Experimentellt problem 1

Du ställs inför två experimentella problem. Uppställningen på ditt bord används till båda problemen och du disponerar fem timmar totalt.

Experimentellt problem 1: Elasticiteten hos tunna ark

Introduktion

Fjädrar kallas föremål som görs av elastiska material och som kan lagra energi. Den vanligaste är spiralfjädern, vilken uppför sig enligt Hookes lag. Det innebär att kraften som fjädern svarar med är proportionell mot förlängningen/hoptryckningen, $F = -k\Delta x$, där k är fjäderkonstanten, och Δx förlängningen/hoptryckningen räknat från jämviktsläget [se fig 1(a)]. Fjädrar finns i många olika varianter och dessutom gäller i allmänhet inte Hookes lag för stora *Δx.* I detta problem ska vi studera fjädrar i form av hoprullade plastark [se fig 1(b)]

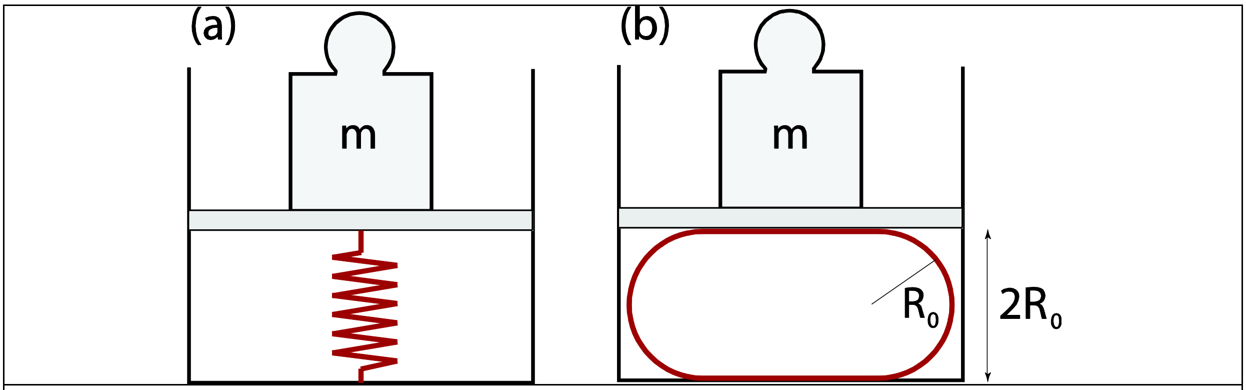

Fig 1: En spiralfjäder illustreras i (a), och i (b) ses en fjäder som ett hoprullat plastfolieark i form av en cirkulär cylinder. När den cirkulära cylindern pressas ihop får den en "stadionliknande" form där halvcirklarna har respektive radie R_0.

Plastfolieark hoprullat till en cirkulär cylinder

Ju mer vi böjer ett plastfolieark desto mer elastisk energi lagras i arket. Energin beror på arkets krökning. Således lagras mer energi i delar där krökningen är stor, och i plana delar lagras ingen energi alls. Fjädrarna i detta experiment görs av plastfolieark som rullas ihop till cirkulära cylindrar (se fig 2). Energin hos en sådan cylinder ges av

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

där A är arean av cylinderns mantelyta, R_c är radien och storheten κ beskriver böjstyvheten. Den senare beror på materialets elastiska egenskaper och på arkets tjocklek. Eventuell sträckning av arket försummas.

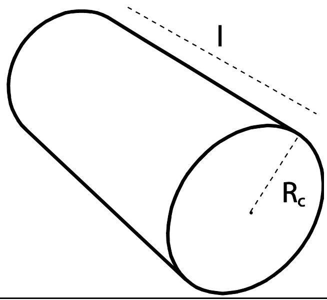

Fig 2: Ett plastfolieark hoprullat till en cirkulär cylinder med radien R_c och längden l.

Anta att en sådan cylinder pressas ihop som i fig 1(b). För en given kraft (F), beror hoptryckningen från jämviktsläget på elasticiteten hos plastfoliearket. För vissa värden på den pressande kraften får cylindern formen av ett stadion, dvs två räta linjer och två halvcirklar, båda med radien R_0. Man kan visa att energin för ett sådant sammanpressat system har minimum för

$$R_0^2 = \frac{l\kappa\pi}{2F}. \tag{2}$$

Kraften som mäts av vågen är kalibrerad till att mäta m, dvs $F = mg$, $g = 9.81$ m/s^2.

Experimentuppställning (problem 1)

Följande materiel som ska användas för problem 1 finns på ditt bord:

1. En press (tillsammans med ett stenblock – se separat instruktion vid behov)
2. En våg (mäter massor upp till 5000 g och har en tareringsfunktion – se separat instruktion vid behov)
3. Plastfolieark (alla ark är 21 cm x 29,7 cm, med tjocklek 200 µm för de blå, och 150 µm för det färglösa). Säg till om du behöver flera ark.
4. Tejp
5. Sax
6. Linjal med skala
7. En rektangulär träplatta (plattan ska placeras på vågen, med de hoprullade arken ovanpå plattan)

Uppställningen ska göras enligt fig 3. Den övre plattan i pressen kan flyttas upp eller ned med hjälp av en vingmutter, och kraften som pressen trycker med mäts av vågen (uttryckt som massa). (Den lilla aluminiumstaven hör till problem 2.)

Viktigt: Vingmuttern rör sig 2 mm när den vrids 360 grader.

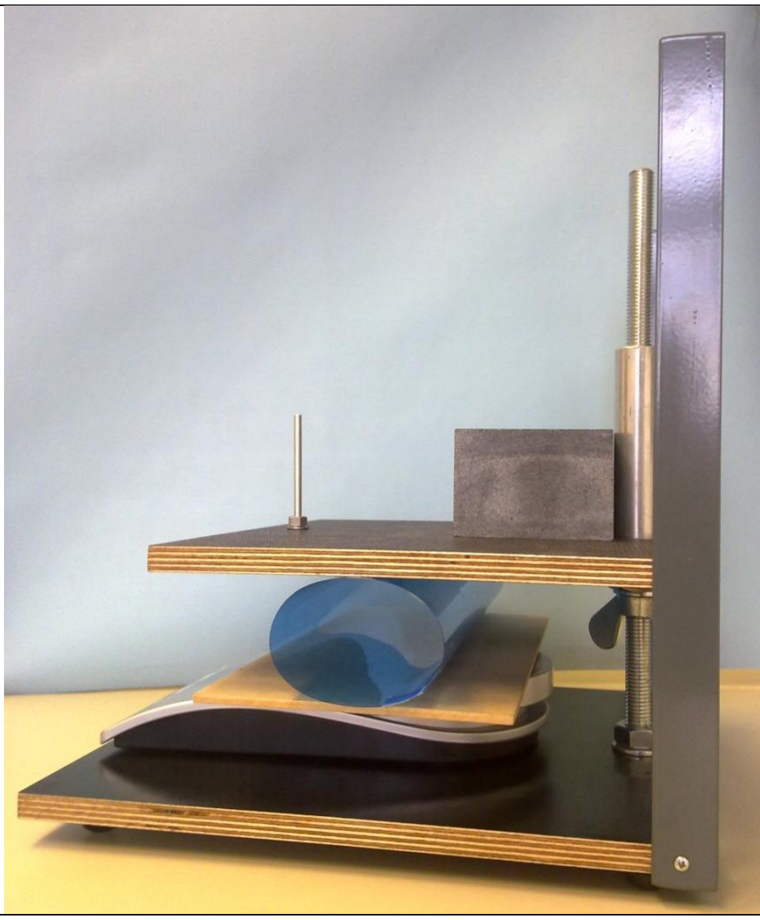

Fig 3. Foto av uppställning för mätning av böjstyvhet

Uppgifter

1. Rulla ihop två blå folieark till cylindrar, den ena längs långsidan, den andra längs kortsidan. Rekommenderat överlapp är 0,5 cm och använd tejp för att fixera dem.
   (a) För båda cylindrarna, mät avståndet mellan pressens plattor som funktion av den pålagda kraften. Skriv in mätningarna i svarsformuläret. (1,9 poäng)
   (b) Plotta mätningarna i lämpliga diagram. Med hjälp av linjal och ögonmått, drag linjer genom punkterna för att bestämma böjstyvheten κ för cylindrarna. Markera det område där det approximativa sambandet (stadionapproximationen) gäller. Uppskatta det värde på $\frac{R_0}{R_c}$ under vilket stadionapproximationen är giltig. Här är R_c radien hos de(n) obelastade cylindern (-arna) *(4,3 poäng)*

   Felanalys behövs ej.

2. Mät böjstyvheten för det färglösa foliearket. *(2,8 poäng)*
3. Böjstyvheten κ beror på Youngs elasticitetsmodul *Y* för det isotropa materialet och tjockleken *d* på foliearket som

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

där ν är materialets Poissonkvot; $\nu \approx 1/3$ för de flesta material. Från de tidigare mätningarna, bestäm Youngs modul för den blå resp. färglösa folien. (1,0 poäng)