

MLEQ164



*a Ciência além
das fórmulas*



Livro de Atividades Experimentais

Física Experimental - Mecânica - Conjunto
Scolari interativo para dinâmica das
rotações - EQ164

Rev.13



Física Experimental - Mecânica - Conjunto Scolari interativo para dinâmica das rotações - EQ164.

Índice Remissivo	2
Abertura	3
Guarantee / Garantia	4
Certificado de Garantia Internacional	4
As instruções identificadas no canto superior direito da página pelos números que se iniciam pelos algarismos "199..." são destinadas ao professor.	4
International Certificate of Guarantee	4
All of the basic instructions identifies by numbers beginning with "199 . . ." are meant for use by teachers.	4
PCN	4
Os produtos Cidepe são adequados aos Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN	4
1992.038	5
Conheça o conjunto interativo Scolari.	5
• A plataforma giratória (ou disco rotatório de Prandtl).	5
1992.181	6
Conheça o giroscópio de aro.	6
• A colocação das punhaduras no giroscópio.	6
1992.038_1	7
A mecânica das rotações.	7
O movimento de rotação puro de um corpo.	7
A causa da rotação.	7
O binário.	7
O momento de um binário.	7
O torque (ou conjugado, ou momento de uma força) em relação ao centro dos momentos.	7
A inércia das rotações.	7
O momento de inércia.	7
O momentum angular (quantidade de movimento angular) e a conservação do momentum angular.	7
Grandeza conservativa.	8
A força centrípeta.	8
O que se entende por força.	8
A força centrífuga, uma força diferente, gerada em referenciais acelerados.	8
1032.091	9
A força centrípeta e o efeito centrífugo.	9
• Experimento válido para plataformas metálicas de grande momento de inércia.	9
O condicionamento inicial.	9
1032091A	10
A conservação do momentum angular, com plataforma e halteres.	10
• Atenção! Cuidado! Não recomendamos esta atividade em plataformas frágeis (tipo madeira ou plástico).	10
1032091B	11
A conservação do momentum angular, com plataforma e giroscópio de aro.	11
• Atenção! Cuidado! Não recomendamos esta atividade em plataformas frágeis (tipo madeira ou plástico).	11
1032091C	12
A conservação do momentum angular com giroscópio.	12
O helicóptero e o efeito giroscópio.	12

Física Experimental - Mecânica - Conjunto Scolari interativo para dinâmica das rotações - EQ164.

Índice Remissivo

B

binário 7
bússola giroscópica 12

C

centrifugação 9
centro dos momentos 7
conjugado 7
conservação do momentum angular 7, 10, 11, 12
corpo rígido 7

D

dinâmica das rotações 7

E

efeito giroscópico 10, 11, 12
eixo de rotação 7

F

força 8
força centrífuga 8
força centrípeta 8, 9

G

giroscópio 12
grandeza conservativa 8

H

helicóptero e o efeito giroscópico 12

I

inércia das rotações 7

M

mecânica da partícula 7
mecânica das rotações 7
momento de inércia 7
momento de um binário 7
momento de uma força 7
momentum angular 7
momentum angular (quantidade de movimento angular) 7
momentum angular é uma grandeza conservativa 8
movimento de rotação puro de um corpo 7

P

par de forças paralelas e de sentidos opostos 7

R

rotação 7

S

sistema acelerado 8

T

torque 7
torque (ou conjugado, ou momento de uma força) 7

V

velocidade de giro 10

Prezado professor,

Gratos pela escolha de um produto Cidepe.

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

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

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

Conheça nossa linha de produtos visitando nosso site.

Atendimento ao cliente.

No Brasil:

Telefone - (55)(51) 3477-4909

E-mail: cidepe@cidepe.com.br

E-mail: suportetecnico@cidepe.com.br

Site: www.cidepe.com.br

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

Dear teacher,

Congratulations for choosing a Cidepe product.

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

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

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

Discover what else our product line visiting our site.

Customer service.

Brazil:

Telephone (55)(51) 3477-4909

E-mail: cidepe@cidepe.com.br

E-mail: suportetecnico@cidepe.com.br

Site: www.cidepe.com.br

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

Certificado de Garantia Internacional

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

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

• **Estão excluídos desta garantia:**

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

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

- O defeito apresentado for ocasionado por uso indevido ou em desacordo com o manual de instruções do produto.
- O produto for violado, alterado ou consertado por pessoa não autorizada.
- A nota fiscal estiver adulterada, rasurado ou danificada.
- Os defeitos ou desempenho insatisfatório forem provocados pela utilização de material fora das especificações, ou pela utilização em rede elétrica imprópria ou sujeita a flutuações excessivas.

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

International Certificate of Guarantee

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

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

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

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

- The defect was caused by misuse, or handling prohibited by the accompanying manual.
- The product was dismantled, altered or repaired by a non-authorized person.
- The proof of purchase receipt is destroyed, torn or damaged.
- The defects or unsatisfactory performance of the product were created by uses beyond the specifications, or with inappropriate electric power supply subject to excessive fluctuations.

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

PCN

Os produtos Cidepe são adequados aos Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN

3 cópias

Conheça o conjunto interativo Scolari.

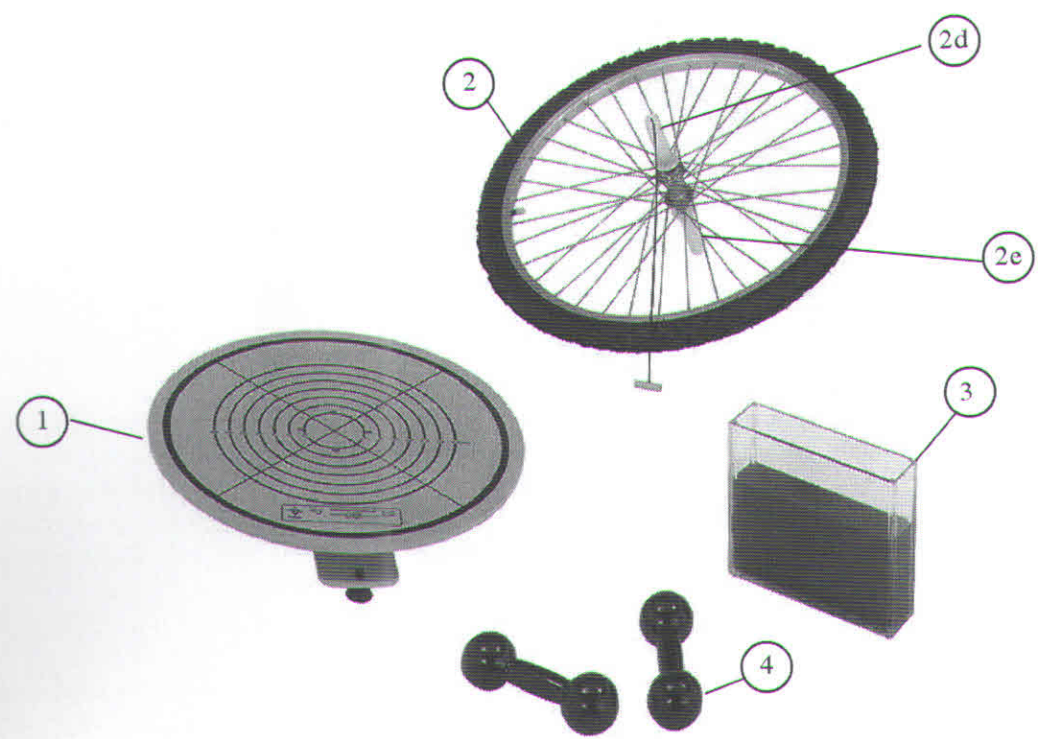


Figura 1

Autor: Luiz Antonio Muceddo Ramos

Composição do EQ164.

- 01 plataforma giratória em aço com base circular, sapatas niveladoras, disco superior com diâmetro de 500 mm, rolamentos blindados e capacidade de carga até 200 Kgf (1);
- 01 giroscópio de aro raiado (2);
- 01 punhadura de náilon com conexão e corda num dos extremos (2d);
- 01 punhadura simples de náilon (2e);
- 01 tanque transparente com sapatas antiderrapantes (3);
- 02 alteres (4);
- 01 livro Física Experimental com:
 - check list,
 - garantia de dois anos (veja condições),
 - instruções técnicas,
 - sugestões de experimentos.

• A plataforma giratória (ou disco rotatório de Prandtl).

- Antes das atividades nivele a base da plataforma giratória.
 - Nunca utilize a plataforma acima da sua capacidade de carga.
- Atenção! Cuidado! Não coloque pessoas sobre plataformas frágeis (tipo madeira ou plástico).

Conheça o giroscópio de aro.

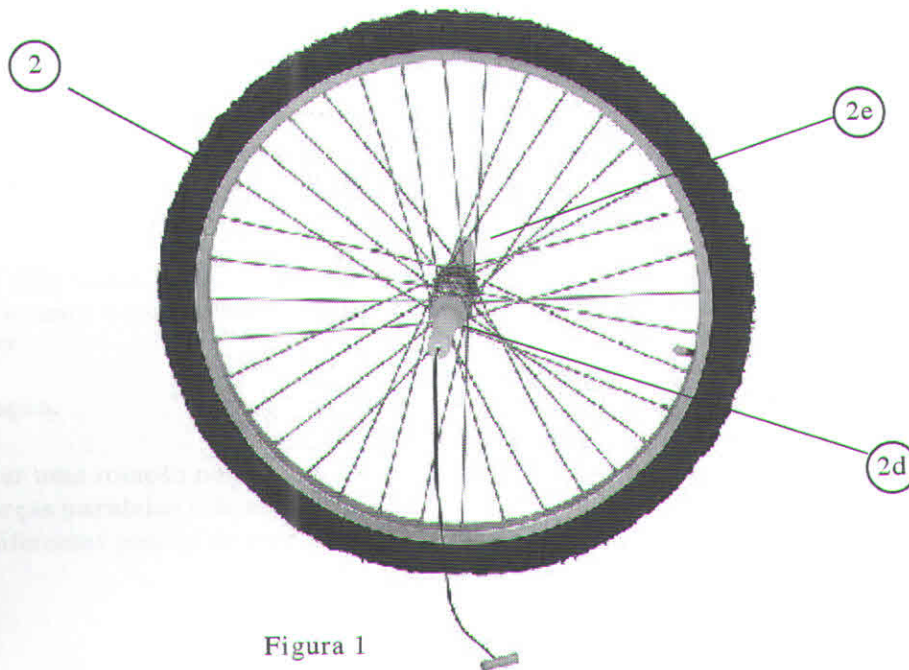


Figura 1

Composição do EQ148.

01 giroscópio de aro raiado (2) com:

- punhadura de náilon (2d);
 - conexão flexível;
 - pegador auxiliar;
- punhadura simples de náilon (2e);

01 livro Física Experimental com:

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

• A colocação das punhaduras no giroscópio.

- A colocação das punhaduras (Figura 2) é feita rosquendo-as simultaneamente ao eixo do giroscópio.

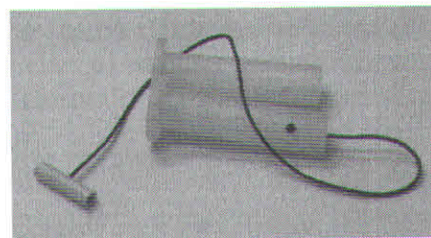


Figura 1

A mecânica das rotações.

O movimento de rotação puro de um corpo.

Todos os pontos constituintes de um corpo rígido, que executa um movimento de rotação puro, descrevem circunferências concêntricas em torno do seu eixo de rotação.

Basta analisar o movimento de um único ponto deste corpo para se entender o movimento de rotação puro que ele executa.

A causa da rotação.

Sempre que ocorrer uma rotação num corpo a causa será **um par de forças paralelas e de sentidos opostos**, atuando em diferentes pontos do corpo.

O binário.

Quando este par de forças (nem sempre facilmente identificáveis) tiverem o mesmo valor modular, ele é denominado de **binário**.

O momento de um binário.

Denomina-se momento (**M**) de um binário ao produto da intensidade **F** das forças que o compõem pelo braço "**d**" que as separam, isto é:

$$M = F d$$

O torque (ou conjugado, ou momento de uma força) em relação ao centro dos momentos.

É chamado de **torque** (**τ**), em relação a um ponto denominado **centro dos momentos**, ao produto da intensidade **F** da força pela menor distância "**r**" (braço) existente entre o centro dos momentos e a reta de ação da força.

$$\tau = F r$$

O torque (ou conjugado, ou momento de uma força) está para a mecânica das rotações, assim como a força está para a mecânica da partícula.

A inércia das rotações.

É denominada de inércia das rotações à propriedade que todo corpo tem de: quando em repouso, permanecer em repouso e quando em movimento de rotação uniforme continuar em movimento de rotação uniforme, a menos que venham a atuar sobre o mesmo binários externos que o obriguem a mudar o estado em que se encontra.

O enunciado acima pode ser sintetizado para os corpos que possuem um eixo de simetria e que giram em torno deste eixo, como: "todo corpo em rotação tende a manter constante seu vetor momento angular"

O momento de inércia.

O momento de inércia, simbolizado por **I**, está para a mecânica das rotações, assim como, a massa está para a mecânica da partícula.

- O momento de inércia depende da distribuição da massa em torno do eixo de rotação.

No caso de uma pequena partícula de massa **m**, componente do corpo rígido que se move em círculo ao redor do eixo de rotação, afastada deste de um raio **r**, o momento de inércia é calculado por:

$$I = m r^2$$

Lembrando que $v = w r$ obtemos neste caso da pequena massa componente :

$$I = m r v$$

O momentum angular (quantidade de movimento angular) e a conservação do momentum angular.

Um conceito de fundamental importância em dinâmica das rotações é de momentum angular.

O **momentum angular** de um corpo em rotação é igual ao produto de seu momento de inércia **I** (em relação ao eixo de rotação) por sua velocidade angular **w**.

$$M = I \omega$$

onde:

M = momentum angular

I = momento de inércia

ω = velocidade angular

Grandeza conservativa.

O momentum angular é uma grandeza conservativa.

Isto significa que, se nenhuma força externa agir sobre o corpo ou sistema de corpos em rotação, o momentum angular se conserva.

A força centrípeta.

Um corpo em rotação está sujeito a uma aceleração centrípeta. A segunda lei de Newton garante que sobre este corpo existe uma força agindo, denominada força centrípeta, que pode ser calculada por:

$$F_c = m a_c$$

$$F_c = m \omega^2 r = m v r$$

O que se entende por força.

A força centrífuga, uma força diferente, gerada em referenciais acelerados.

Num sistema acelerado como é um corpo em rotação, tem origem uma força denominada força centrífuga, autora de muitas controvérsias.

Se entendemos força apenas como um empurrão ou puxão, ou algo que produz aceleração, a força centrífuga é real, pois ela empurra, puxa e acelera. Se, no entanto, acrescentarmos a condição de que força é o resultado da interação entre dois corpos ou sistemas físicos, a força centrífuga deixa de existir pois não há corpo ou sistema físico que a produza.

Concluindo: Não é correto afirmar que a força centrífuga não existe, a força centrífuga é uma força diferente, gerada em referenciais acelerados (ou não-inerciais).

O cálculo do módulo da força centrífuga é efetuado com as mesmas expressões utilizadas para o módulo da força centrípeta.

A força centrípeta e o efeito centrifugação.

1. Habilidades e competências.

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

- reconhecer a força centrípeta;
- descrever o que ocorre com a água de um tanque que gira;
- identificar a causa da centrifugação;

2. Material necessário.

- 01 plataforma giratória;
- ★ 01 tanque transparente;
- ★ água com corante.

Os itens assinalados por ★ não acompanham o conjunto.

3. Montagem.

- Antes das atividades nivele a base da plataforma giratória.

• Experimento válido para plataformas metálicas de grande momento de inércia.

As instruções aqui sugeridas foram realizadas em plataformas de momento de inércia elevado (disco superior metálico de aproximadamente 12,5 Kg), discos leves como os de madeira armazenam pouca energia de rotação e comprometem a velocidade e o tempo de permanência do fenômeno.

O condicionamento inicial.

Com a plataforma vazia (sem nada em cima), pegue em sua borda e a impulse (sem exagero). Experimente até dominar a intensidade de impulso necessário para que ela fique girando entre um minuto e um minuto e meio.

5. Andamento das atividades.

5.1. Coloque água (de preferência colorida) até a metade da cuba transparente.

- Deposite a cuba com água sobre a plataforma

giratória, de modo que a borda da cuba fique sobre o centro da escala, tangenciando o diâmetro, **Figura 1**.

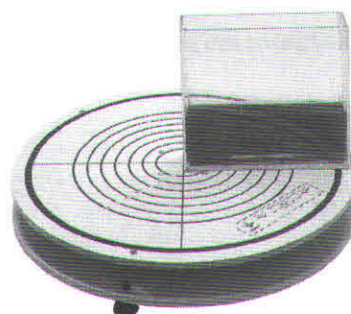


Figura 1

5.2. Coloque a plataforma em rotação impulsionando-a.

- Observe e desenhe sobre a Figura 1 a forma assumida pela superfície livre da água na cuba.

5.3. De maneira não brusca, suspenda a rotação.

- Reposicione a cuba de forma a ficar no centro da plataforma (**Figura 2**).

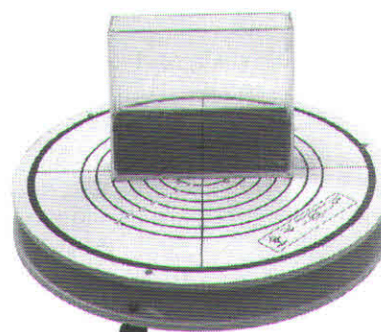


Figura 2

5.4. Coloque a plataforma em rotação.

- Justifique a diferença de forma assumida pela superfície livre da água.

A conservação do momentum angular, com plataforma e halteres.

1. Habilidades e competências.

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

- identificar momentum angular;
- reconhecer a conservação do momentum angular como a causa das variações na velocidade angular durante o experimento;
- reconhecer o efeito giroscópico.

2. Material necessário.

01 plataforma giratória;
02 halteres;
★ 01 banqueta.

O item assinalado por ★ não acompanha o conjunto.

• **Atenção! Cuidado! Não recomendamos esta atividade em plataformas frágeis (tipo madeira ou plástico).**

3. Montagem.

3.1. Sente sobre uma banqueta no centro da plataforma - Figura 1.



Figura 1

• Segure os halteres sobre o colo, ou levemente afastados.

4. Andamento.

4.1. Coloque a plataforma em rotação impulsionando-a **sem exagero**.

Evite giros rápidos demais, caso contrário você poderá ficar tonto.

4.2. Com o corpo girando sobre a plataforma, abra os braços afastando os halteres do seu corpo.

• O que ocorre com a velocidade angular (velocidade de giro) do seu corpo ao abrir os braços?

4.3. Com o corpo girando sobre a plataforma, feche os braços aproximando os halteres do seu corpo.

• O que ocorre com a velocidade angular do seu corpo?

4.4. Quando nosso corpo está girando, por que a velocidade angular aumenta ao fecharmos os braços?

Lembre do princípio de conservação do momentum angular.

• Justifique o fato da velocidade angular ter diminuído ao abrirmos os braços.

A conservação do momentum angular, com plataforma e giroscópio de aro.

1. Habilidades e competências.

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

- momentum angular;
- reconhecer a conservação do momentum angular como causa das variações nas velocidades angulares durante o experimento;
- reconhecer o efeito giroscópico.

2. Material necessário

01 plataforma giratória, com capacidade de carga até 200 kgf ;

01 giroscópio de aro com punhaduras;

★ 01 banco.

O item assinalado por ★ não acompanha o conjunto.

3. Montagem.

• **Atenção! Cuidado! Não recomendamos esta atividade em plataformas frágeis (tipo madeira ou plástico).**

Sente sobre um banco no centro da plataforma.

- Segure o giroscópio de forma a manter o eixo do mesmo horizontalmente (**Figura 1**).



Figura 4

4. Andamento.

4.1. Peça a um colega para colocar o giroscópio em forte giro.

4.2. Com o giroscópio girando fortemente, tente virar o eixo de rotação do giroscópio.

Exemplo: posicione o eixo verticalmente.

- Descreva o ocorrido ao girar o eixo do giroscópio.

4.3. Ao girar o eixo de rotação do giroscópio o que ocorre com a plataforma que estava em repouso.

4.4. Repita as operações anteriores, agora segurando o giroscópio inicialmente com o eixo na posição **vertical**.

- Depois de colocar o giroscópio em forte giro, modifique a posição do eixo para a posição **horizontal**.

- Relate o ocorrido com a plataforma (inicialmente em repouso) ao girar o eixo de rotação do giroscópio.

- Justifique fisicamente o ocorrido.

A conservação do momentum angular com giroscópio.

1. Habilidades e competências.

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

- conceituar momentum angular;
- reconhecer a conservação do momentum angular como causa das variações nas velocidades angulares durante o experimento;
- verificar e reconhecer o efeito giroscópico.

2. Material necessário.

01 plataforma giratória, com capacidade de carga até 200 kgf ;
 01 giroscópio de aro com punhaduras;
 ☆ 01 banco.

Os itens assinalados por ☆ não acompanha o conjunto.

3. Montagem.

Segure o giroscópio com o eixo na posição vertical pelo cordão - (Figura 1).

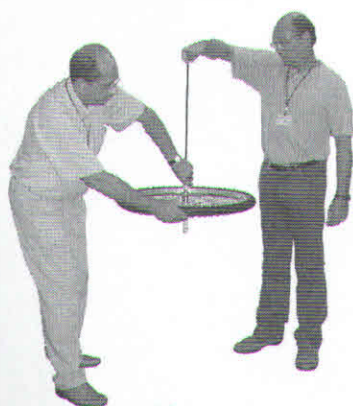


Figura 1

4. Andamento.

4.1. Peça a um colega para colocar o giroscópio em rotação de modo a obter um forte giro.

4.2. Com o giroscópio girando fortemente vire 90° o eixo de rotação do giroscópio e solte-o - (Figura 2).



Figura 2

4.3. Descreva o movimento realizado pelo giroscópio de aro. Como você justifica o fenômeno ocorrido?

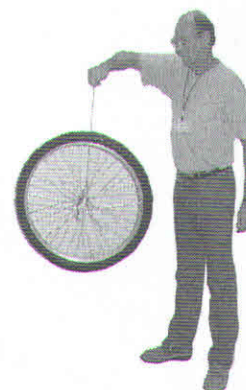


Figura 1

O helicóptero e o efeito giroscópico.

• Pesquise em bibliografia especializada sobre a necessidade dos helicópteros possuírem duas hélices e sobre a orientação dos eixos de rotação das mesmas.

• Pesquise em bibliografia especializada sobre "bússola giroscópica" relacionando a pesquisa com este experimento.