

Desafio de Engenharia: Construindo um Eletroímã

Este Desafio de Engenharia do SEED é para construir o melhor eletroímã que você puder. Seu eletroímã será avaliado pelo peso que ele pode levantar, de forma que o “melhor” eletroímã será aquele que levantar o(s) objeto(s) mais pesado(s).

Assim como em qualquer problema de engenharia, existem limitações e exigências que você deve cumprir. Aqui estão as diretrizes.

Aqui estão as diretrizes:

1. Você pode usar no máximo 250 cm de fio. Não há um valor mínimo
2. O fio não pode ter bitola inferior a 20. (Quanto maior a bitola, mais fino o fio, portanto bitola 20 é o fio mais grosso que você pode usar.
3. Você pode usar qualquer coisa no centro, ou não usar nenhum centro.
4. O eletroímã pode ser de qualquer formato ou tamanho
5. Sua fonte de energia pode ser uma única bateria de 1,5 volt, de tamanho D, no máximo.
6. Você pode usar qualquer material ferromagnético, como ferro, níquel ou aço, como o peso a levantar. Você pode tentar levantar um único objeto, ou então coisas pequenas, como cliques de papel ou pregos. É o peso total que importa.



Depois que você construir seu eletroímã, envie-nos fotos e uma descrição do que você fez, juntamente com os resultados. Iremos publicá-los no Centro de Ciências SEED.

Segurança

1. Utilize apenas uma bateria de 1,5 volt, de tamanho D, no máximo, conforme especificado. Voltagens maiores podem causar choque elétrico, e uma bateria maior, mesmo que tenha apenas 1,5 volts, pode causar sobreaquecimento perigoso em alguns eletroímãs.
2. Mesmo com as precauções do item 1, seu eletroímã pode esquentar. Se isso acontecer, desconecte-o imediatamente.



O que é um eletroímã?

Quando a eletricidade flui através de um fio, um campo magnético é produzido. A maioria dos eletroímãs é composta de fio enrolado ao redor um centro feito de ferro ou aço. Aqui está um exemplo que usamos na Experiência de Relaxação Magnética.

O fio é enrolado ao redor de um clipe de papel endireitado e é fixado a uma extremidade da bateria. Quando a extremidade solta do fio é tocada com a outra extremidade da bateria, a eletricidade flui através do fio e o clipe de papel fica magnetizado.



Isso ocorre porque os átomos de ferro no clipe de papel são dispostos em aglomerados, conhecidos como domínios. Estes são como pequenos ímãs, cada um com um pólo norte e um pólo sul. Eles normalmente são desordenados e apontam em todas as direções, de forma que seus campos magnéticos cancelam uns aos outros. Quando todos os domínios estão alinhados na mesma direção, o pedaço de metal é um ímã. Quando a eletricidade flui através de um fio que está enrolado em volta do clipe de papel, os domínios se alinham.

Outro tipo de ímã é o ímã permanente, como aqueles que você gruda na geladeira. O ímã permanente é feito de ferro ou outro material ferromagnético, como níquel ou cobalto. Os domínios se alinham quando o ímã é produzido, e assim permanecem.

Como Construimos e Testamos Nosso Eletroímã



Seguramos uma extremidade do fio contra o parafuso, com alguns centímetros saindo pelas laterais. A próxima etapa foi enrolar o fio no parafuso em camadas, indo para a frente e para trás até que o comprimento de 250 cm estava quase todo utilizado, exceto por alguns centímetros.



Enrolamos as duas extremidades livres juntas. Usando um desencapador de fios, removemos cerca de 2 cm de isolamento de cada extremidade do fio. É possível usar uma faca no lugar do descascador de fio.

Podíamos ter usado um fio esmaltado em vez disso. O esmalte é um tipo de tinta que isola o fio, da mesma forma que o plástico. O esmalte pode ser removido das extremidades do fio com uma lixa



Para usar o eletroímã, seguramos as extremidades da bobina do fio contra a bateria e levantamos alguns cliques de papel. Esse eletroímã levantou 21 cliques de papel. Foram os mesmos cliques de papel que utilizamos para o Desafio do Barco de Massa de Modelar.



Nós pesamos os cliques e determinamos que, em média, cada um pesava 0,52 gramas. Assim, nosso eletroímã levantou 10,92 g - nada muito impressionante. Você sem dúvida é capaz de fazer melhor.

Dicas

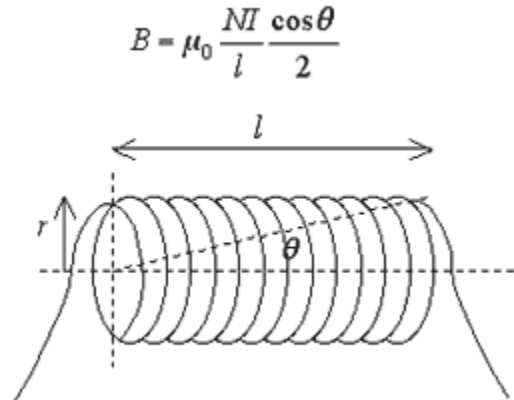
Há varios fatores que afetam a força de um eletroímã. Aqui estão algumas coisas a se considerar quando for projetar e construir o seu:

- **Quanto mais voltas tiver o fio, mais forte será o campo magnético.**
Você está limitado a 250 cm de fio. Você provavelmente deve utilizar tudo isso. O número de voltas que você consegue a partir de um determinado comprimento de fio é afetado pela forma como você o enrola. O capricho é importante.
- **Quanto maior for o diâmetro da bobina, mais forte será o campo magnético.**
Porém, já que você está limitado a um comprimento fixo de fio, aumentar o diâmetro da bobina significará menos voltas.
- **O comprimento da bobina afeta a força do eletroímã.**
Se o comprimento da bobina for igual ao raio, então aumentá-lo ainda mais irá reduzir a força do eletroímã. A relação entre raio e comprimento fica complicada. O Especialista do SEED Ramon Hernandez dá sua explicação sobre *como o raio e o comprimento de uma bobina eletromagnética afetam sua força**.
- **Quanto mais corrente o eletroímã atrair, mais forte será o campo magnético.** Since Já que fixamos a voltagem em 1,5 v, a resistência da bobina determina a quantidade de corrente que ela irá atrair. De acordo com a Lei de Ohm: $I = V / R$
onde **I** é corrente, **V** é voltagem e **R** é resistência. Quanto mais fino o fio, maior sua resistência.
- **A quantidade de corrente que o eletroímã atrai pode de fato ser menor do que a determinada pela Lei de Ohm.**
O limite adicional é a fonte de energia, que tem uma corrente máxima que é capaz de fornecer. Nem todas as baterias de 1,5 volt são iguais nesse sentido. Uma pilha tamanho D tem uma capacidade maior que uma pilha AAA. Da mesma forma, há vários tipos diferentes de bateria do mesmo tamanho. Nós usamos uma pilha alcalina. Existem também baterias baratas de carbono e zinco, e uma variedade de tipos recarregáveis, incluindo Níquel-Cádmio. Finalmente, uma bateria nova tem maior capacidade que uma que está sendo usada há algum tempo.

***Como o raio e o comprimento de uma bobina eletromagnética afetam sua força**

Tamanho da bobina: raio

A indução magnética no centro de uma extremidade de um longo solenóide com enrolamentos de articulação é:



A força do ímã será proporcional à energia armazenada no campo magnético:

$$W = \frac{1}{2} INB(\pi r^2) \approx \frac{1}{2} IN\mu_0 \frac{NI}{l} (\pi r^2) = \frac{1}{2} \mu_0 \frac{N^2 I^2}{l} (\pi r^2)$$

Observe que as expressões à direita são verdadeiras apenas para solenóides com $l > r$.

A partir da equação acima, vemos que a energia é proporcional ao raio ao quadrado, indicando que, quanto maior o raio, maior a energia. Porém, temos um determinado comprimento de fio magnético e, quanto maior o raio, menor o número de voltas. Na realidade:

$$N \approx \frac{250cm}{2\pi r}$$

E substituindo N na equação de energia:

$$W \approx \frac{1}{2} \mu_0 \frac{250cm I^2}{4\pi^2 r^2 l} (\pi r^2)$$

Como podemos ver, o raio ao quadrado no numerador cancela o raio ao quadrado no denominador.

Conclusão: Dado o comprimento limitado do fio magnético, o campo de energia e, conseqüentemente, a força do ímã, é bastante dependente do raio da bobina. Um formato redondo é preferível, já que oferece uma seção transversal máxima com um perímetro mínimo.

Tamanho da bobina: comprimento

Vemos na equação de energia que o comprimento da bobina está no denominador, e isso pode nos levar a acreditar erroneamente que, quanto menor a bobina, melhor. Mas lembre-se da aproximação que fizemos no cálculo de energia, sobre a bobina ser muito maior que seu diâmetro.

Se observarmos a primeira parte da equação de energia, vemos que ela é proporcional à indução magnética **B**. Portanto, devemos dimensionar nossa bobina para maximizar **B**.

Na expressão para **B** na última página, vemos que o comprimento **l** está no denominador, mas esse comprimento define também o θ . Para **l** muito pequeno e aumentando, o $\cos\theta$ aumentará proporcionalmente a **l**, anelando o efeito do comprimento da bobina no denominador. À medida que o θ aumenta para mais de 45 graus, o co-seno irá aumentar mais lentamente, e **B** irá diminuir.

É difícil analisar analiticamente esses fatores. É aqui que o desenho da bobina se torna uma arte. Um modelo de elemento finito permitirá mudar o comprimento para razão de raio e observar onde está a energia máxima. Como regra geral, eu sugeriria tentar empacotar a bobina em um comprimento de cerca de uma ou duas vezes o raio e ver qual produz maior força (com $l = r$, a intensidade do campo ainda é 70% do máximo). Empacotar a bobina em mais de uma camada irá aumentar seu diâmetro efetivo, mas aumentará as voltas por comprimento unitário.