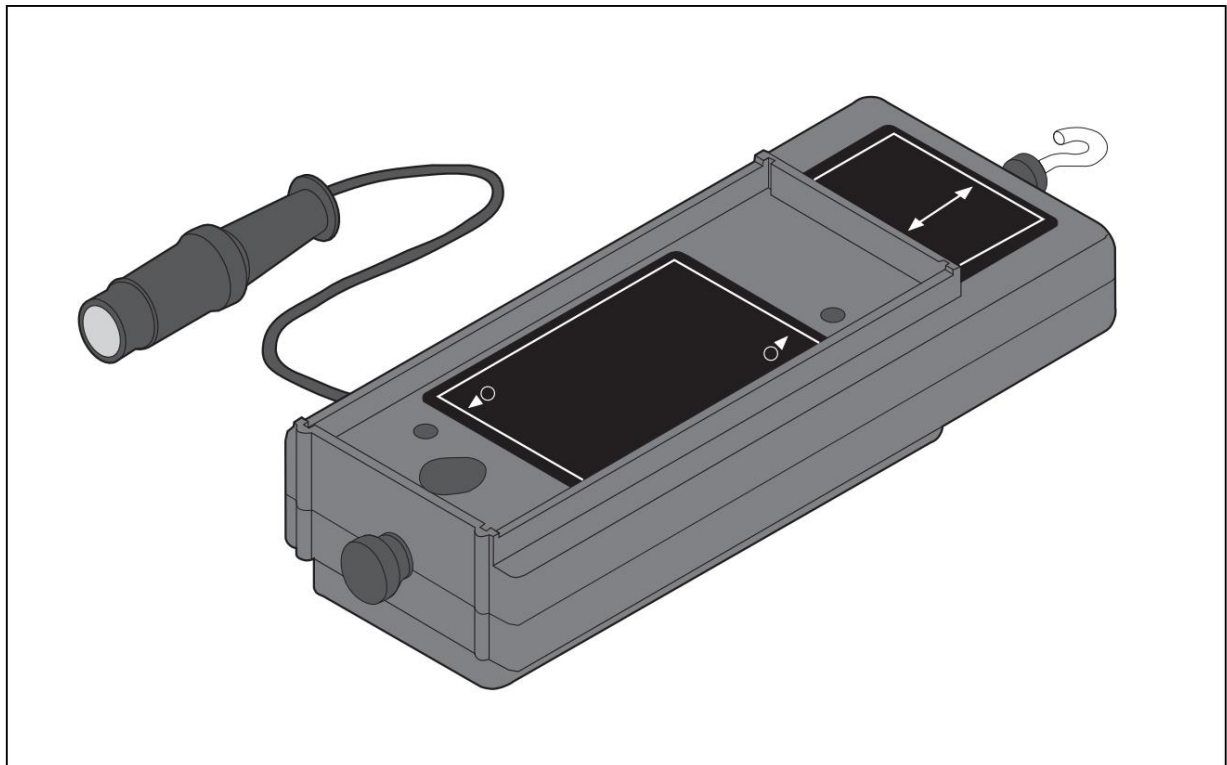




Sensor de Força

Modelo nº CI-6537



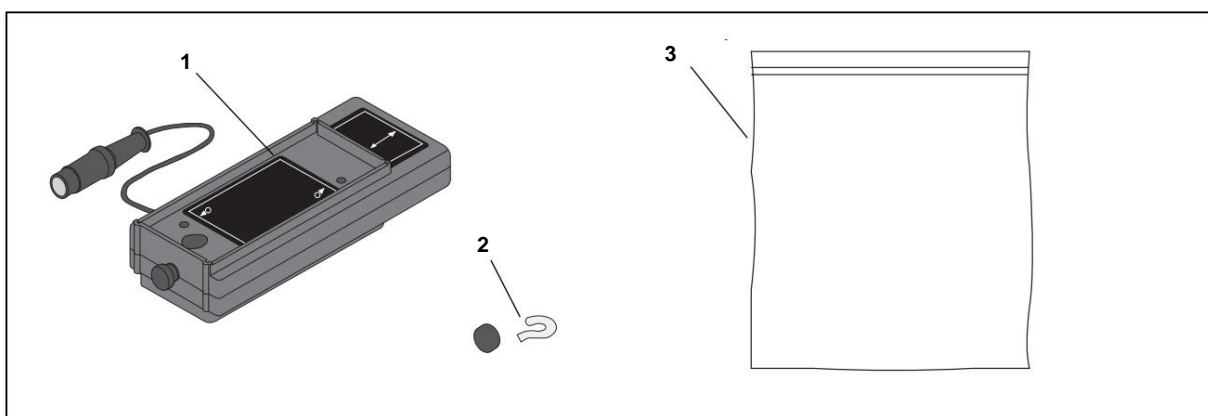
Índice

Lista de equipamento.....	3
Introdução	4
Configuração do equipamento	5-6
Montagem do sensor de força em um carrinho PASCO Dynamics	5
Montagem do sensor de força em uma haste de suporte.....	5
Montagem do Sensor de Força no Suporte do Sensor de Força IDS	6
Tarando o Sensor de Força.....	6
Calibração (Opcional)	6
Usando o sensor de força com interfaces PASCO	7
Experimentos Sugeridos	8
Componente de força em um plano inclinado.....	8
Segunda Lei de Newton: Empurrar e Puxar um Carro	8
Segunda Lei de Newton: Força Constante.....	9
Teorema da Energia de Trabalho.....	9
Tensão.....	10
Segunda Lei de Newton: Atrito	10
Terceira Lei de Newton	11
Terceira Lei de Newton: Impulso/Colisão	11
Outras experiências sugeridas.....	12
Apêndice A: Especificações.....	13
Apêndice B: Calibração com Software DataStudio®	14-15
Apêndice C: Calibração com Oficina de Ciências ®Software	16
Apêndice D: Suporte Técnico	17
Apêndice E: Direitos Autorais e Garantia	18

Sensor de Força

Modelo nº CI-6537

Lista de equipamento



Equipamento Incluído	Substituição Número do modelo*
1. Sensor de Força (1)	CI-6537
2. Gancho e pára-choque (2)	003-05798
3. Saco ziplock (1)	N / D

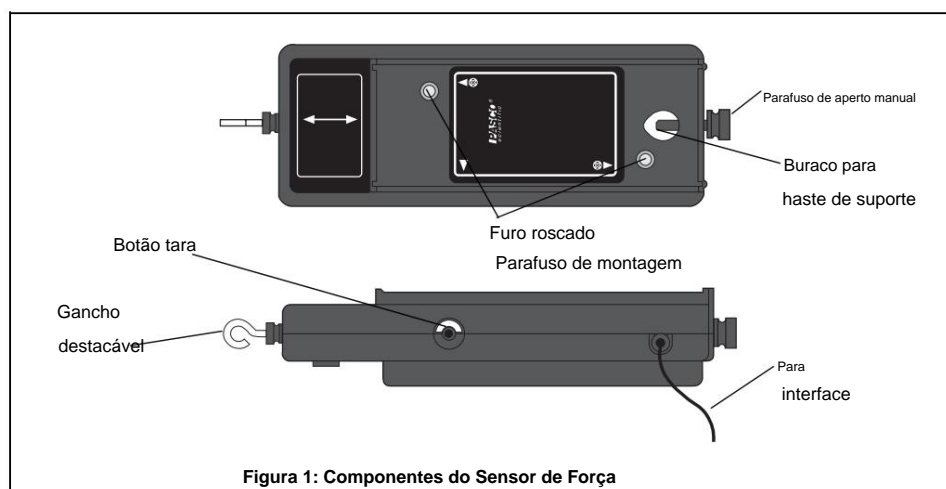
*Use números de modelo de substituição para agilizar pedidos de substituição.

NA= não vendido separadamente da PASCO

Equipamento Adicional Recomendado	
Uma interface PASCO ScienceWorkshop® 500 ou 750	CI-6400 ou CI-6450 ou CI-7599
Um computador	N / D
Sistema Dinâmico Introdutório (carrinho, pista, acessórios de pista)	ME-9429A ou ME-9452
Suporte do sensor de força e amortecedores de colisão	CI-6545
Chave de fenda Phillips (tamanho #0) para montar o Sensor de Força em um Carrinho PASCO Dynamics (incluído com o suporte do Sensor de Força)	N / D
Software DataStudio®	CI-6870C

Introdução

O sensor de força CI-6537 ± 50 newton foi projetado para ser usado com uma interface de computador PASCO [*ScienceWorkshop 500* ou *750*]. Esta versão do Sensor de Força possui uma saída entre -8 volts e +8 volts e uma faixa entre -50 newtons e +50 newtons. Em outras palavras, produz -8 volts para -50 newtons, 0 volts para força “zero” e +8 volts para +50 newtons. (Um empurrão é considerado positivo e um puxão é considerado negativo.) O sensor possui extensômetros montados em um “feixe binocular” especialmente projetado. O feixe desvia menos de 1 milímetro e possui proteção integrada contra excesso de limite para que não seja danificado se uma força superior a 50 newtons for aplicada.



O Sensor de Força consiste no alojamento do feixe e da eletrônica, um cabo com plugue DIN de 8 pinos para conexão à interface do computador e um gancho removível. A caixa possui um botão **de tara** (para zerar o sensor) no mesmo lado da caixa que o cabo e um parafuso de aperto manual (para montagem em uma haste de suporte de até 1/2" de diâmetro) na extremidade oposta ao gancho destacável.

A parte inferior da caixa cabe na bandeja de acessórios de um carrinho PASCO Dynamics. A parte superior da caixa tem as mesmas dimensões da bandeja de acessórios do carrinho Dynamics e inclui entalhes em cada extremidade para montagem da “cerca de estacas” do IDS. A parte superior da caixa possui dois furos roscados (roscas métricas M5). Você pode montar qualquer acessório que caiba na parte superior do Dynamics Cart na bandeja na parte superior do Force Sensor. Para mais informações, consulte o catálogo PASCO.

Configuração do equipamento

Montagem do sensor de força em um carrinho PASCO Dynamics

O Sensor de Força possui dois parafusos de montagem integrados que se alinham com os orifícios roscados na bandeja de acessórios de um carrinho PASCO Dynamics (como o carrinho de êmbolo ME-9430 ou o carrinho de colisão ME-9454). Os parafusos são acionados por mola para que permaneçam em uma posição retraída quando não estiverem em usar.

1. Posicione o sensor longitudinalmente na bandeja de acessórios do Dynamics Carrinho.
2. Insira uma chave de fenda Phillips tamanho #0 no orifício roscado na bandeja de acessórios do Sensor de Força e alinhe a chave de fenda com o parafuso de cabeça Phillips.

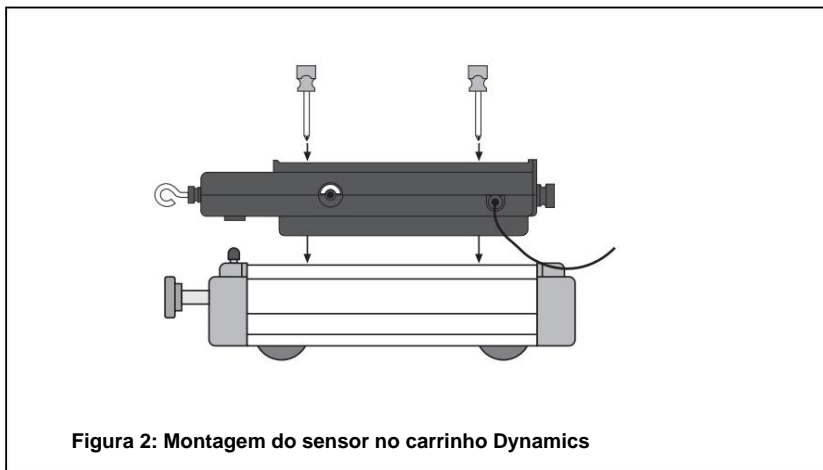


Figura 2: Montagem do sensor no carrinho Dynamics

3. Pressione para baixo com a chave de fenda até que o parafuso se estenda para dentro do furo roscado no carro ou carrinho de dinâmica.
4. Gire a chave de fenda no sentido horário até que o parafuso esteja apertado. Repita o processo com o outro parafuso.

Para montar outros acessórios (por exemplo, acessório de carrinho Bernoulli ME-9481) na parte superior do sensor de força, conecte o acessório na bandeja de acessórios do sensor de força da mesma forma que você conectaria o acessório a um carrinho dinâmico.

Montagem do sensor de força em uma haste de suporte

O Sensor de Força possui um furo e um parafuso em uma extremidade que permite montar o sensor em uma haste de suporte de 3/8" a 1/2" de diâmetro.

Montagem do sensor de força no suporte do sensor de força IDS

O Sensor de Força pode ser montado no Suporte do Sensor de Força CI-6545.

1. Coloque o suporte na parte superior do sensor de forma que os parafusos de aperto manual se alinhem com os orifícios roscados na parte superior da bandeja de acessórios do sensor.
2. Gire cada parafuso no sentido horário até que esteja apertado.
3. Monte o suporte do sensor de força na ranhura T na lateral do IDS

Acompanhar.

Para obter mais informações, consulte a folha de instruções do suporte do sensor de força.

Tarando o Sensor de Força

Para tarar (zerar) o sensor, pressione o botão **Tara** na lateral do sensor e solte-o.

Quando o botão Tara é pressionado, a tensão do sensor será ajustada para aproximadamente zero volts. Você também pode tarar o sensor enquanto uma força é aplicada ao sensor.

Por exemplo, se você quiser medir a **mudança** na força durante um experimento, configure o equipamento experimental conforme necessário e tare o sensor no início do experimento antes de coletar os dados. O sensor pode manter sua condição “zerada” por mais de trinta minutos.

Você pode verificar o procedimento de tara monitorando a força usando o DataStudio.

Calibração (opcional)

Não é necessário calibrar o sensor de força; o sensor de força CI-6537 é calibrado de fábrica. *Entretanto, você deve tarar o Sensor de Força antes de realizar medições.* Zere sempre (tara) o Sensor de Força na orientação exata em que será utilizado.

O sensor foi projetado para produzir aproximadamente zero volts quando estiver “zerado”. Uma mudança na força de um newton causa uma mudança na tensão de saída de 160 milivolts (0,160 V). **Portanto, o sensor não precisa ser calibrado.** Em vez disso, a tensão pode ser convertida diretamente em força. Por exemplo, depois que o sensor é “zerado”, uma tensão de saída de 0,160 volts equivale a uma força de um newton, uma tensão de 1,60 volts equivale a uma força de 10 newtons e assim por diante. Da mesma forma, uma tensão de

-1,60 volts equivale a uma força de -10 newtons (em outras palavras, uma força de 10 newtons).

Se desejar calibrar para obter maior precisão, siga as instruções no Apêndice C.

Usando o sensor de força com PASCO Interfaces

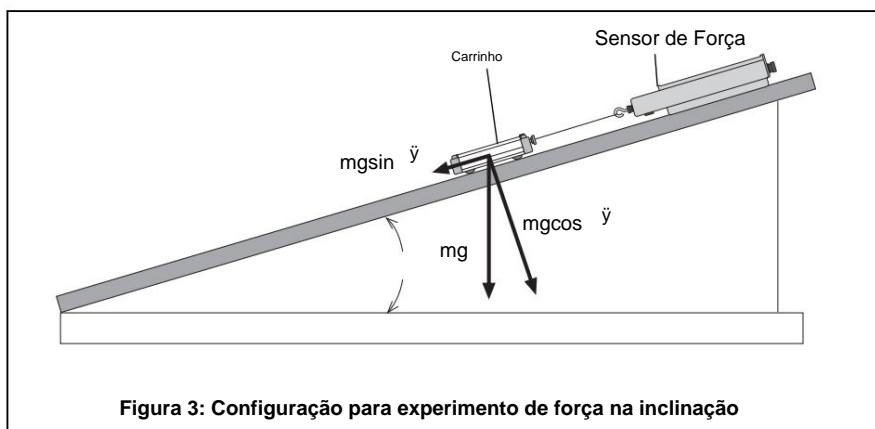
As instruções neste manual destinam-se a quem utiliza o Sensor de Força com as interfaces PASCO 500 ou 750 *ScienceWorkshop*.

O uso do Sensor de Força com interfaces PASCO mais antigas pode exigir instruções adicionais. Se você tiver alguma dúvida, entre em contato com o Suporte Técnico (Ver Apêndice D deste manual).

Experimentos sugeridos

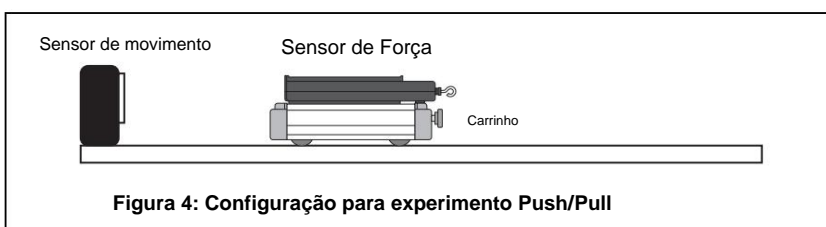
Componente de força em um plano inclinado

Quando um carrinho está em repouso sobre um plano inclinado, a componente da força que atua no carrinho que é paralelo ao plano é $mg \sin \tilde{\gamma}$, onde mg é o peso do carrinho e $\tilde{\gamma}$ é o ângulo do plano. Use o sensor para medir o peso de um carrinho dinâmico. Monte o sensor na extremidade superior da pista IDS inclinada e conecte-o com um barbante ao carrinho dinâmico na pista. Meça o ângulo da pista. Meça a tensão na corda e compare-a com o valor teórico $mg \sin \tilde{\gamma}$.



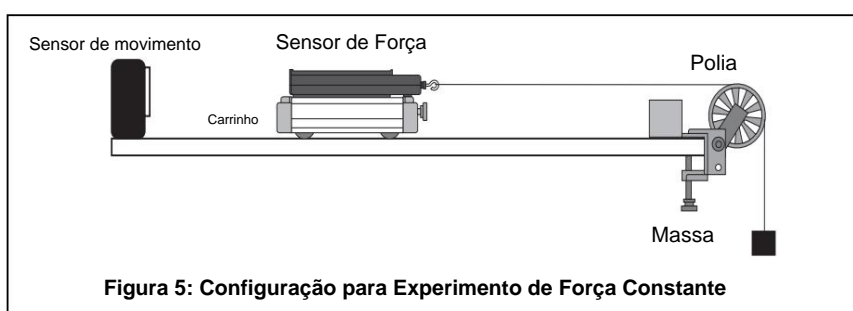
Segunda Lei de Newton: Empurrar e Puxar um Carrinho

Quando um objeto é acelerado por uma força resultante, a aceleração é diretamente proporcional à força resultante e inversamente proporcional à massa do objeto. Monte o sensor de força em um carrinho dinâmico. Use um sensor de movimento CI-6742 para medir a velocidade e a aceleração do carrinho. Zere o sensor de força. Segure o gancho na frente do sensor de força e mova o carrinho suavemente, mas de forma irregular, para frente e para trás na frente do sensor de movimento. Use o programa de computador para comparar a força medida com a velocidade e aceleração medidas.



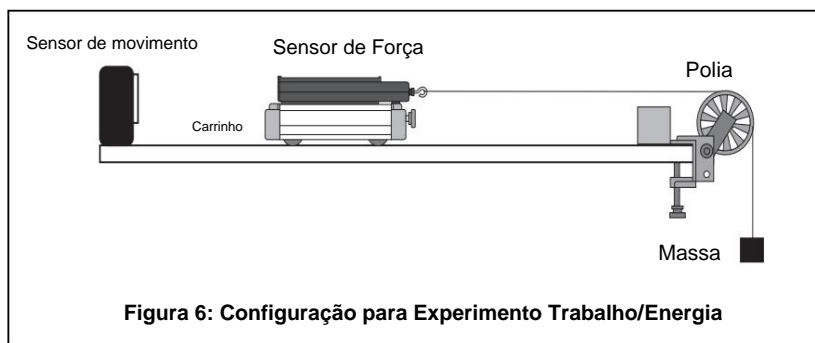
Segunda Lei de Newton: Força Constante

O que acontece se o carrinho for puxado por uma força constante? Organize o sensor de movimento CI-6742, o sensor de força CI-6537 e o carrinho na pista como no experimento sugerido anterior. Configure uma polia, um barbante e uma massa suspensa de modo que o carrinho/sensor de força seja puxado pelo barbante preso à massa suspensa. Use o sensor de movimento para medir a velocidade e a aceleração do carrinho conforme ele é puxado pela corda. Use o programa de computador para comparar a força medida com a velocidade e aceleração medidas. Mude a massa suspensa e repita a experiência.



Teorema da Energia de Trabalho: $W = \int KE$

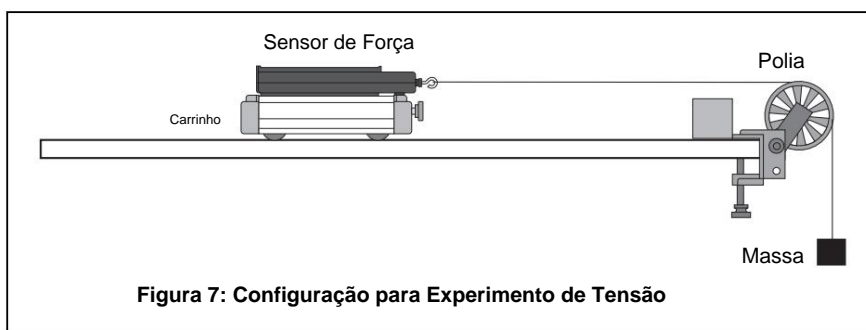
O que acontece com a energia cinética do carrinho quando ele é puxado por uma força constante? Organize o sensor de movimento CI-6742, o sensor de força CI-6537 e o carrinho na pista como no experimento sugerido anterior. Configure uma polia, um barbante e uma massa suspensa de modo que o carrinho/sensor de força seja puxado pelo barbante preso à massa suspensa. Use o sensor de movimento para medir a mudança de posição e a velocidade do carrinho conforme ele é puxado pela corda. Use o programa de computador para encontrar a integração sob a curva de um gráfico de força versus distância. Use o programa para calcular a quantidade de energia cinética ganha pelo carrinho. Compare o valor calculado do trabalho com o valor calculado da energia cinética final.



Tensão

Qual é a tensão na corda na experiência sugerida anteriormente?

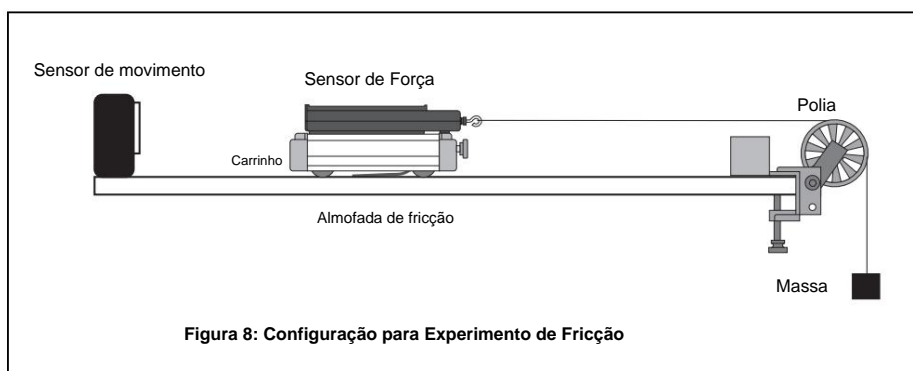
Disponha o Sensor de Força e o carrinho na pista como no experimento sugerido anteriormente. Configure uma polia, um barbante e uma massa suspensa de modo que o carrinho/sensor de força seja puxado pelo barbante preso à massa suspensa. Primeiro, mantenha o carrinho em repouso de forma que a tensão na corda seja " mg " (a massa suspensa vezes a aceleração da gravidade). Em seguida, solte o carrinho para que ele acelere em direção à polia. Use o programa DataStudio para medir a quantidade de força na corda. A tensão deve ser constante, mas inferior a " mg ".



Segunda Lei de Newton: Fricção

Faça observações quando uma força é aplicada ao carrinho/sensor de força e compare sua aceleração quando não há atrito com a aceleração quando o atrito é adicionado. Você precisará adicionar o acessório do carrinho de fricção ao carrinho Dynamics. Organize o sensor de movimento CI-6742, o sensor de força CI-6537 e o carrinho de "fricção" na pista como no experimento sugerido anterior. Configure uma polia, um barbante e uma massa suspensa de modo que o carrinho/sensor de força seja puxado pelo barbante preso à massa suspensa. Ajuste o acessório do carrinho de fricção para que a almofada de fricção não entre em contato com a esteira. Acelere o carrinho com uma massa de 50 gramas. Use o sensor de movimento para medir a velocidade e a aceleração do carrinho conforme ele é puxado pela corda. Use o programa de computador para comparar a força medida com a velocidade e aceleração medidas.

Ajuste a almofada de fricção na parte inferior do carrinho até que ela esfregue contra o trilho apenas o suficiente para fazer com que o carrinho se mova com velocidade constante à medida que a massa de 50 gramas cai. Use o sensor de movimento e o programa de computador para analisar a força, velocidade e aceleração. Finalmente, levante a almofada de fricção para que ela esfregue um pouco menos na pista do que antes e repita as medições.



Terceira Lei de Newton

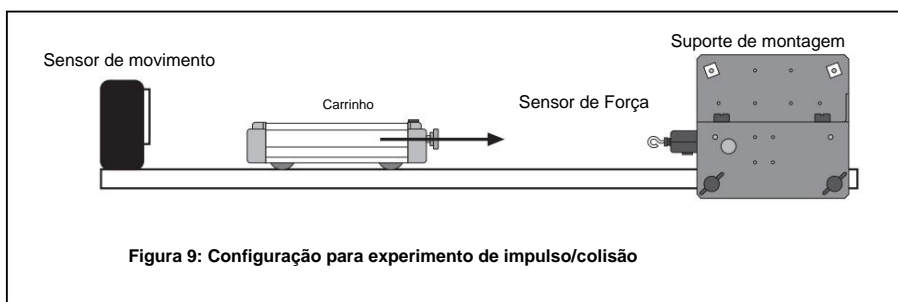
“Para cada ação, há uma reação oposta, mas igual.” Sempre que um objeto exerce uma força sobre um segundo objeto, o segundo objeto exerce uma força igual e oposta sobre o primeiro. Use dois sensores de força. Configure o programa de computador para que um empurrão seja negativo para um dos sensores. Conecte os dois sensores e use o programa de computador para medir a força de ambos os sensores de força enquanto você puxa um sensor de força com o segundo sensor de força.

Terceira Lei de Newton: Impulso/Colisão

O impulso durante uma colisão é igual à mudança no momento durante a colisão:

$$F\Delta t = \Delta mv$$

Monte o Sensor de Força em uma extremidade da pista. Organize o carrinho e o sensor de movimento de forma que o sensor de movimento possa medir o movimento do carrinho conforme ele é empurrado em direção ao sensor de força, colide com ele e ricocheteia. Use o programa de computador para determinar o impulso e a mudança no momento durante a colisão.



Outras experiências sugeridas

- Meça a força de um carrinho ventilador.
- Meça a força centrípeta de um pêndulo oscilante e compare a força com a velocidade, comprimento e massa do pêndulo.
- Meça a mudança na massa do nitrogênio líquido à medida que ele vaporiza versus a entrada de energia para vaporizar o nitrogênio líquido.
- Medir forças de arrasto de fluidos em objetos de vários formatos sob o vento túnel.
- Meça a força resultante que atua em um par de osciladores harmônicos.
- Estude movimentos harmônicos amortecidos e não amortecidos usando um sistema de massa e mola.

Apêndice A: Especificações

Sensor de força:

Voltagem de saída	+8 V para +50 newtons (empurrando) + 8 V para -50 newtons (puxando)
Ruído de saída	+/- 2 milivolts
Taxa de giro	25 newtons/milissegundo
Faixa*	+/- 50 newtons
Resolução**	0,0305 newtons (ou 3,1 gramas)
Limite de banda larga	2 quilohertz (filtro passa-baixo interno)
Unidade de saída	8 metros de cabo sem instabilidade

* O alcance do sensor é de +/- 50 newtons com uma saída entre -8 e +8 volts, ou 160 milivolts por newton.

** A resolução do sensor refere-se à menor alteração de força que o sensor pode medir. Por exemplo, uma interface com um conversor analógico-digital de 12 bits e uma faixa de entrada de +/- 10 volts fornece uma resolução de 0,0305 newtons (ou 3,1 gramas).

Apêndice B: Calibração usando DataStudio Programas

Todas as calibrações assumem que o sensor produz uma tensão de saída linear em relação ao sinal de entrada. A calibração é feita configurando duas situações de calibração (como “sem força” e uma força conhecida), medindo o sinal de entrada em cada situação em comparação com um padrão conhecido e inserindo as leituras.

Sempre que possível calibre o Sensor de Força na orientação em que será utilizado.

Procedimento de calibração (para medições de curto prazo):

Você precisará de uma massa conhecida, como 1 quilograma, e de uma haste de suporte para montar o sensor.

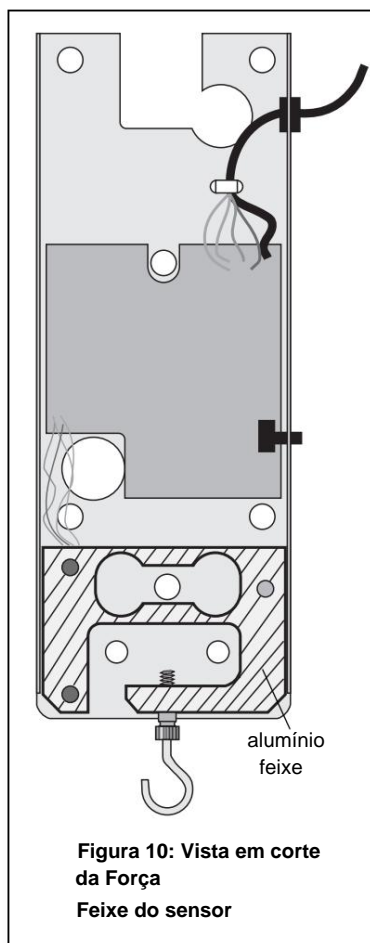
1. Conecte o Sensor de Força a um canal analógico na interface.
2. No DataStudio, clique no botão **Setup** para abrir a janela Experiment Setup.
3. Na lista Sensores da janela Experiment Setup, clique duas vezes no ícone Force Sensor para associá-lo ao *mesmo canal analógico* da imagem da interface.
4. Monte o Sensor de Força verticalmente em uma haste de suporte. (Prenda o gancho ao sensor e gire para apertar).
5. Clique duas vezes no ícone do Sensor de Força para abrir a caixa de diálogo Propriedades do Sensor. Na guia Calibração, a caixa de diálogo mostra as configurações padrão para a calibração (ou seja, 50.000 newtons a 8.000 volts e -50.000 newtons a -8.000 volts).
6. Pressione o botão **Tara** para “zerar” o sensor. Sem massa no gancho, digite “0” na caixa de valor abaixo do Ponto Baixo. Quando a tensão em “Leitura de Corrente” se estabilizar, clique no botão “Fazer Leitura” para o ponto baixo.
7. Pendure a massa conhecida no gancho. Insira o valor da massa (em newtons, por exemplo -9,8 newtons se você usou uma massa de 1 quilograma) na caixa de valor abaixo do Ponto Alto. Quando a tensão em “Leitura de Corrente” se estabilizar, clique no botão “Fazer Leitura” para o ponto alto. Clique OK.

Procedimento de calibração (para medições de longo prazo)

Quando você planeja medir a força por longos períodos, você deve dar tempo para que o feixe de alumínio relaxe na sua calibração; caso contrário, seus resultados experimentais poderão conter erros. A massa da viga é de aproximadamente 37 g.

1. Tarar o sensor de força onde deseja definir zero.
2. Aplique a força típica que será encontrada durante o experimento.
3. Aguarde 2 a 4 minutos para que a viga de alumínio relaxe.
4. Remova a força e recoloque imediatamente.
5. Reaplique a força.

Nota: Se você tiver o DataStudio aberto, poderá verificar a medição zero obtendo dados sem peso anexado. Se o zero não for alcançado, pressione o botão Tara novamente e insira 0 na caixa para o ponto baixo. O DataStudio atribui um valor de tensão ao ponto zero para a posição em que você possui o Sensor de Força. Se você alterar a posição do Sensor de Força, será necessário reposicionar o sensor.



Em alguns experimentos, a massa da viga pode afetar os resultados; em alguns casos, pode ser necessário corrigir a massa da viga em seus cálculos.

Para maiores informações entre em contato com o Técnico

Suporte (Ver Apêndice D neste manual).

Apêndice C: Calibração usando o Oficina de Ciências software ®

Você precisará de uma massa conhecida, como 1 quilograma, e de uma haste de suporte para montar o sensor.

- a) Conecte o Sensor de Força à interface *ScienceWorkshop*®. Quando o programa *Science Workshop* começar, clique e arraste o ícone do plugue do sensor analógico para o Canal A analógico na interface.
- b) Selecione "Sensor de Força" na lista de sensores analógicos. A força O ícone do sensor aparecerá abaixo do canal analógico A na janela Configuração do experimento.
- c) Monte o Sensor de Força verticalmente em uma haste de suporte para poder pendurar uma massa conhecida no gancho. Não coloque nenhuma massa no gancho para esta etapa.
- d) Clique duas vezes no ícone do Sensor de Força para abrir a caixa de diálogo Configuração do Sensor. A caixa de diálogo mostra as configurações padrão para a calibração (ou seja, 50.000 newtons a 8.000 volts e -50.000 newtons a -8.000 volts).
- e) Pressione o botão **Tara** para "zerar" o sensor. Quando a leitura na linha "Cur Value:" na coluna "Volts" se estabilizar, clique no botão "Read" na linha "Low Value:". Digite "0" na caixa "Valor baixo:" à esquerda.
- f) Pendure a massa conhecida no gancho. Após alguns segundos, quando a leitura na linha "Cur Value:" na coluna "Volts" se estabilizar, clique no botão "Read" na linha "High Value:". Insira o peso da massa (por exemplo, -9,8 newtons se você usou uma massa de 1 quilograma). Clique OK.

Apêndice D: Suporte Técnico

Para obter assistência com o Sensor de Força CI-6537 ou qualquer outro produto PASCO, entre em contato com a PASCO da seguinte forma:

Endereço: PASCO científico

10101 Sopé Blvd.

Roseville, CA 95747-7100

Telefone: (916) 786-3800

FAX: (916) 786-3292

Site: www.pasco.com

E-mail: techsupp@pasco.com

Apêndice E: Direitos Autorais e Garantia Informação

Aviso de direitos autorais

O Manual do Sensor de Força PASCO 012-05804B é protegido por direitos autorais e todos os direitos reservados. No entanto, é concedida permissão a instituições de ensino sem fins lucrativos para reprodução de qualquer parte do *Manual do Sensor de Força 012-05804B*, desde que as reproduções sejam utilizadas apenas para seus laboratórios e não sejam vendidas com fins lucrativos. São proibidas reproduções em quaisquer outras circunstâncias, sem o consentimento por escrito da PASCO Scientific.

Garantia limitada

A PASCO Scientific garante que o produto está livre de defeitos de materiais e de fabricação por um período de um ano a partir da data de envio ao cliente. A PASCO reparará ou substituirá, a seu critério, qualquer parte do produto que seja considerada defeituosa de material ou de fabricação. A garantia não cobre danos ao produto causados por abuso ou uso indevido. A determinação se uma falha do produto é resultado de um defeito de fabricação ou uso indevido por parte do cliente deverá ser feita exclusivamente de acordo com dados científicos da PASCO. A responsabilidade pela devolução do equipamento para reparo em garantia é do cliente. O equipamento deve ser devidamente embalado para evitar danos e enviado com postagem ou frete pré-pago. (Danos causados pela embalagem inadequada do equipamento para devolução não serão cobertos pela garantia.) Os custos de envio para devolução do equipamento após o reparo serão pagos pela PASCO Scientific.

Autor:

David Griffith