

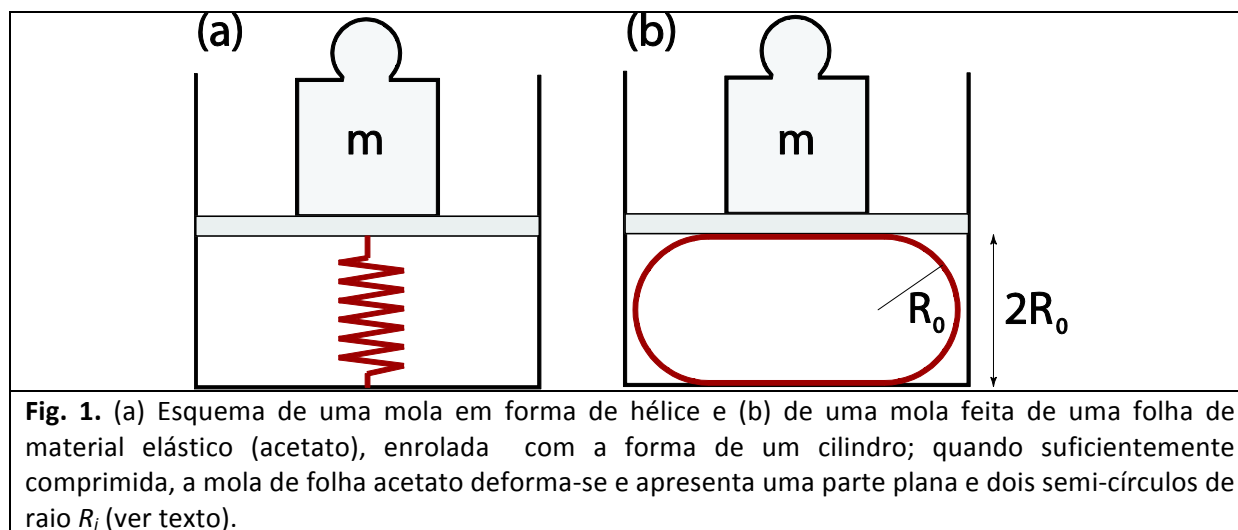
Problema Experimental 1

Há dois problemas experimentais. O material que se encontra sobre a mesa é utilizado em ambos os problemas. Tem 5 horas para completar os dois problemas experimentais (1 e 2).

Problema Experimental 1: Elasticidade de folhas

Introdução

As molas são objectos feitos de materiais elásticos que servem para armazenar energia mecânica. Exemplos comuns são as usuais molas em forma de hélice bem descritas pela lei de Hooke que afirma que a força com que uma mola, depois de comprimida, empurra uma massa é proporcional à elongação (distância entre a posição da extremidade da mola quando comprimida e a sua posição de equilíbrio, sem qualquer compressão): $\vec{F} = -k\Delta x$, em que k é a constante elástica da mola, Δx é a elongação da mola e \vec{F} a força [ver Fig. 1(a)]. Contudo, as molas elásticas podem ter formas bastante distintas das molas em forma de hélice usuais que, para deformações importantes, deixam geralmente de obedecer à lei de Hooke. Neste problema vão medir-se as propriedades elásticas de uma mola feita de uma folha de acetato, que se encontra representada na Fig. 1(b).



Folha de acetato enrolada em forma de uma mola cilíndrica elástica

Imaginar que se utiliza uma folha de acetato feita de um material elástico (i.e. a folha transparente) e que a enrola na forma de um cilindro. Quanto mais se enrola maior é a energia elástica armazenada na folha. Esta energia depende na realidade da curvatura da folha. As partes da folha que possuem maior curvatura, possuem também maior energia armazenada (partes da folha completamente planas não possuem energia armazenada). As molas que serão utilizadas nesta

experiência são feitas de folhas de acetato rectangulares e transparentes, enroladas na forma de cilindros (Fig. 2). A energia elástica armazenada num cilindro é dada pela expressão

$E_{el} = \frac{\kappa}{2} \frac{1}{R_c^2} A,$	(1)
--	-----

em que A representa a área da superfície lateral do cilindro, R_c é o seu raio e o parâmetro κ , referido como a rigidez do cilindro, é determinada pelas propriedades elásticas do material da folha e da sua espessura. Considerar que os efeitos de alongamento das folhas são desprezáveis.

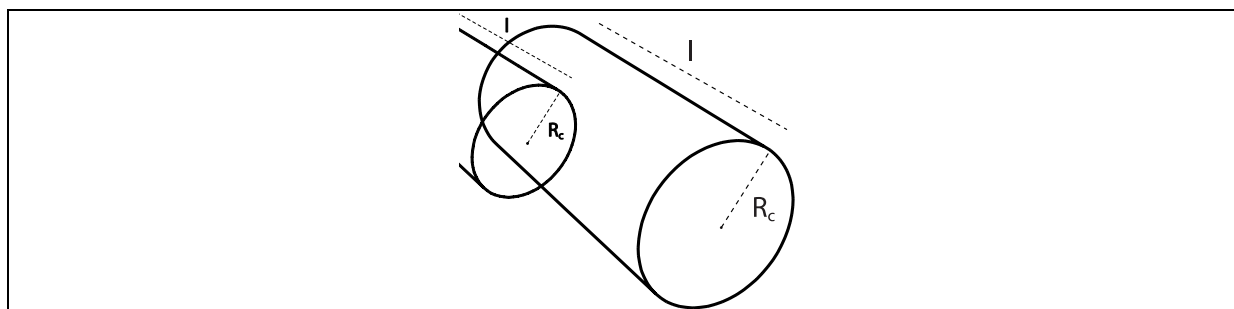


Fig. 2. Esquema de uma folha elástica enrolada na forma de um cilindro de raio R_c e comprimento l .

Considerar que um cilindro, construído como se refere acima, é comprimido de acordo com o esquema representado na Fig. 1(b). Para uma dada força ($F=mg$), o deslocamento em relação à posição de equilíbrio depende da elasticidade da folha de acetato. Para um determinado intervalo de valores da força de compressão, o perfil da folha de acetato pode ser aproximada por duas linhas rectas e dois semi-círculos de raio R_0 (aproximação do “estádio”). Pode demonstrar-se que a energia mínima do sistema comprimido é dada por

$R_0^2 = \frac{l\kappa\pi}{2F}.$	(2)
----------------------------------	-----

A força é medida na balança, calibrada para medir massa m , portanto $F = mg$, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

Montagem Experimental (1º Problema)

Os seguintes materiais, utilizados no Problema Experimental 1, encontram-se em cima da mesa:

1. Prensa (com um bloco de pedra); ver instruções em separado se necessário
2. Balança (mede massas até 5000 g e possui função TARA, ver instruções em separado se necessário)
3. Folhas transparentes de acetato (todas as folhas possuem 21 cm x 29.7cm; as folhas azuis possuem uma espessura de 200 μm e as sem côr uma espessura de 150 μm). Peça folhas adicionais se necessitar delas.
4. Fita adesiva
5. Tesoura
6. Régua
7. Uma tábua de madeira rectangular (a tábua é para ser colocada na balança e a folha de acetato sobre a tábua)

A montagem experimental encontra-se representada na Fig. 3. A placa de cima da prensa pode mover-se para baixo e para cima usando uma porca de orelhas, e a força (massa) aplicada pela prensa é medida na balança. **Importante: a porca de orelhas sobe ou desce 2 mm quando rodada de 360 graus.** (A pequena barra de alumínio não é usada no Problema Experimental 1.)

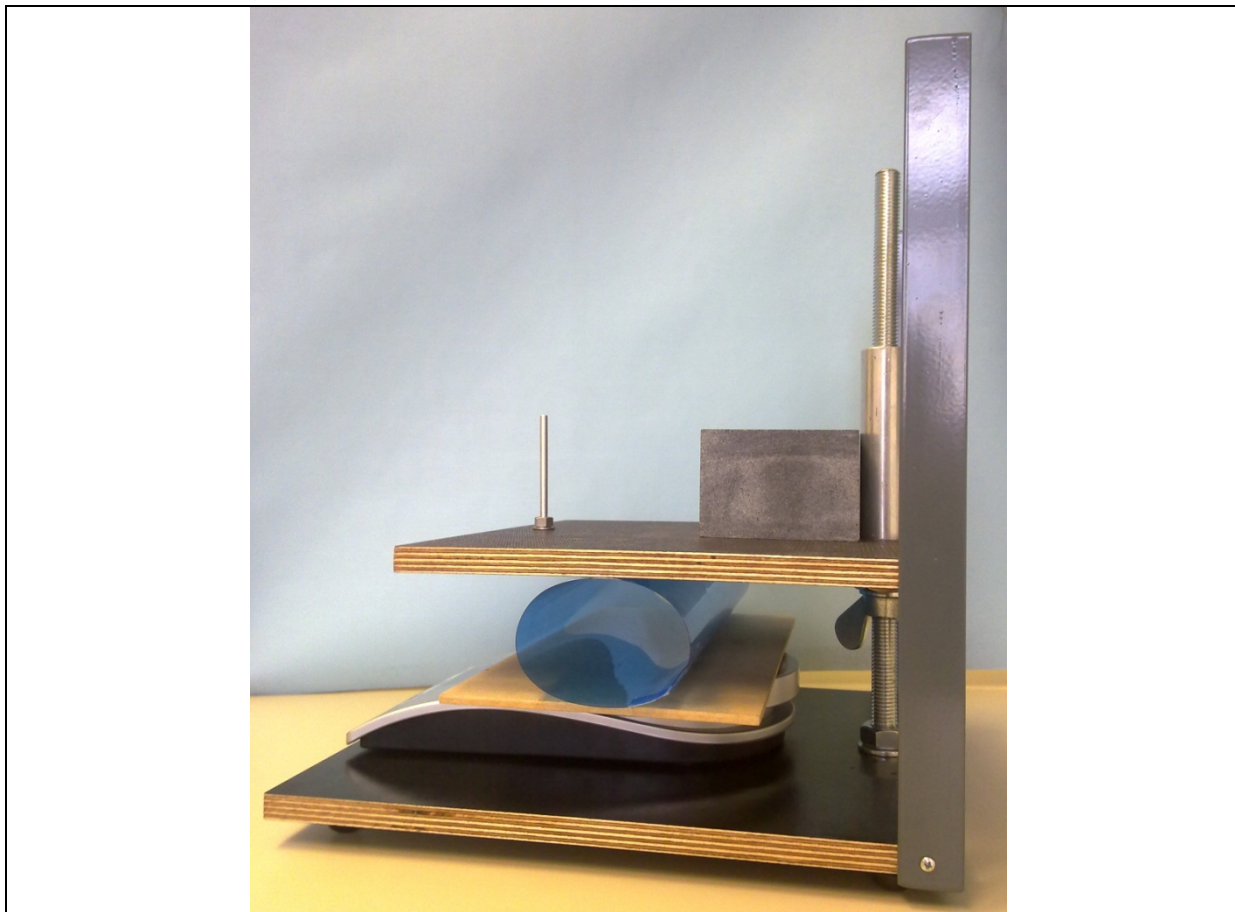


Fig. 3. Fotografia da montagem usada para medir a rigidez dos cilindros.

Tarefas

1. Enrole duas folhas de acetato azuis em forma de cilindro. Uma das folhas deve ser enrolada ao longo da sua margem pequena e a outra deve ser enrolada ao longo da margem grande. Use o adesivo para prender os bordos das folhas, tendo o cuidado de não sobrepor os bordos mais de 0,5 cm.
 - (a) Para diferentes separações entre as placas da prensa, medir, em unidades de massa, e para os dois cilindros, a força aplicada na balança. Registrar as medidas nas Folhas de Resposta. (1,9 pontos)
 - (b) Representar as medidas em gráficos apropriados. Usando a régua, desenhar rectas que passem pelos pontos dos gráficos e determinar a rigidez, κ , dos cilindros. Indicar nos gráficos a região em que a aproximação do estádio é válida. Estimar o valor de R_0/R_c abaixo do qual a aproximação do estádio é válida, sendo R_c o(s) raio(s) do(s) cilindro(s) não comprimido(s). (4,3 pontos)

Não é necessário efectuar qualquer análise de erros.

2. Medir a rigidez, κ , de uma folha de acetato branco (não colorido). (2,8 pontos)
3. A rigidez dos cilindros, κ , depende do módulo de Young do material, Y , e da espessura da folha de acetato, d , de acordo com

$\kappa = \frac{Yd^3}{12(1-\nu^2)},$	(3)
--------------------------------------	-----

onde ν é a razão de Poisson do material. Para muitos materiais $\nu \approx 1/3$. Partindo das medidas anteriores, determinar o módulo de Young do acetato azul e do acetato branco. (1,0 pontos)

Problema Experimental 1 – Folhas de Resposta


Country code	Student code

Tarefa 1		Pontos
(a)		

Country code	Student code

Tarefa 1	Pontos
(a)	


Country code	Student code

Tarefa 1										Pontos	
(b)											

Country code	Student code

Tarefa 1		Pontos
(b)	$\kappa =$	
	$\kappa =$	
	$\frac{R_0}{R_c} \leq$ $\frac{R_0}{R_c} \leq$	
Tarefa 2		Pontos

Country code	Student code

Tarefa 2	Pontos
	

Country code	Student code

Tarefa 2		Pontos
	$K =$	
Tarefa 3		Pontos
	Módulo de Young do acetato azul:	
	Módulo de Young do acetato branco:	
Total:		

Problema Experimental 2

Há dois problemas experimentais. O material que se encontra sobre a mesa é utilizado em ambos os problemas. Tem 5 horas para completar os dois problemas experimentais (1 e 2).

Problema Experimental 2: Força entre ímans, conceitos de estabilidade e simetria

Introdução

Corrente eléctrica I circulando numa espira de área S origina um momento magnético de magnitude $m = IS$ [ver Fig. 1(a)]. Um íman permanente pode ser visto como uma colecção de pequenos momentos magnéticos de Ferro (Fe), cada um deles análogo ao momento magnético de uma espira de corrente. Este modelo (modelo de Ampère) de um íman está representado na Fig. 1(b). O momento magnético total é a soma de todos os pequenos momentos magnéticos, e aponta do pólo sul para o pólo norte do íman.

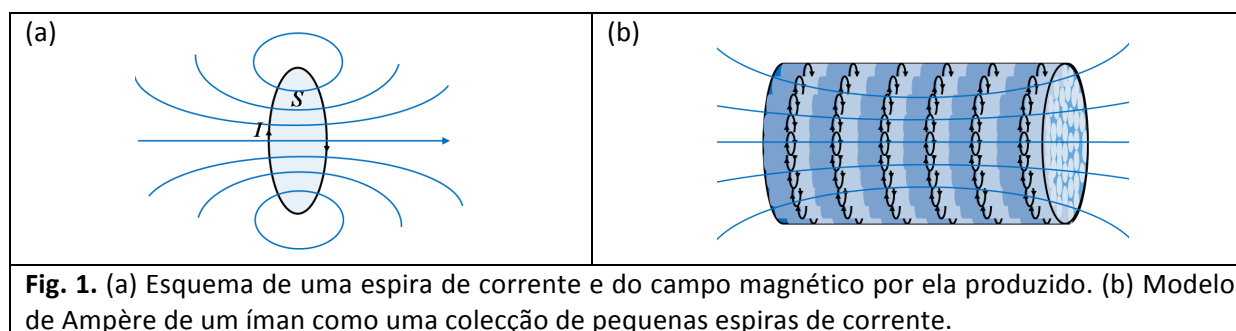


Fig. 1. (a) Esquema de uma espira de corrente e do campo magnético por ela produzido. (b) Modelo de Ampère de um íman como uma colecção de pequenas espiras de corrente.

Forças entre ímans

Calcular a força entre dois ímans não é uma tarefa trivial. É sabido que pólos magnéticos do mesmo tipo se repelem, e pólos de tipos distintos se atraem. A força entre duas espiras de corrente depende das intensidades das correntes que as percorrem, das suas formas e da distância entre elas. Se a corrente numa das espiras for invertida, a força entre elas terá a mesma magnitude, mas será numa direcção oposta à inicial.

Neste problema ir-se-á investigar experimentalmente a força entre dois ímans, o íman-anel e o íman-barras. Está-se interessado na geometria em que os eixos de simetria dos dois ímans coincidem (ver Fig. 2). O íman-barras pode mover-se ao longo do eixo z , da esquerda para a direita, percorrendo o íman-anel (ver Fig. 2). Entre outras tarefas, será necessário medir a força entre os dois ímans em função da coordenada z . Considerar que a origem do eixo, $z=0$, corresponde ao caso em que os centros de ambos os ímans são coincidentes.

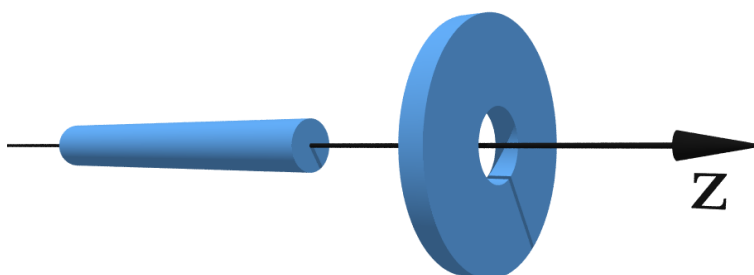


Fig. 2. O íman-anel e o íman-barra estão alinhados. A força entre eles varia em função do movimento do íman-barra ao longo da coordenada z .

Para assegurar o movimento do íman-barra ao longo do eixo de simetria (eixo z), o íman-anel foi colado num cilindro transparente que possui um orifício pequeno ao longo do eixo z . O movimento do íman-barra encontra-se por isso limitado e pode deslocar-se apenas ao longo do eixo z , através do orifício (ver Fig. 3). A magnetização dos ímans encontra-se alinhada com o eixo z . O pequeno orifício assegura a estabilidade radial dos ímans.

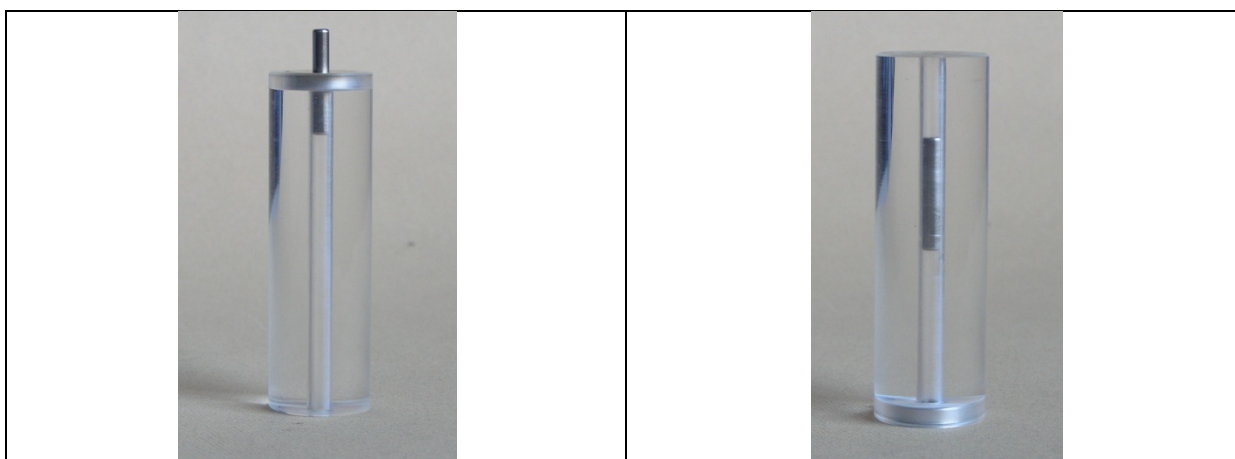


Figure 3. Fotografia dos dois ímans e do cilindro transparente utilizados na montagem experimental; o íman-barra move-se ao longo do pequeno orifício do cilindro transparente.

Montagem Experimental (2º problema)

Os seguintes materiais (que devem ser utilizados na execução do Problema Experimental 2) encontram-se sobre a mesa:

1. Prensa (com um bloco de pedra); ver instruções adicionais, se necessário
2. Balança (mede massas até 5000 g, e possui função TARA, ver instruções adicionais se necessário)
3. Cilindro transparente com orifício a meio e com um íman-anel colado na sua base
4. Um íman-barra
5. Um pau fino de madeira (serve para empurrar o íman-barra para fora do cilindro)

A montagem experimental que se deverá utilizar para medir as forças entre os ímans encontra-se representada na Fig. 4. A placa de cima da prensa necessita ser invertida em relação à posição que

tinha na execução do Problema Experimental 1. O parafuso de alumínio nela embutido é utilizado para exercer pressão sobre o íman-barra ao longo do cilindro transparente. A balança é utilizada para medir a força (massa). A placa superior da prensa pode ser movida para cima e para baixo rodando a porca de orelhas. **Importante: a porca de orelhas sobe ou desce 2 mm por cada rotação de 360 graus.**

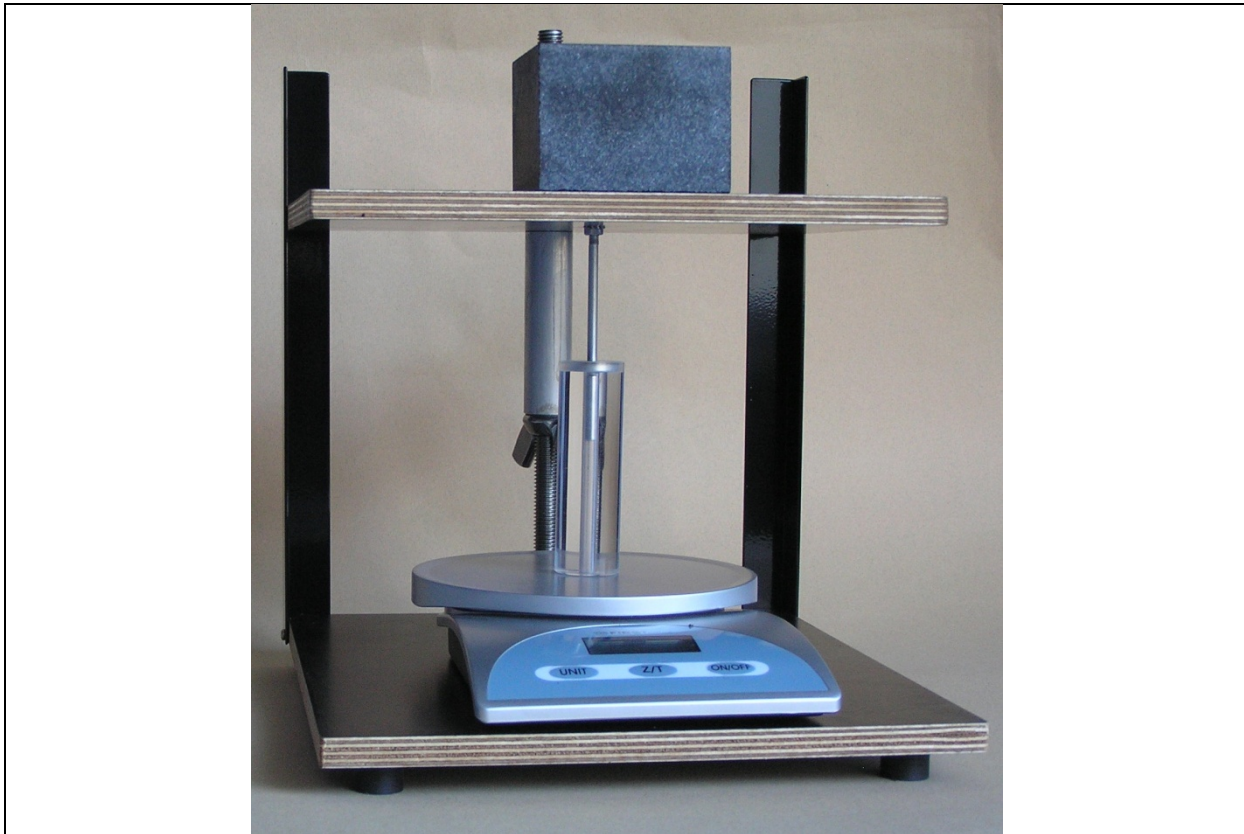


Fig. 4. Fotografia da montagem experimental e da forma como deve ser usada na medida da força entre os ímans.

Tarefas

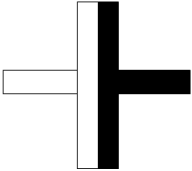
1. Determinar, qualitativamente, todas as posições de equilíbrio entre os dois ímans, assumindo que o eixo z é horizontal como na Fig. 2, e desenhar essas posições nas folhas de resposta. Marcar nas folhas de resposta as posições de equilíbrio, identificando-as como equilíbrio estável (S) ou instável (U) e sombreando os pólos idênticos, como indicado para uma posição estável nas folhas de resposta. Pode realizar-se esta tarefa utilizando as mãos e um pau fino de madeira. (2,5 pontos)
2. Utilizar a montagem experimental para medir, em função da coordenada z , a força entre os dois ímans. Considerar o sentido positivo do eixo z como aquele que aponta para o cilindro transparente (a força é considerada positiva se apontar no sentido positivo do eixo). Para o caso em que os momentos magnéticos são paralelos, representar a força magnética por $\vec{F}_{\uparrow\uparrow}(z)$ e quando forem anti-paralelos representá-la por $\vec{F}_{\uparrow\downarrow}(z)$. **Importante: desprezar a massa do íman-barra (i.e., desprezar os efeitos gravíticos), e utilizar as simetrias das forças entre os ímans para**

medir as diferentes partes das curvas. Se encontrar algumas simetrias nas forças, escreva-as nas suas folhas de resposta. Escrever também as medidas nas folhas de resposta; ao lado de cada Tabela que efectuar, desenhar esquematicamente a configuração dos ímans correspondentes a essa Tabela (é dado um exemplo). (3,0 pontos)

3. A partir das medidas efectuadas na Tarefa 2, usar o papel milimétrico para representar, em detalhe, a dependência funcional $\vec{F}_{\uparrow\uparrow}(z)$, para $z > 0$. Fazer um gráfico esquemático das formas das curvas $\vec{F}_{\uparrow\uparrow}(z)$ e $\vec{F}_{\uparrow\downarrow}(z)$ (ao longo do sentido positivo e negativo do eixo z). Em cada gráfico, identificar com clareza as posições de equilíbrio estável e desenhar a correspondente configuração dos ímans (do mesmo modo que na Tarefa 1). (4,0 pontos)
4. Quando o eixo z se coloca verticalmente e a massa do íman-barra não for desprezável, haverá posições estáveis de equilíbrio que sejam qualitativamente novas? Se essas posições de equilíbrio existirem, representá-las graficamente nas suas folhas de resposta, como fez para a Tarefa 1. (0,5 pontos)

Folhas de Resposta – Problema Experimental 2

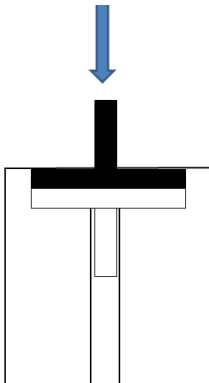
Country code	Student code

Tarefa 1		Pontos
	<p>S U</p> 	
	<p>S U</p>	
	<p>S U</p>	
	<p>S U</p>	
	<p>S U</p>	

Country code	Student code

Tarefa 1		Pontos
	S U	
	S U	
	S U	
	S U	
	S U	

Country code	Student code

Tarefa 2	Pontos
<p>Escrever todas as simetrias que encontrar para a força entre os dois ímans:</p>	
<p>Configuração:</p>  <p>Medidas:</p>	

	Country code	Student code	

Tarefa 2	Pontos

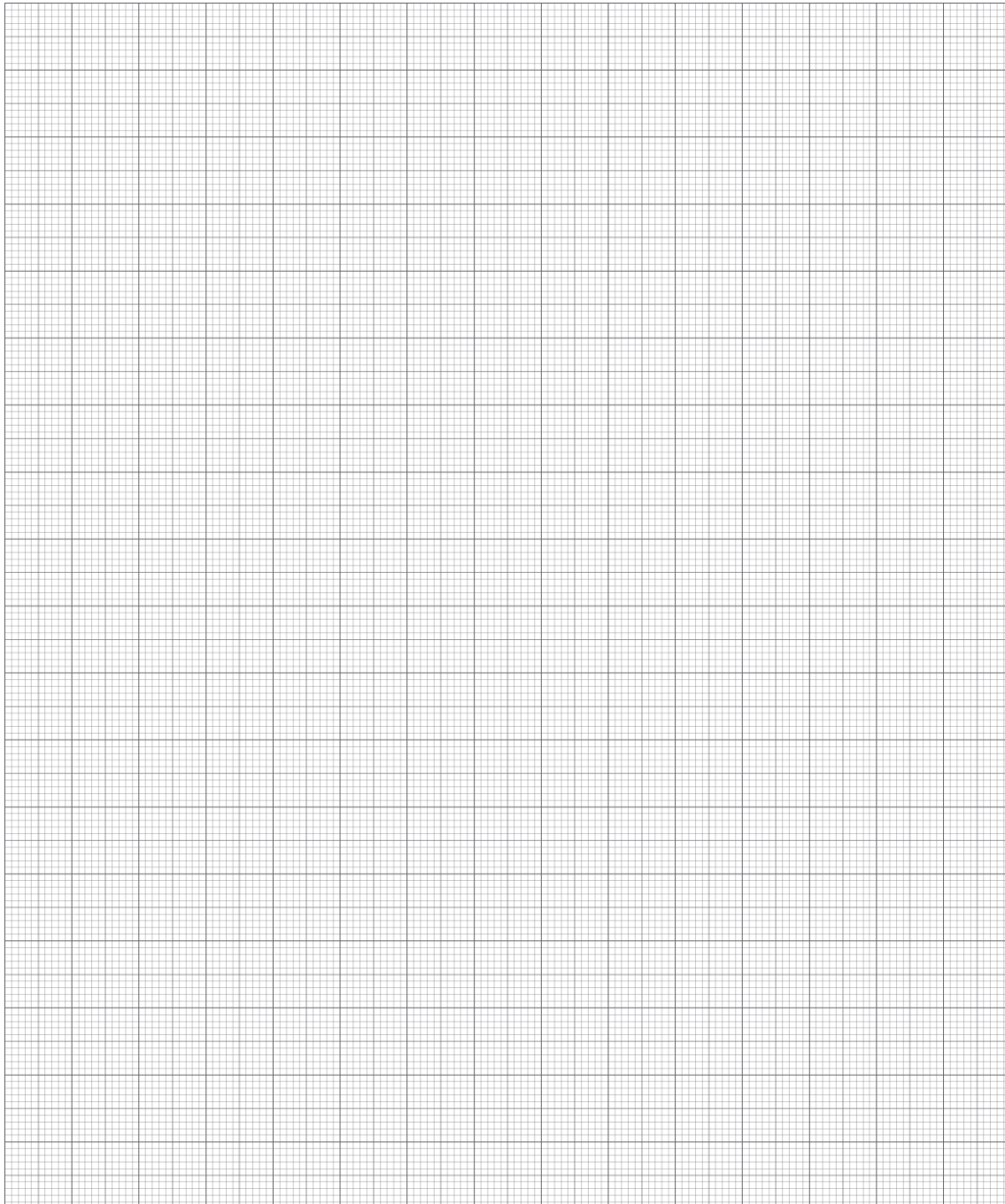
Country code	Student code

Tarefa 2		Pontos

Country code	Student code

Tarefa 3

Pontos



Country code	Student code

Tarefa 3		Pontos
	Gráfico (esquemático) de $F_{\uparrow\uparrow}(z)$	
	Gráfico (esquemático) de $F_{\uparrow\downarrow}(z)$	

Country code	Student code

Tarefa 4		Pontos
Total:		