalhos manuais.

Em nosso trabalho, a hélice ficou como mostra a Fig. 4: uma hélice com quatro conchas. Poder-se-ia utilizar apenas três conchas (assim teríamos um “Anemômetro de Robinson”).

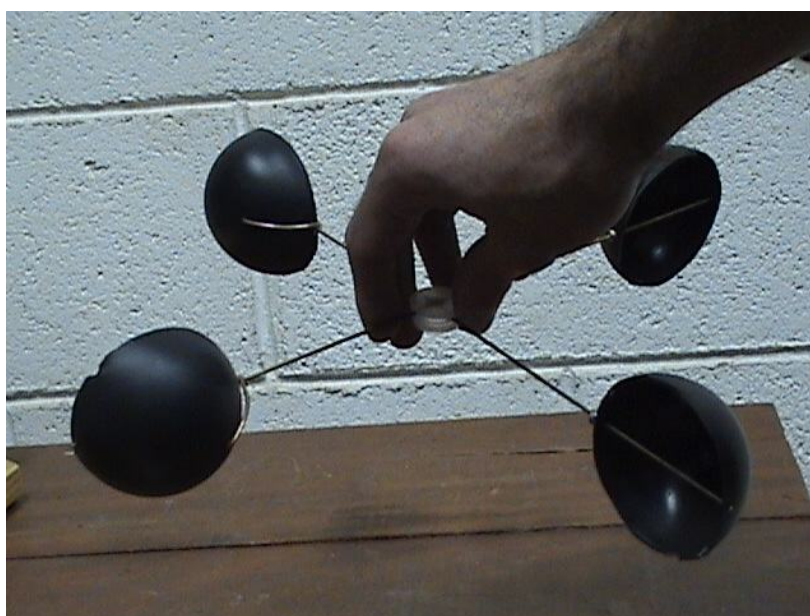


Figura 04: Hélice do anemômetro.

Um outro detalhe que vale a pena chamar a atenção, diz respeito ao tipo de motor utilizado. Se for um motor de corrente contínua, haverá apenas dois fios para serem ligados no voltímetro. Já se for um motor de passo, como no nosso caso, podem existir mais de dois fios disponíveis para medir a tensão. Certamente quaisquer dois fios que forem ligados ao voltímetro vão resultar em um sinal quando o motor for girado. Porém, fazendo testes, é possível escolher um par para o qual seja obtido um maior sinal de tensão do que com outro par. O nosso motor, já no suporte que fizemos para ele, é mostrado na Fig. 5. Nela vemos que o motor utilizado tinha cinco fios disponíveis para ligarmos ao voltímetro. Utilizamos um par e isolamos os demais fios.

A maneira como se acopla a hélice ao motor de passo pode variar muito. Vai

dependem do formato do motor e do modo que a hélice for construída.

O resultado final da montagem é apresentado nas figuras 6a e 6b. O suporte que é visto nestas figuras é útil para melhor apoio em superfícies e também melhora consideravelmente a estética do instrumento.

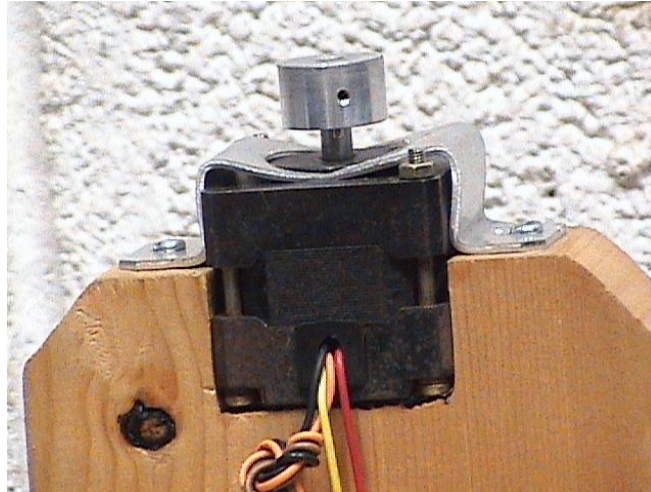
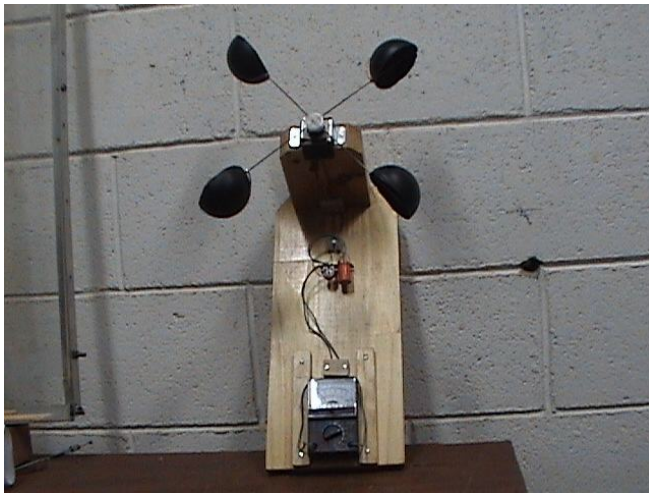
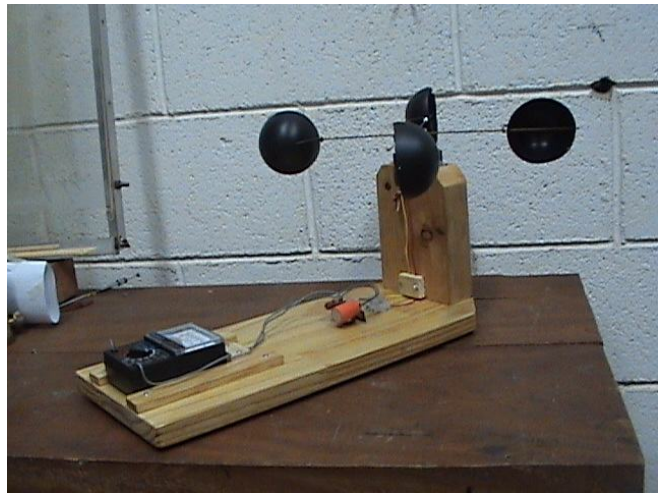


Figura 05: Motor de passo utilizado.



(a) Vista frontal.



(b) Vista em perspectiva.

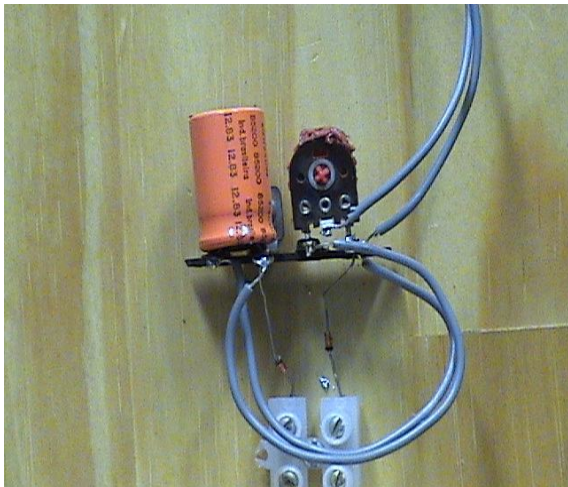
Figura 06: Anemômetro montado.

### b-3. Primeiros Resultados e Melhorias

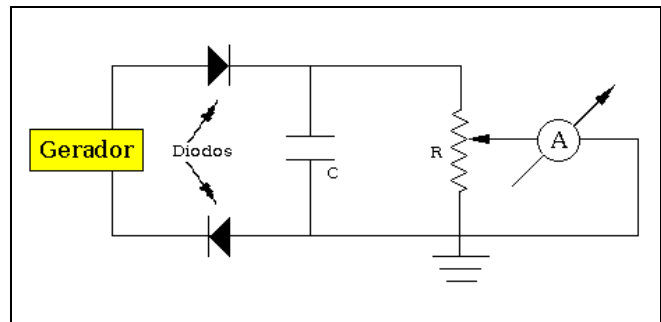
Após uma primeira montagem do instrumento, verificamos que a tensão máxima gerada pelo motor era de aproximadamente 3V. Este resultado em si era bom. Porém,

o menor fundo de escala de tensão do nosso multímetro é de 10V. Este fato leva a pequenos problemas na precisão da leitura de valores de tensão. Para melhorar a precisão dos nossos resultados, decidimos ver se o motor gerava corrente suficiente para ser medida com o nosso multímetro. Vimos então que o menor fundo de escala para leitura de corrente (0,5mA) era o que seria melhor aproveitado, pois era lido um sinal de aproximadamente 2,0mA.

Para não ultrapassar o valor máximo de corrente do menor fundo de escala, e também para obter um sinal de corrente próximo de um sinal contínuo, montamos o circuito mostrado nas figuras 7a e 7b. Não serão discutidos os detalhes sobre o circuito simplesmente por que ele não é essencial para o trabalho, sendo utilizado apenas neste caso particular, e também pelo fato de esta ser apenas uma das várias soluções possíveis para o problema.



(a) Foto do circuito.



(b) Representação esquemática.

Figura 07: Circuito para atenuar e retificar o sinal de corrente obtido.

No circuito mostrado acima, os diodos e o capacitor foram utilizados para retificar o sinal de corrente, transformando-o em um sinal de corrente aproximadamente contínua. O resistor utilizado é do tipo que pode ser ajustado manualmente, sendo o responsável por atenuar, e conseqüentemente ajustar, a intensidade da corrente.

### c. Calibração do Instrumento

Para calibrar o anemômetro, utilizamos o método de colocar o instrumento em movimento a velocidades conhecidas. Para isto, utilizamos um automóvel (uma pick-up).

Após colocar o anemômetro em cima do carro, a primeira coisa que fizemos foi determinar qual seria a velocidade máxima a ser medida. Escolhemos que seria 60km/h. Colocando então o carro em movimento a esta velocidade, vimos que o sinal de corrente obtido ultrapassava o fundo de escala que estávamos utilizando, então foi necessário variar o valor da resistência R, ainda com o carro em movimento a 60km/h, de modo que o ponteiro chegasse próximo ao fundo de escala para esta velocidade.

Efetuada este primeiro passo, já tínhamos um ponto experimental para utilizar na calibração, ou seja, um valor de corrente para uma determinada velocidade. Após isto, colocamos o carro em movimento em outras velocidades, para obter os valores de corrente correspondentes. Aliás, como o sinal tinha pequenas variações, foi necessário repetir as medidas mais de uma vez e, com isto, foram obtidos valores médios de corrente para as respectivas velocidades do carro. O resultado é apresentado no gráfico da Fig. 8.

O coeficiente angular (inclinação) da curva obtida foi de  $7,1 \cdot 10^{-3}$  [(mA)/(km/h)], com um erro padrão de  $7,0 \cdot 10^{-4}$  [(mA)/(km/h)]. E o coeficiente linear foi igual a 0,04 [mA], com um erro padrão de 0,03 [mA]. O coeficiente linear obtido está relativamente próximo de zero, o que indica coerência entre a teoria e os resultados experimentais, pois era esperado que quando o veículo estivesse parado, a corrente induzida seria nula. A distribuição dos pontos experimentais apresentou boa linearidade e, também, uma boa distribuição, medida através do coeficiente de correlação que foi igual a 0,986 (quanto mais próximo de 1 estiver este coeficiente, melhor será a distribuição dos pontos experimentais em torno da inclinação da reta).

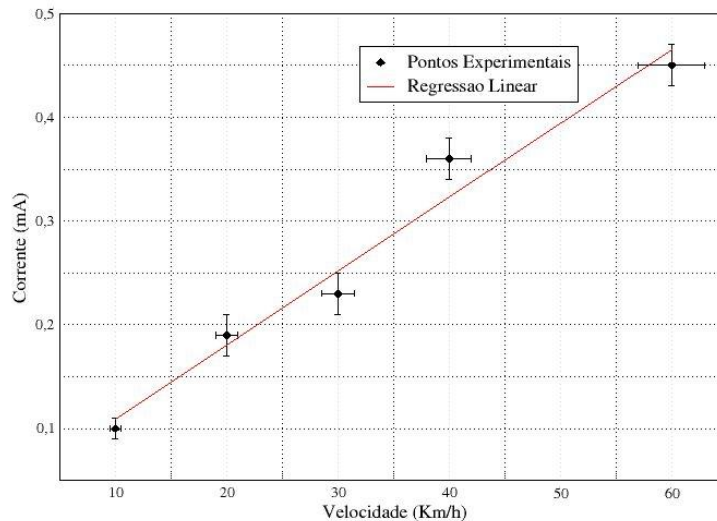


Figura 08: Curva de calibração

Através da calibração do instrumento, foi possível desenhar um fundo de escala para leitura direta da velocidade do vento com o anemômetro. Agora é só sobrepor esta nova escala à que está presente no voltímetro.

#### IV – Conclusões e Comentários Adicionais

Como foi visto durante este trabalho, construir um anemômetro não é uma tarefa das mais difíceis. O objetivo de utilizar a Lei de Faraday na construção deste equipamento foi cumprido de forma natural. E o melhor de tudo é que foi possível realizar o experimento tratando a teoria no nível mais adequado ao público alvo. Este fato não impede que o experimento seja utilizado em disciplinas de eletromagnetismo básico nos cursos superiores e, tampouco, impede que o público leigo deixe de entender o que se passa. Para tanto, são necessárias apenas pequenas modificações nos enunciados dos conceitos envolvidos.

Os resultados obtidos mostraram-se satisfatórios, confirmando as teorias aqui abordadas.

O custo total do trabalho não ultrapassou R\$ 20,00. Tendo em vista que o motor de passo e os componentes eletrônicos foram reaproveitados, foi necessário arcar apenas com as despesas para a aquisição do multímetro e das esferas de plástico.

Um comentário adicional, em relação aos tipos de multímetro, é que existem os analógicos (como o que foi utilizado aqui) e os digitais. A opção pelo modelo analógico

se deu por dois motivos: o primeiro é que, devido à inércia do ponteiro, que tem uma pequena massa, a leitura dos valores obtidos fica sujeita a variações menores, tornando os mais precisos que os valores lidos em multímetros digitais, nos quais ocorrem grande variações nos valores lidos. O segundo motivo é o fato da escala dos multímetros analógicos serem acessíveis, possibilitando assim a substituição desta por uma de velocidade após a calibração do instrumento.

## V – Referências

### a. Materiais Impressos

- [1] A. K. T. Assis. Eletrodinâmica de Weber: Teoria, Aplicações e exercícios. Editora da UNICAMP, 1995.
- [2] A. L. Bender, D. R. Sbardelotto e W. C. Magno. Usando motores *DC* em experimentos de Física. *Rev. Bras. Ens. Fis.*, Out./Dez. 2004, vol.26, no.4, p.401-405.
- [3] D. Halliday, R. Resnick e J. Walker. Fundamentos de Física, volume III. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S. A., 1996.
- [4] V. Scolfaro, F. Ramalho Júnior e G. Herskowicz. Elementos de Física, volume III. Editora Moderna, 1986.

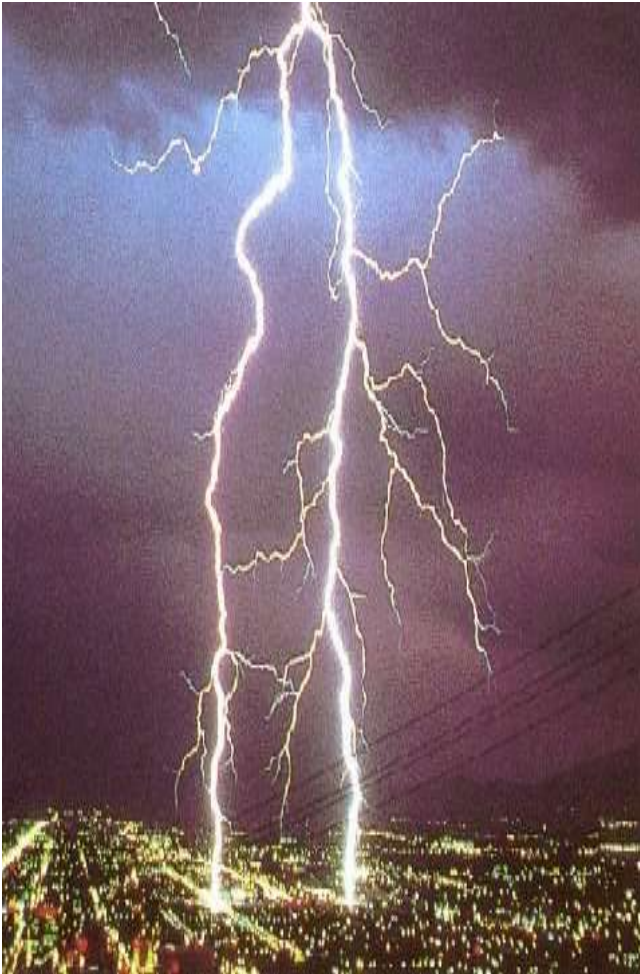
### b. Sites na Internet (reproduzidos integralmente em arquivo anexo)

- [5] [http://www.math.montana.edu/~nmp/materials/ess/russian/int\\_weather/measurement/measurement.html#anemometr](http://www.math.montana.edu/~nmp/materials/ess/russian/int_weather/measurement/measurement.html#anemometr)
- [6] <http://pensaenergia.blogspot.com/2006/01/construo-de-um-anemmetro.html>
- [7] <http://sln.fi.edu/tfi/units/energy/dixie.html>
- [8] <http://www.otherpower.com/anemometer.html>

Referências da internet utilizadas no trabalho: “Aplicação da Lei de Faraday à Construção de um Anemômetro”

[5][http://www.math.montana.edu/~nmp/materials/ess/russian/int\\_weather/measurement/measurement.html#anemometr](http://www.math.montana.edu/~nmp/materials/ess/russian/int_weather/measurement/measurement.html#anemometr)

## Observing Weather



**Learner Outcomes** - By completing these activities, the learner will:

- develop a deeper understanding of weather phenomena.
- view current weather resources found on the Internet.
- construct and use two measuring devices, a hygrometer and an anemometer.
- make observations and compare the results with official meteorological data.

---

### [Part 1. What is weather?](#) -

Learners develop a deeper understanding of weather concepts and weather phenomena, search for and look at Internet weather resources in both Russian and English.

### [Part 2. Constructing a hygrometer](#) -

Learners construct a device for measuring

humidity.

[Part 3. Constructing an anemometer](#) - Learners construct a device for measuring wind speed.

[Part 4. Making observations](#) - Learners make observations using measuring devices they have constructed in Parts 2, 3.

---

## Part 1: What is weather?

### Activity 1 - Understanding Weather Phenomena

- Have you ever said “What nice weather today!” or “I like this weather”? What is your idea of “good weather”?
- How do weather forecasters predict the weather? What does a reporter



- say when he describes the weather?
- Find several Internet weather reports for the area where you live. What numerical data are included in those weather reports?
  - Compare weather reports for different parts of the world. Which places have good weather right now? Which places have bad weather?
- 

## Activity 2 - Internet Weather Resources

Here is a list of Russian Internet weather servers:

- [MapMakers: weather reports for Vladivostok, Ekaterinburg, Volgograd, Novosibirsk, Norilsk, Moscow and St.Petersburg](#)
- [The weather in Moscow](#)
- [The weather in Russian cities](#)

Worldwide Internet weather servers:

- [USA TODAY](#)
- [The Weather Channel](#)
- [Links from Network Montana Project](#)

Looking at the temperature values on different weather servers, you might notice that temperature can be measured in either Celsius or Farenheit degrees. Below are the formulae for conversion between these two scales. You can use these formulae to convert an unfamiliar scale into the one you are more familiar with.

To convert Fahrenheit degrees (F) into Celsius (C):  $[C=9/5(F - 32)]$   
(Example)

To convert Celsius degrees (C) into Fahrenheit (F):  $[F=(5/9)C+32]$   
(Example)

You may also use a temperature part of the [Super-Kids' on-line metric converter](#) to convert Farenheit degrees into Celsius and back.

---

## Activity 3- Satellite Information about Weather



You can also get information about the weather by looking at satellite images of Earth. Here are some images from NOAA satellites:

- [Russia](#)

- [Moscow](#)
- [Other regions of Russia](#)
- [Europe](#)
- [Asia](#)
- [America](#)

White parts of the images represent clouds. Looking at satellite images, you can track cloud movements above the Earth. To do so, use today's and yesterday's satellite images. On each of them, find the area where you live. Compare the images and try to decide in what direction the clouds are moving in your area. Try to predict where the clouds will be tomorrow. Write down your conclusions. The following day, perform the same analysis to check if your prediction was correct. Explain any differences between your prediction and the actual position of clouds.

---

### **Topics for discussion:**

- What is weather? Which parameters do we use to characterize it? Which parameters are easy to measure and which are difficult? Why?
- What is air pressure? How is it measured? How do barometers work?
- What is wind? How is it measured? How do anemometers work?
- What is "precipitation"? What types of precipitation do you know? How can we measure it? In what units is precipitation measured? What instruments measure it?
- What is air humidity? What is absolute humidity and relative humidity? How can we measure them? In what units are they measured? What instruments measure them?

Now you know how weather is described. Using satellite images and your own instruments, collect some data about the weather in your area and record it at [NMP Weather Data Collection Site](#).

To collect weather data, you will need:

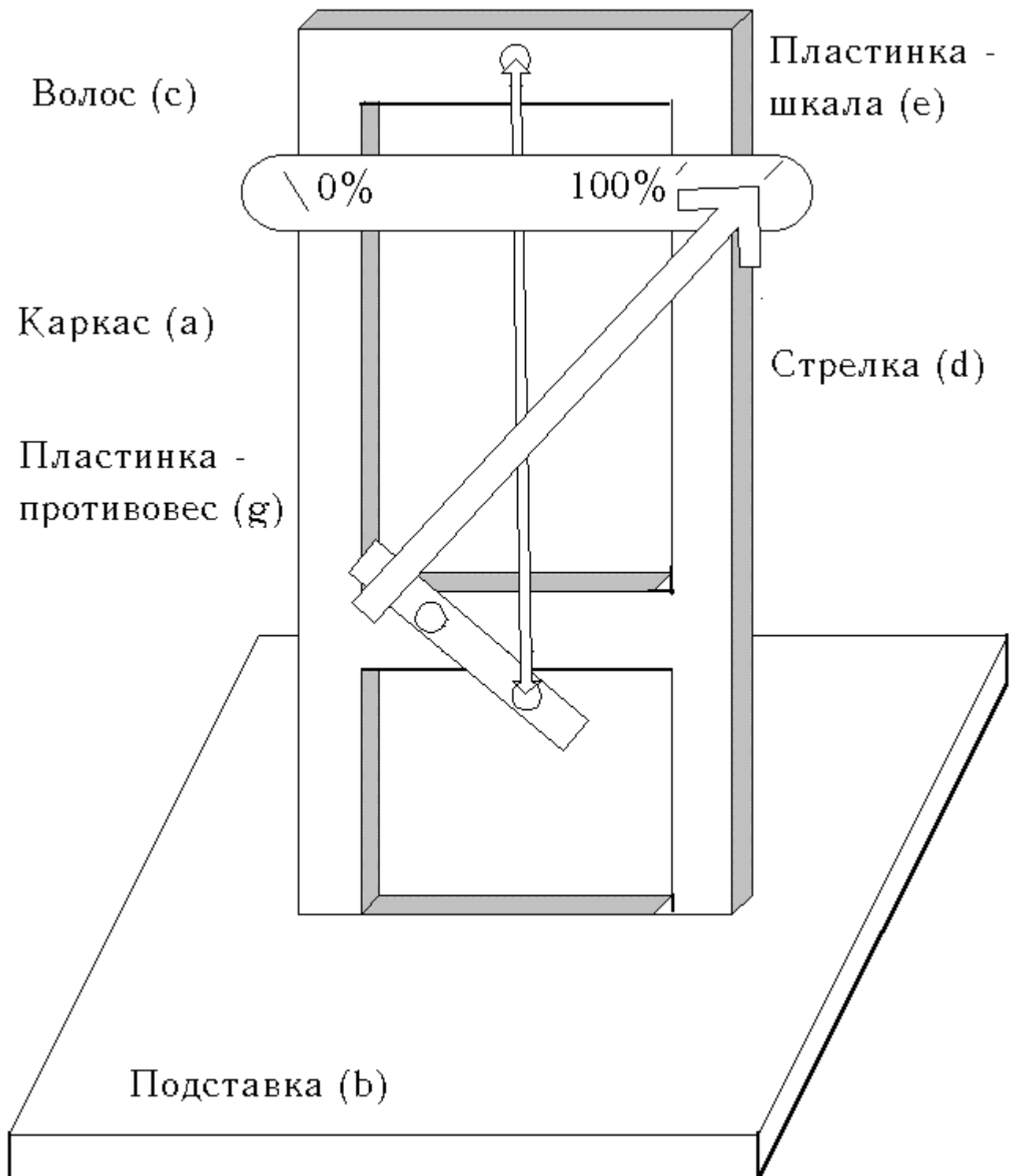
- A thermometer to measure temperature (don't forget that temperature on [NMP Weather Data Collection Site](#) should be in Fahrenheit degrees!)
- A barometer to measure air pressure
- A hygrometer to measure relative humidity
- A weathervane to determine the direction of wind
- An anemometer to measure wind speed

If you couldn't find all of these instruments, construct some of them by yourselves. For example, you can construct a [hygrometer](#) and an [anemometer](#). You will do it in Parts 2 and 3.

---

## **Part 2: Constructing a Hygrometer**

In this activity you will construct a hygrometer - an instrument for measuring relative air humidity. Before construction, look at the scheme of the instrument below.



### **Step 1**

Find the most important part of our future instrument – a hair. It should be straight and have the length of about 25-30 cm (10-12 inches). Human or horse hair becomes longer when air humidity increases.

### **Step 2**

Prepare the hair for use in the device by removing any oils or other fats (it will more easily absorb and evaporate steam). In order to do that, put it into alcohol or petrol for a day, than wash in hot water.

### **Step 3**

Make a frame for the instrument. You may use [LEGO](#) sets or other plastic plates. The frame should look like a letter I with a height of about 20 and a width of about 10 cm (8 in. and 4 in. respectively), with a horizontal plate at the height of about 5 cm (2 in.) above the base (position [\(a\)](#) on Figure 1).

#### **Step 4**

Put the frame on a stand [\(b\)](#), made from wood or any other material, and fix the frame in that position. The way of fixing (by glue or by screws) depends on the material of which the frame and the stand are made.

#### **Step 5**

Make a hole in the middle of the upper horizontal bar or drive in a nail. One end of the hair will be fixed there. You can use any way of fixing it.

#### **Step 6**

Cut a metal or plastic plate. It should weigh 10 g and will serve as a counterbalance [\(g\)](#).

#### **Step 7**

Make two holes in the plate with the diameter of about 0.1 mm (burn them through if the plate is plastic or punch them if the plate is metal). The holes should be located in the middle of the plate (by the width) and at a distance of about 0.1 and 0.4 of the length of the plate from the ends of the plate.

#### **Step 8**

From a wire, make an arrow [\(d\)](#) with a diameter of 1 mm and a length of 15 cm.

#### **Step 9**

Glue the arrow to the counterbalance plate at the right angle next to the hole located closer to the end of the plate.

#### **Step 10**

Fix the arrow and counterbalance plate on the lower horizontal bar of the frame. The following two conditions are important. First, fix them so that they can freely revolve around the fixing point, and second, fix them so that the second hole of the counterbalance plate is approximately on the vertical axis of the frame.

#### **Step 11**

To do that, use the hole in the counterbalance plate, near which you have fixed the arrow. If the frame is metal, you can drill a small hole in it and secure all details with a screw. If the frame is plastic, use a pin (if you heat up the pin until it is red, then it will easily penetrate plastic and stay there).

#### **Step 12**

From any material (paper, plastic, etc. ), cut a scale plate [\(e\)](#). It is shown on the picture as an ellipse, but you can choose any form. The material should be such that you can easily write on it.

#### **Step 13**

Fix the scale plate [\(e\)](#) on the frame of the instrument. The height must be enough for the arrow to cross the scale.

### **Step 14**

Place the hair (ñ) into the instrument. Fix one end of the hair in the free hole of the counterbalance plate, the other end - in the hole that you made in the upper plate of the frame. Choose the length of the hair so that the arrow is positioned approximately vertically.

### **Step 15**

On this step you will create a grid on the scale. First, put the instrument, together with a plate of water, under the glass cowl. Evaporating water will create 100% humidity, the hair will become longer and the arrow will go to the right.

### **Step 16**

Remove the cowl. Mark the place where the arrow stopped and write "100%" next to the mark.

### **Step 17**

Place the instrument in almost completely dry air. To do so, cover it with a cowl and put a cup of phosphoric anhydride or calcium chloride under the cowl (you might find them in the chemical laboratory in your school).

### **Step 18**

Remove the cowl. Mark the place where the arrow stopped and write "0%" next to the mark.

### **Step 19**

Divide the distance between 0% and 100% marks into 100 equal parts (you may use a ruler).

### **Step 20**

Mark the scale according to the table below (the upper row of figures represents the points of division, the lower row - percentages of relative humidity).

0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
0	2	5	8	9	12	15	18	21	24	28	32	36	41	47	54	61	70	79	89	100	%

### **Step 21**

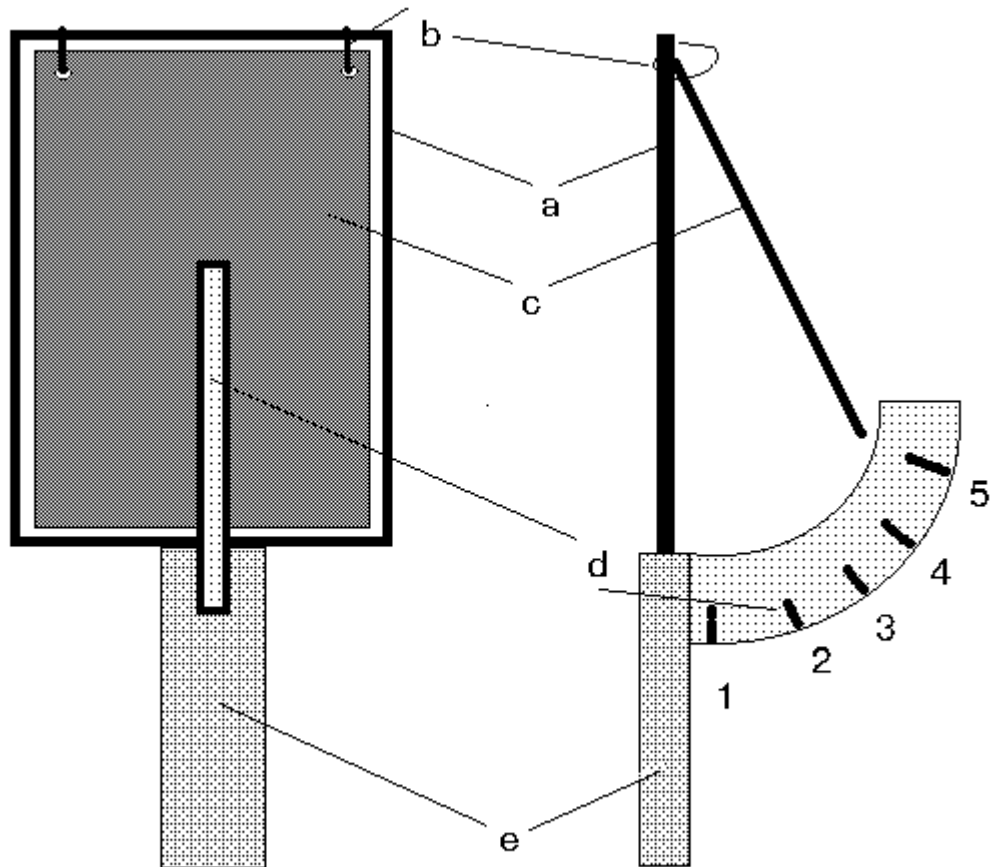
If your school lab has a hygrometer, use it to make a scale on the hygrometer you have made. Take both devices and put them in different conditions (in the bath, sauna and so on). Read the data from the laboratory hydrometer and write it on your hygrometer's scale.

The hydrometer is now ready to use!

---

## **Part 3: Constructing an anemometer.**

This device consists of four parts – a wire frame with a handle, a scale and two wind measuring plates. Before construction, look at the scheme of the instrument below.



**Step 1**

Cut the first plate (100 x 120 mm) from a thin tin or hard plastic. You'll need two plates of the same size, but different weight (16 and 64 g), so make them from different materials.

**Step 2**

Mark two points near the narrow (100 mm) side. The points should be 10 mm from the narrow side and 15 mm from each of the wide sides. These points will be centers of the two holes.

**Step 3**

Make two holes with a diameter of 4-5 mm at the marked places.

**Step 4**

Weigh the plate. It should weigh 16 g. If the plate weighs more, you'll use it as the 64 g plate, by putting additional weight on it. If the plate weighs less than 16 g, add more weight.

**Step 5**

Begin making a frame. It's convenient to construct it from [LEGO](#) bricks but you can use other materials as well.

Take a wire with a diameter of about 5 mm (it should be hard enough to keep shape), make a frame in the form of a rectangle (105 x 125 mm). Connect the ends of the wire by a strand in the middle of a narrow side of the rectangle (later you'll fasten a handle there).

### **Step 6**

Fasten (by glue or a thin wire) two wire hooks to the narrow side of the frame (see the [picture](#)). They should be attached symmetrically, the distance between them should be equal to the distance between the holes in the wind measuring plates.

### **Step 7**

Check your work – the plate hung by the hooks should freely swing within the frame.

### **Step 8**

Make a cylindrical handle for the instrument from wood or plastic. Choose the length of the cylinder so that it would be comfortable to hold the device in your hand, but it shouldn't be too long, so that you can easily carry it from place to place.

Make a hole at one end, so that the strand can easily enter it. You can drill a hole or use a plastic tube for a handle.

### **Step 9**

Fix the frame on the handle - for example, pour some glue into the hole in the handle, then insert a wire strand into the hole and wait until the glue is dry.

### **Step 10**

Cut the scale of your instrument from tin or plastic. It should be in the shape of a ring. The inner radius of the ring is 120 mm, an outer radius is 140-150 mm.

### **Step 11**

Decide how to attach the scale to the handle of the frame. If the scale is made of plastic, it can be fixed by scotch tape, if it is made of tin, you can attach it by a screw and a screw-nut. Moreover, you can make a small cut in the handle, in its upper part, and glue the scale into it. There also exist other variants, depending on the materials you are working with.

### **Step 12**

Before you secure the scale, you should mark it. You can see on the picture how to mark it (the first point corresponds to deviation of the plate from a vertical line by 4 degrees, the second point - 12 degrees, the third - 24 degrees, etc).

### **Step 13**

Attach the marked scale to the handle perpendicular to the frame.

### **Step 14**

Hang the plate by the hooks.

The instrument is ready!

To measure the speed of wind, take the instrument by the handle and turn the scale in the direction of the wind. In doing so, it's better to raise it above your head, so you don't block the wind.

The stronger the wind, the more it deflects the plate. The relationship

between the speed of wind and the scale is as follows:

	Light (16 g) plate					Heavy (64 g) plate				
The mark of the scale	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	(4°)	(12°)	(24°)	(37°)	(51°)	(4°)	(12°)	(24°)	(37°)	(51°)
The speed of wind	1	2	3	4	5	2	4	6	8	10

### ***Step 15***

Begin observations with the light plate. If the wind is stronger than you expected, and the plate moves out of the marked scale, change the plate to a heavier one. Then continue your observations.

---

## **Part 4: Making observations**

### ***Step 1***

Make observations in your home town and find the most and least windy, the wettest and the driest places. Try to understand the reasons of their peculiarities.

While making observations, try to measure not only the parameters that your instruments can measure, but also other parameters (temperature, pressure). It will give you more data for comparison with [meteorological information](#).

### ***Step 2***

Compare the results of your observations with the data from a meteorological station or from the Internet. Do they agree? If not, how can you explain the differences?

### ***Step 3***

Send the results of your observations and your comments to your fellow students from another school.

---

## **Concept Applications and Extensions**

Obviously, the existing network of meteorological stations is not dense enough to register even significant changes in weather and climate. For example, the shallowing of Caspian Sea that continued for 50 years and then changed to the reverse process, does not match existing meteorological data. It is clearly more difficult to track precipitation and evaporating above the aquatoria than on the land. But even on the land we come across such problems every now and then.

That is why conducting observations with the help of home-made instruments isn't useless. They can help to make the net of observations more dense ( in space and time).



If your school has enough volunteers to make such observations, it would be useful to get in touch with the Meteorological service and raise the level of your observations to match the government-accepted standards.

---

© Original idea by the [Institute of New Technologies in Education](#), Moscow, Russia.  
Translation, revision and design by [Yurii Shvetsov](#), Network Montana Project.

## Pensa Energia

Um blogue com muita energia!



## 17.1.06

### **construção de um Anemómetro**

Um anemómetro é um dispositivo que indica a velocidade com que o vento sopra. Um anemómetro verdadeiro permite medir com precisão a velocidade do vento; aquele que vais construir apenas te dará uma aproximação. A energia eólica (energia resultante da deslocação do vento) pode ser utilizada para produzir electricidade. Para isso, é essencial conhecer a velocidade do vento.

- As "ferramentas" necessárias:

- uma tesoura;
- 4 pequenos copos de plástico;
- um marcador;
- 2 tiras de cartolina duras e do mesmo tamanho;
- uma régua;
- um lápis afiado com uma borracha na ponta;
- um alfinete;
- barro ou gesso moldável (podes também usar plasticina);
- um relógio que mostre os segundos;
- um agrafador.

- O que fazer

1. Pinta um dos copos com o marcador;
2. Cruza as tiras de cartolina e agrafa-as;
3. Pega na régua e no lápis e traça duas linhas cruzadas que unam os cantos opostos onde as tiras se juntam. O local onde as linhas se encontram é o centro exacto das tiras de cartolina;
4. Agrafa os copos às extremidades das tiras e certifica-te que estão todos na mesma direcção;
5. Com o alfinete fura as tiras de cartolina no local onde as linhas de cruzam. Pega no lápis e espete a ponta do alfinete na borracha. Sopra os copos para saberes se a cartolina gira à vontade no alfinete;
6. Molda a plasticina ou o barro de forma a servir de tripé e espete-lhe a ponta afiada do lápis de forma a que o "anemómetro" se mantenha direito.

- Medir o Vento...

O teu anemómetro não te mede a velocidade do vento em km por hora, mas pode dar-te uma ideia dessa velocidade. Com um relógio conta o número de

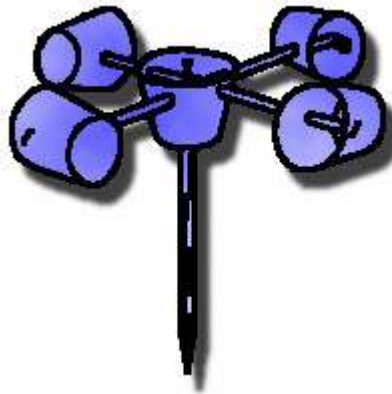
vezes que o copo colorido gira por minuto. Deste modo, estás a medir a velocidade em voltas por minuto.

Anota os resultados os resultados obtidos nos próximos dias. Mede a velocidade do vento em diferentes momentos do dia. Será que obténs os mesmos resultados em qualquer altura do dia? Desloca a anemómetro para outro local. Será mais ou menos ventoso? Poderão as árvores e os prédios alterar a direcção do vento?

As turbinas eólicas - aparelhos que transformam o movimento do vento em electricidade - necessitam que o vento sopra constantemente a mais de 14 km por hora; pois, abaixo deste nível não é possível gerar energia eléctrica. É por esta razão que as centrais eólicas eléctricas têm que se situar em locais muito ventosos.

*posted by Administrador at [17.1.06](#)*

## Anemometer



### Materials

five 3 ounce paper Dixie cups  
two straight plastic soda straws  
a pin  
scissors  
paper punch  
small stapler  
sharp pencil with an eraser

### Procedure

Take four of the Dixie cups. Using the paper punch, punch one hole in each, about a half inch below the rim.

Take the fifth cup. Punch four equally spaced holes about a quarter inch below the rim. Then punch a hole in the center of the bottom of the cup.

Take one of the four cups and push a soda straw through the hole. Fold the end of the straw, and staple it to the side of the cup across from the hole. Repeat this procedure for another one-hole cup and the second straw.

Now slide one cup and straw assembly through two opposite holes in the cup with four holes. Push another one-hole cup onto the end of the straw just pushed through the four-hole cup. Bend the straw and staple it to the one-hole cup, making certain that the cup faces in the opposite direction from the first cup. Repeat this procedure using the other cup and straw assembly and the remaining one-hole cup.

Align the four cups so that their open ends face in the same direction (clockwise or counterclockwise) around the center cup. Push the straight pin through the two straws where they intersect. Push the eraser end of the pencil through the bottom hole in the center cup. Push the pin into the end of the pencil eraser as far as it will go. Your anemometer is ready to use.

Your anemometer is useful because it rotates with the wind. To calculate the velocity at which your anemometer spins, determine the number of revolutions per minute (RPM). Next calculate the circumference (in feet) of the circle made by the rotating paper cups. Multiply your RPM value by the circumference of the circle, and you will have an approximation of the velocity

of at which your anemometer spins (in feet per minute). (Note: Other forces, including drag and friction, influence the calculation but are being ignored for this elementary illustration. The velocity at which your anemometer spins is not the same as wind speed.)

The anemometer is an example of a vertical-axis wind collector. It need not be pointed into the wind to spin. (Note: This paper cup anemometer will produce a reasonable approximation of circumferential velocity, but should not be used for any purpose other than elementary illustration.)

## Homemade Easter Egg Anemometer

---

**UPDATE 3-29-2006 ---- We are OUT OF STOCK on the surplus brushless DC motor we used to build this project, and since it's surplus we cannot get any more. The resistor and capacitor values listed in the schematic and on the PC board plan depend on using this exact same motor. You can use a different motor (for example, something salvaged from a dead hard disk drive), but many component values will change and you will have to experiment. Another option is to instead build our [Bicycle Speedometer Anemometer](#), because that design depends on the motor only for its bearing -- the internal coils don't factor into the output frequency. Both the Otherpower.com staff and the circuit board designer are currently experimenting with new designs using surplus hard drive motors -- stay tuned, and feel free to ask questions on our [Discussion Board](#).**

**UPDATE 06/20/2005 -- A fellow wind enthusiast with way more electronics knowledge than us has made up some CAD schematics of the electronics in this project, and PC board layouts. These are available free of charge farther on down in this web page. If you don't have the equipment, knowledge, or willingness to deal with etching your own PCB (we don't!), you can order one directly from him for CHEAP! Right here: <http://www.sentex.ca/~mec1995/wse/anemometer.html>**

**UPDATE 1/1/2005 -- I'm located in the mountains at 8200 feet elevation in Colorado, USA. The UV rays here are intense, you can get a sunburn in under 30 minutes here. The Easter eggs are made of styrene(?) plastic, and they degrade in the UV up here. I got 3 years from my design, after that the plastic became very brittle and broke apart. My solution was to start using Forcefield's [Item# 4201 Anemometer Cup and Hub Assembly](#), which is made of polycarbonate, comes already balanced, and is extremely resistant to high UV exposure.**

**UPDATE 12/05/2003 -- We've been building and flying [Bicycle Speedometer Anemometers](#) recently. The project is more expensive than this one, but it's simpler and easier to build. We used our [Anemometer Cup and Hub Assembly](#) to save time, and an inexpensive digital bicycle speedometer to calculate speed and acquire data. Another cool project, check it out! And you can use the pre-built cup assembly on this Easter egg anemometer project, too, to save time.**

In any wind generator installation, it's critical to be able to measure wind speed. That gives you a baseline against which to measure your machine's performance, and anemometers respond much more quickly to changes in windspeed than do wind generators.

Commercial anemometers are very expensive and the operational concept is pretty simple, so we decided it would be cheaper (and MUCH more fun) to build our own! Plastic Easter Egg halves made ideal (and very colorful) cups.



#### **Our homemade anemometer...a fun project!**

We chose a really neat little brushless DC permanent magnet motor as the basis for our DIY anemometer. The reason for this choice was simple...these motors contain a superb little ball bearing that would cost far more new than the entire motor cost surplus! In addition, the internal windings of the motor provide enough circuitry to calibrate the anemometer by both frequency and voltage output.



#### **Brushless DC motor--note the really nice ball bearing!**

In the past, we've built anemometers based on small DC hobby motors. While these units did work, there were problems to overcome. Most hobby motors use cheap bushings instead of bearings. The bushings tend to fail rather quickly, since they are not designed to withstand the forces put on them in an anemometer. Their voltage output is not linear with the windspeed, but instead tapers off as speeds get higher. And there is quite a bit of physical resistance in the

motors, resulting in high startup speeds.

The internal circuitry of our brushless DC motor consists of 12 coils, and a permanent magnet ring that spins around them. These motors are NOT like a normal DC motor...they require a special driver circuit to make them spin. If you apply plain DC current to the motor, it will simply seek a point aligned with the coils, stop, and burn out. The motors have 3 leads...a common in the center and 2 outputs (well, actually inputs!). For connection to measuring equipment, you need only connect to the center common lead and one of the side ones. The output of the motor when spun as an anemometer can be measured with a multimeter set for AC volts, or by counting pulses with a frequency meter or BASIC stamp. We had the best results using a Fluke 87 multimeter set for measuring Hz (cycles per second). There are 12 internal coils in the motor, but we only measured the output of half the coils (since we connected to only one power lead). Therefore, a meter reading of 6 Hz equals one revolution per second (60 rpm). Both frequency and voltage readings from the motor are quite linear, making for easy calibration. The other advantage of counting frequency over measuring voltage is that the length of the data cable would affect voltage readings; when counting frequency it can be any length and the calibration will stay the same.



#### **Internal coil layout of the brushless DC PM motor**

#### **Materials and Tools Needed:**

- brushless DC PM Motor (check our products page, we do have these available surplus from time to time)
- 4 plastic Easter eggs, 2.2" dia. (use the hemispherical half)
- 3 short pieces of steel rod (we cut them from an old oven rack)
  - 3 nuts to fit the steel rod
  - 3 small self-tapping screws to mount the motor
- 1 piece of solid plastic for the hub, 1/4" thick, about 3" dia. (ours was Lexan®)
  - 1 PVC 1 1/2" to 2" reducer
  - 1 length of 1 1/2" PVC for the mast (2 ft or longer)
- 2-conductor wire for the data cable...telephone wire works great
  - epoxy



## Construction

To build the mount, first solder and insulate the data cable wires to the center and one of the outside terminals of the motor. Using a hacksaw, cut the wide 2" end of the PVC reducer off to leave a flat plate (about 0.4" wider than the 1 1/2" side of the reducer). Thread the wires through the reducer, and screw the DC motor mounting lugs onto this flat plate, pressing the motor into the 1 1/2" hole. It's a tight fit...we also used epoxy in addition to screws in mounting the motor, and had to bend the leads out straight to fit them in.

To construct the hub, first cut the 1/4" plastic sheet into a 3" dia. circle. We used a lathe. A hole saw would be the next best choice. If you don't have a lathe or hole saw available, remember that plastic is pretty easy to cut! You can cut it out roughly with a hand saw, chuck it to a mandrel, and spin it with a hand drill against a piece of sandpaper to make it circular. This piece does need to be perfectly circular so the anemometer will be balanced, but the exact diameter is not critical. The center hole in the hub should press fit tightly on the motor--the diameter needed is about 0.83". Since we didn't have a hole saw or bit in this size, we again used the lathe. With no lathe, it would be easiest to drill a centered hole slightly under this diameter and ream it out to a tight fit using a file or a small sanding drum on an electric hand drill. Again, the hole must be perfectly centered so the machine will be balanced. Lastly, lay out the 3 holes for the cup spokes at exactly 120 degree angles. Drill into the outside diameter of the hub with a bit sized for the steel rod you have chosen--it should again be a very tight fit. Be sure to drill all 3 holes to the same depth so hub balance is maintained.



To build the cups and spider, first carefully drill 2 holes into the rim of each Easter egg half, about 1/4" to 3/8" in from the edge. Be sure the holes are aligned so the egg will hang straight on the rod. Cut the 3 rods to exactly the same length, so the weight will be equal. Weld or solder a nut to the end of each rod. Slide an egg half onto each rod, align them to vertical carefully, and glue them down with epoxy on both sides. After the epoxy cures, weigh the rods on a sensitive scales and file off the solder or weld material until the weights match

exactly. Rough up rod ends with sandpaper, cover with epoxy, and insert the rod/cup assemblies into the hub. Be sure they are all inserted to the same depth to maintain hub balance. I also glued the edges of the cups to the hub directly with epoxy for added strength; with longer spider arms this would not be possible.

Cover the inside hole of the hub with epoxy, and press fit it tightly onto the motor. Epoxy the 4th egg half onto the top of the hub to cover the bearing as a weather shield. We turned a groove into the hub top to accept the egg, but it should hold with just epoxy. Thread the data cable down through the piece of pipe you've cut for the mounting mast. That's it for construction! There are many variations to this design that could work equally well, if not better...in particular, the hub could be designed in many different ways depending on the materials and machine tools you have available.

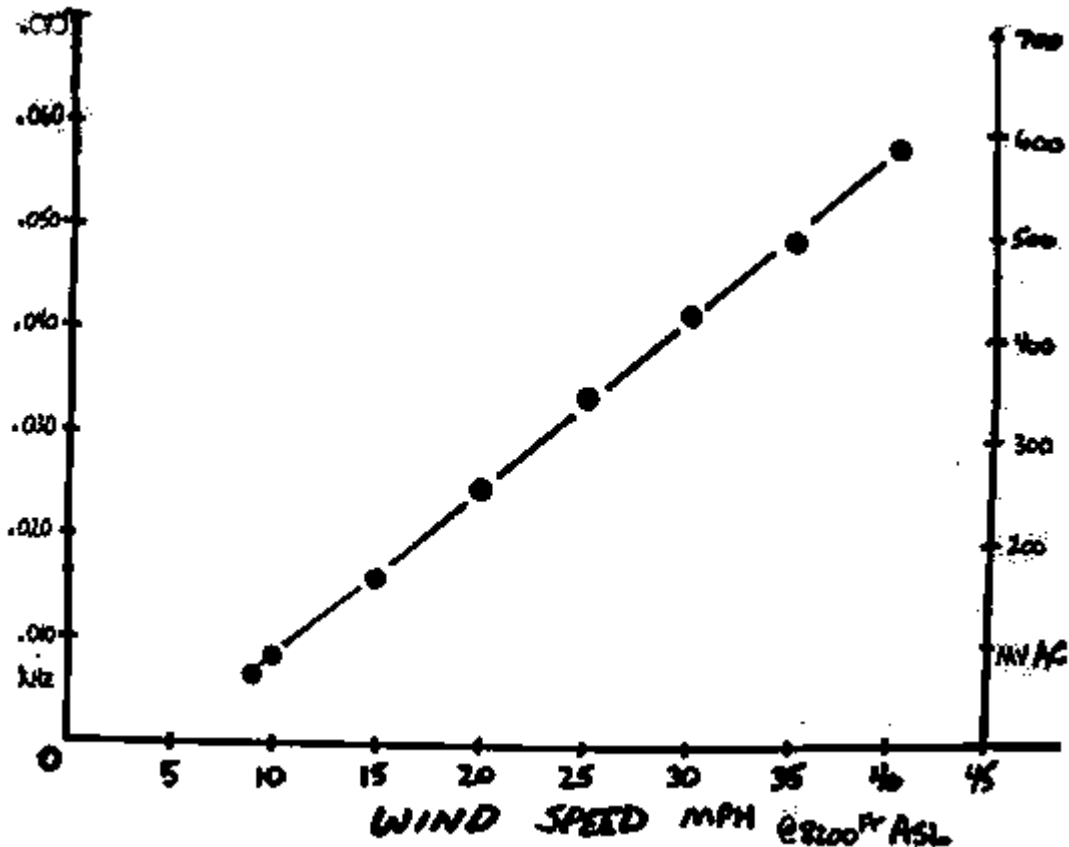
I chose the anemometer diameter of 7.4" completely arbitrarily. As is, it starts spinning at about 8 mph, which is slightly below where our wind generators start spinning. It would be nice to have it respond in lower wind speeds; for the next one I'll probably extend the spider arms an inch or so to solve this. Lighter cups and hub would also help, but I wanted this unit to be very sturdy...we get winds in excess of 100 mph up here. The Forcefield [Item# 4201 Anemometer Cup and Hub Assembly](#) works very well, and cuts hours off the time needed to complete this project.

### **Calibration**

This is the fun part! You may wish to build a vehicle mount for the anemometer, though it can be calibrated just fine by someone other than the driver holding it out the car window, away from the car's slipstream. If you choose to calibrate it without a mount, the holder should wear thick welding gloves and eye protection in case it comes apart. DanF's anemometer calibration rig is shown below...the unit rides a good 6 ft above the truck cab, out of the truck's slipstream and turbulence. SAFETY NOTE: THERE ARE NO POWER LINES UP HERE WHERE THE CALIBRATION WAS DONE!!!! IF THERE ARE POWER LINES IN YOUR AREA, DO YOUR CALIBRATION SOMEWHERE ELSE, or use a lower mast!!!



It's essential to pick an absolutely calm day for calibrating the anemometer. Any wind will throw off your readings significantly. First, we checked my truck speedometer using a GPS receiver. It turned out to be right on, so it wasn't necessary to use the GPS any further. We connected the data cable leads to a Fluke 87 multimeter set to measure Hertz. Radio Shack and Harbor Freight also sell some inexpensive multimeters that count frequency, you shouldn't need to spend too much money on one. Then it's simply a matter of the driver trying to maintain constant speeds and calling out the vehicle speed to the passenger, who writes down the speed and frequency readings. We later repeated the procedure while measuring AC volts and made a chart for them too. Since there was the occasional breeze during our calibration, we took readings travelling both up and down the road, and averaged them.

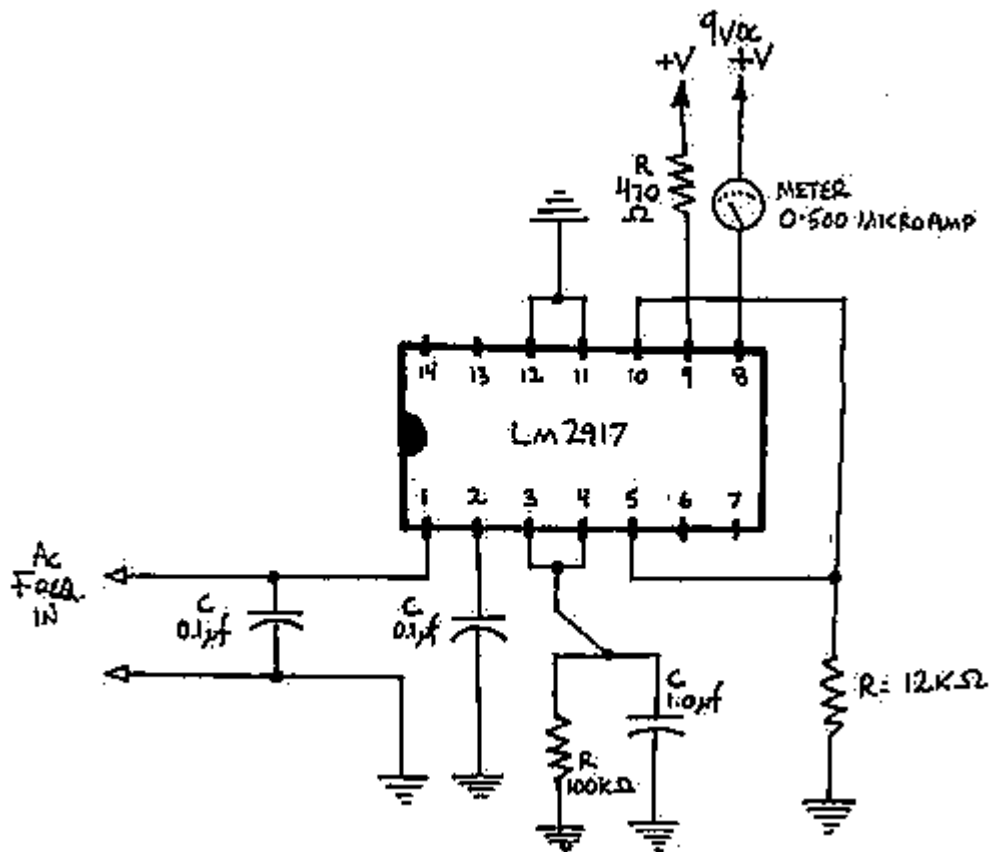


### **Reading Wind Speed Directly**

The simple solution for reading wind speed directly as mph was a quick paper template overlaid on the meter's "bar graph" display. While the numerals on the meter must be translated to get actual windspeed, the bar graph can be read directly against the calibrated paper template.

However, DanF has quite a silly fondness for large old analog meters--he wanted to watch windspeed on an excellent old 8"x10" analog microammeter (salvaged from a pH meter). The meter reads 0-500 microamps on a scale of 0-14 pH. The LM2917 frequency to voltage converter chip proved to be a perfect choice for this application...it can even drive much more powerful analog meters with no problems and minimal external circuitry. The chip costs under \$3 at most electronics stores, and only 3 capacitors and 3 resistors are needed to get it working.

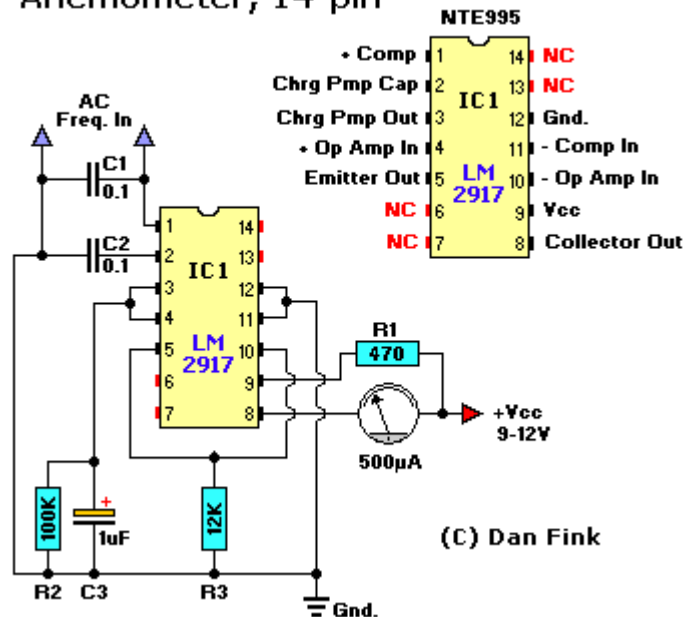
The LM2917 provides an output voltage proportional to the input frequency. It differs from the LM2907 in that it has an internal Zener diode voltage reference--the supply voltage can change without affecting the output. It can be used in many applications and configurations...in this case, it provides a 0-500 microamp current proportional to a frequency of about 0-90 Hz. With the anemometer design above, that means full scale (500 microamps) equals about 60 mph. **DISCLAIMER:** DanF is NOT an electronics expert. He still believes in 'magic smoke' inside electronics components...if you mess up and let the smoke out, it's very hard to put it back in the right places. He used extensive trial and error (plus some help from a member of the Otherpower.com message board) to get the resistor and capacitor values right...so there's no guarantee we will be able to help you if you want to use this circuit in a different configuration! **END DISCLAIMER.** The manufacturer's data sheets for building circuits with this chip are located [HERE](#), and have many useful charts, calculations, and schematics for possible circuits. The circuit was taken right from the 'application notes' pages. There is also an 8-pin version of the LM2917 available; the two are very similar, and the datasheet will tell you how to convert between them. All parts were purchased at Radio Shack, with the exception of the LM2917 chip--I had to go to an electronics store for it.



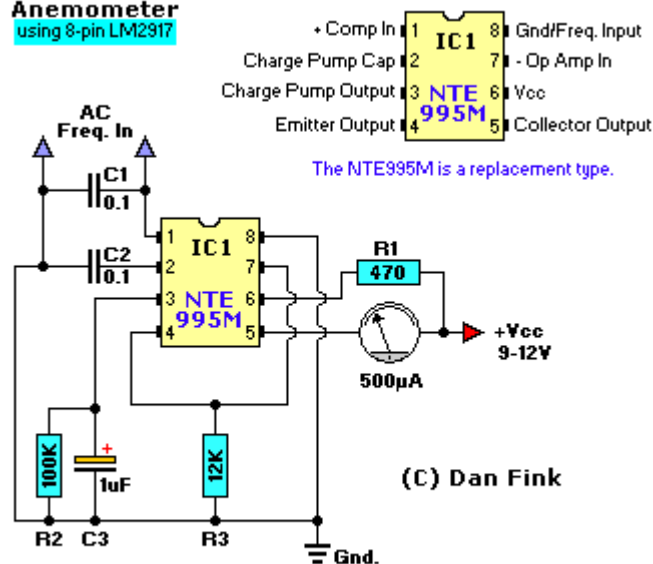
The 470 ohm resistor from pin 9 simply drops the supply voltage a bit. The circuit will work as-is from a 12-14v supply also. The meter can be any 0-500 microamp meter. The resistor from pins 10 and 5 sets the full-scale amperage for the meter...12K ohm gives you approximately full scale at 500 microamps; a trimmer pot could be added here if you want high precision. The 0.1 microfarad capacitor across the frequency input terminals is simply to filter out spurious signals...the chip is very sensitive, and will read frequencies seemly from nothing if not filtered. The other 2 capacitors and 100K ohm resistor were calculated right from the chip's datasheet....there's a chart and a formula for selecting them. All resistors are 1/4 watt.

Tony Van Roon in Canada did some CAD for us. Here are some much nicer versions of the schematic!

## Anemometer, 14-pin

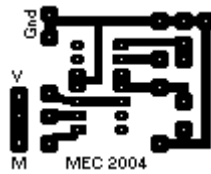
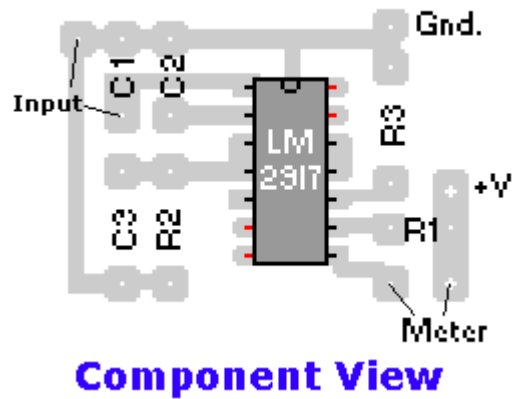


## Anemometer using 8-pin LM2917

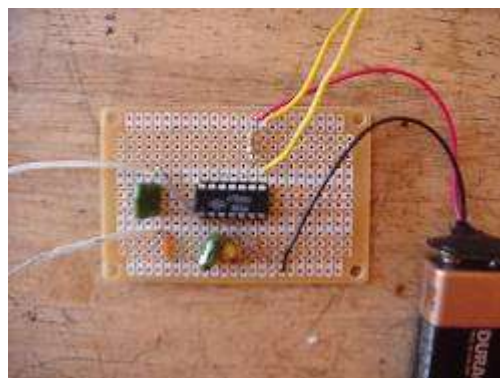
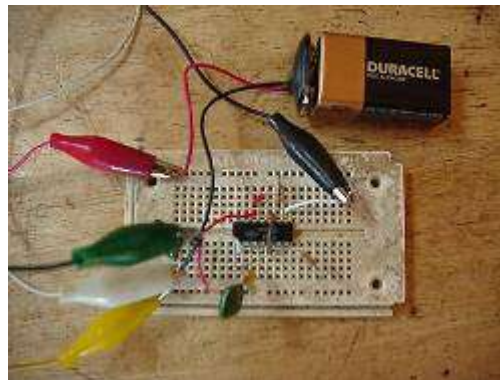


And here are the printed circuit board (PCB) layouts for the circuit. Feel free to use them if you have the gear for etching your own PCB (available at electronics stores or Radio Shack). You can buy the PCB boards already etched right from Tony, for CHEAP. I figured my cost per hour for etching my own, and came to the conclusion that it's WAY cheaper to just order them from him:

<http://www.sentex.ca/~mec1995/wse/anemometer.html>



I first built the circuit on a solderless breadboard. I highly recommend this...unless you build the exact same circuit shown here and use the exact same motor for the anemometer, you'll need to adjust some or all of the component values. The breadboard makes this easy to do. Once everything is calibrated and working properly, switch the circuit over to a soldered version; PC boards are available at Radio Shack that match the connections inside the solderless breadboard. Buy a 50 cent IC socket for the chip, and solder that into the board instead of the chip itself! It could save you much grief...



From your calibration procedure with the anemometer, you should have a listing of what frequency equals how many miles per hour. If your calibration was done on a windless day, it will be easy to figure out how many Hz equals how many miles per hour. In my case, it ended up that a 6 Hz frequency increase equalled a 4 mph windspeed increase. I did a final calibration check by spinning the anemometer at a constant speed, noting how many Hz were produced, and marking where on the meter this speed fell. In my case, 34 Hz = 25 mph = 4.6 pHz (this was a pHz meter to start with). I drew a new scale on white paper, matching the meter's, but with new tick marks for every 5 mph. I carefully glued this new scale on the meter face (being careful not to damage the needle), with the 34 Hz/25 mph/4.6 pHz mark lined up as a calibration reference.



Since I wanted the unit to be portable, it is designed to run from a 9V battery. It's been running for over a week now (in fairly windy conditions) on this battery--power use is very low! Thanks to the chip's internal voltage reference, accuracy will not degrade as the battery is discharged...it will run until power is too low, and then stop completely. Meter deflection is very crisp and defined...when a gust hits the unit, the needle jumps up quickly. The scale is completely linear, unlike DC hobby motor anemometers in which the upper part of the scale is compressed. I am VERY pleased with how this project turned out. And so far, I have not let any of the magic smoke out of any components. ;~)



