

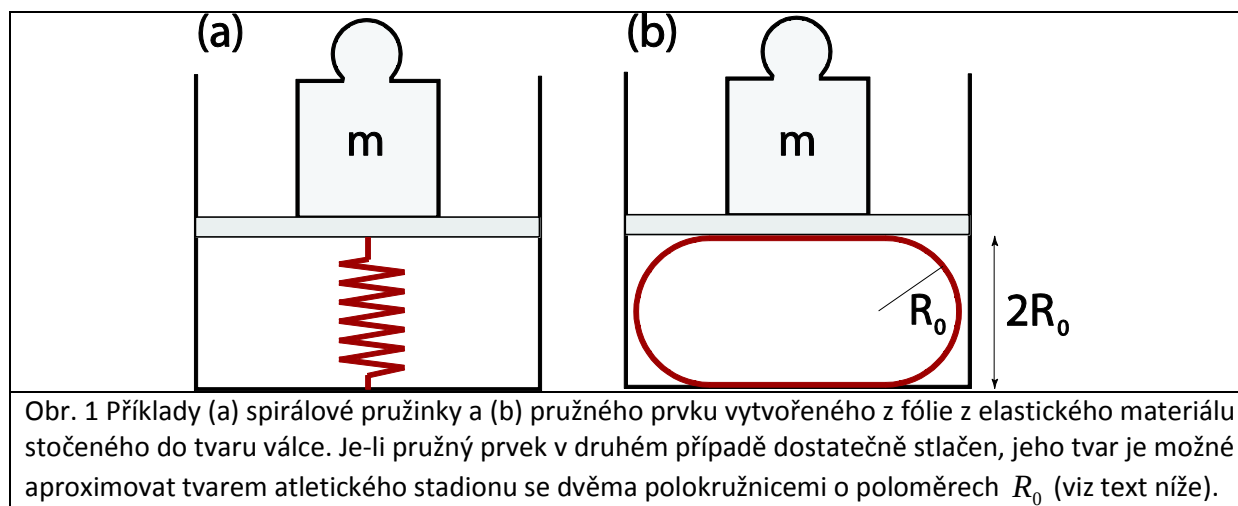
Experimentální problém 1

Budou zadány dva experimentální problémy. Aparatura na vašem stole bude použita při řešení obou problémů. Máte 5 hodin na řešení obou problémů (1 a 2).

Experimentální problém 1: Pružnost listů

Úvod

Pružné prvky jsou objekty z pružných (elastických) materiálů sloužící k uchování mechanické energie. Nejznámější pružné prvky -spirálové pružinky- lze dobře popsat Hookeovým zákonem, který říká $F = -k\Delta x$, kde k je tuhost pružiny, Δx je změna délky pružiny vzhledem k rovnovážné poloze a F je síla (viz obr. 1 (a)). Nicméně, pružné prvky mohou mít kromě běžných spirálových pružinek různé tvary. Navíc, Hookeův zákon pro ně obecně neplatí pro větší deformace. V tomto problému budete měřit vlastnosti pružného prvku vyrobeného z fólie z elastického materiálu, jak je schematicky nakresleno na obr. 1 (b).

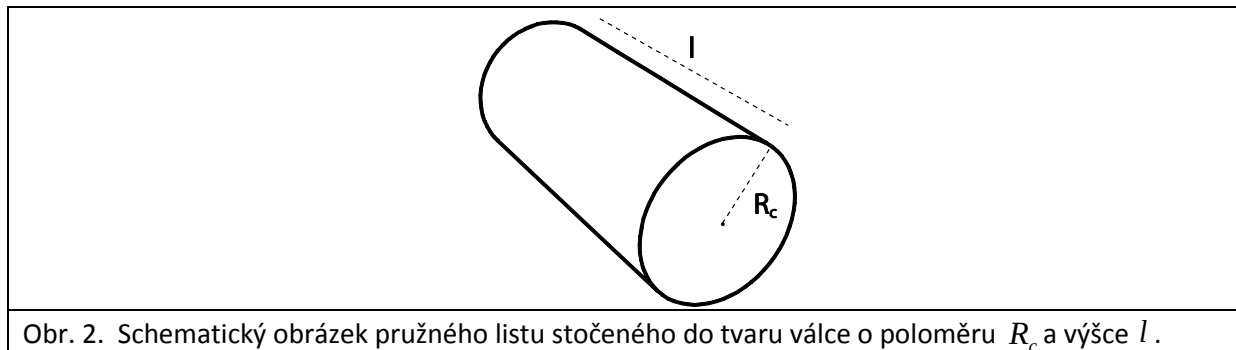


Průsvitná folie stočená do pružného prvku tvaru válce

Předpokládejme, že vezmeme list pružného materiálu (např. průsvitnou fólii) a ohnete ho. Čím více list ohnete, tím více elastické energie se v listu ukládá. Elastická energie závisí na zakřivení listu. Více zakřivené části akumulují více elastické energie, rovné části neuchovávají energii. Pružné prvky, které použijete v tomto experimentu, jsou vyrobeny z pravoúhlých průsvitných fólií stočených do tvaru válce (viz obr. 2). Elastická energie akumulovaná ve válci je

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

kde A značí plochu pláště válce (bez jeho podstav), R_c je jeho poloměr a parametr κ , zvaný *ohybová tuhost* je dán elastickými vlastnostmi materiálu a tloušťkou listu. Zanedbejme zde změny rozměrů listu, tj. obvodu podstavy a výšky. Mění se pouze tvar pružného elementu.



Obr. 2. Schematický obrázek pružného listu stočeného do tvaru válce o poloměru R_c a výšce l .

Předpokládejme, že takovýto válec je stlačen tak, jak je nakresleno na obr. 1 (b). Pro danou tlakovou sílu (F), závisí deformace na pružnosti průsvitné fólie. Pro jistý interval tlakových sil, tvar stlačené průsvitné fólie lze aproximovat tvarem atletického stadionu – tedy dvou úsečk a dvou polokružnic o poloměru R_0 . Lze ukázat, že energie stlačeného pružného prvku je minimální, pokud

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

(2)

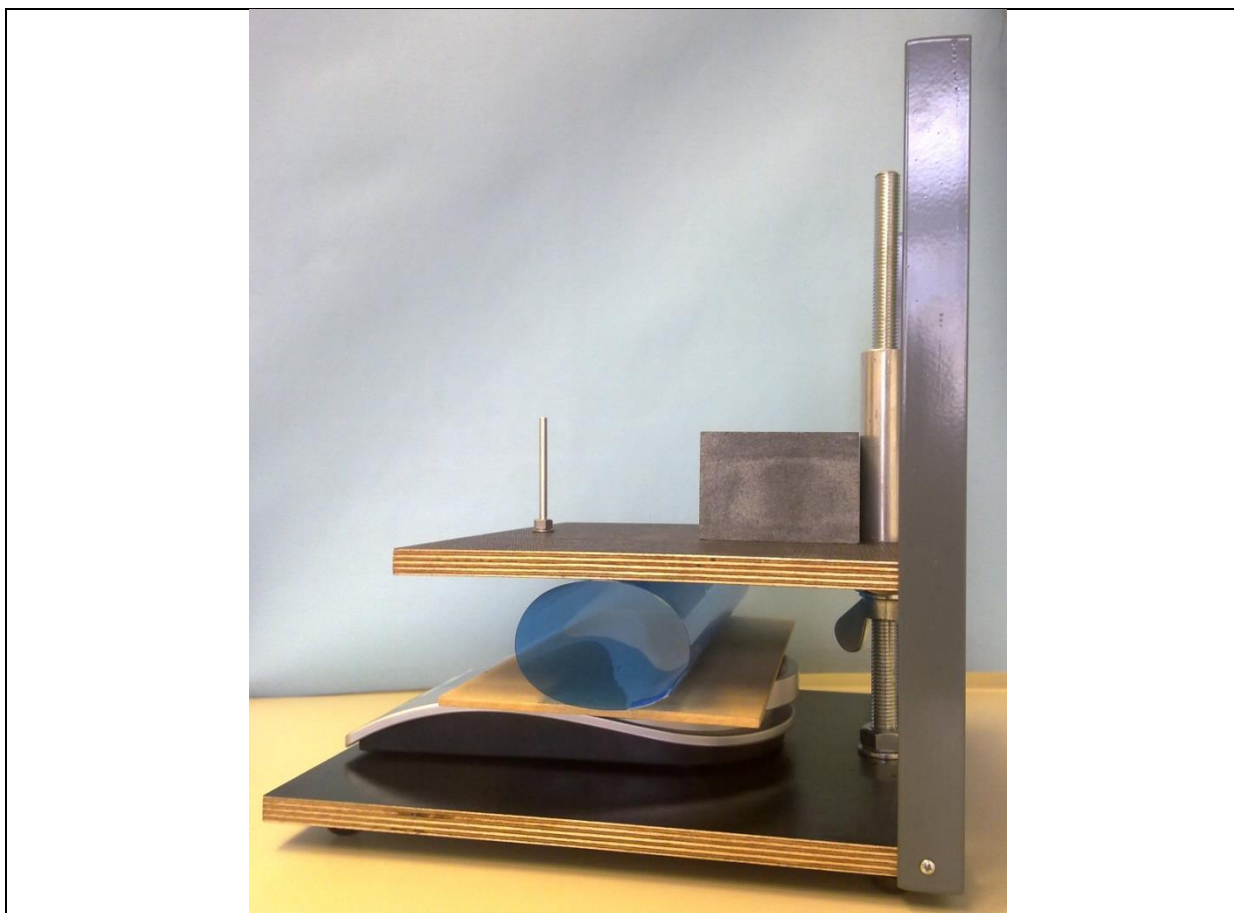
Sílu lze určit z údaje na vahách měřících hmotnost m , jako $F = mg$, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$.

Experimentální uspořádání (1. problém)

Následující pomůcky ležící na vašem stole použijete v 1. problému:

1. Zařízení připomínající lis, dále lis (společně s kamenným těžítkem); viz Pokyny k použití lisu
2. Váhy (měřící hmotnost do 5000g, mající funkci TARA, viz Pokyny k použití vah)
3. Průsvitné folie (všechny folie mají rozměr 21 cm x 29,7 cm, modré folie jsou silné 200 μm a bezbarvé 150 μm); pokud potřebujete další folie, můžete o ně požádat dozor
4. Lepicí páska (izolepa)
5. Nůžky
6. Pravítko s měřítkem
7. Pravoúhlá dřevěná deska (určená k položení na váhy; stočenou fólii budete pokládat na tuto desku)

Experiment připravíte dle obr. 3. Vrchní deskou lisu lze hýbat ve svislém směru pomocí křídlové matky. Sílu (hmotnost), kterou lis působí na fólii, lze měřit vahami. **DŮLEŽITÉ: Při otočení křídlovou matkou o 360° se matka posune o 2 mm.** (Malá hliníková tyčinka na listu se v 1. experimentu nebude používat.)



Obr. 3. Snímek experimentálního uspořádání pro měření ohybové tuhosti

Úlohy

1. Stočte dvě modré folie do tvaru válců, jednu podél delší strany, druhou podél kratší strany. Zafixujte válcovitý tvar lepicí páskou. Přesah okrajů fólie by měl být asi 0,5 cm.

(a) Pro oba válce změřte závislost hmotnosti odečítané na vahách na vzdálenosti obou desek lisu. (1,9 bodů)

(b) Vyneste svá měření do vhodných grafů. Pomocí pravítka a oka jako vodítka proložte v obou případech naměřenými body přímkou a určete ohybové tuhosti κ obou válců. Vyznačte výrazně oblasti, kde platí uvedený vztah (aproximace tvaru stadionu).

Odhadněte hodnotu podílu $\frac{R_0}{R_c}$, pod kterou platí aproximace tvaru stadionu, R_c značí poloměr nezdeformovaného válce (válců). (4,3 bodů)

Analýza chyb není v této úloze požadována.

2. Změřte jednou ohybovou tuhost bezbarvé jediné průsvitné fólie. (2,8 bodů)
3. Ohybová tuhost κ závisí na Youngově modulu pružnosti Y izotropního materiálu a na tloušťce průsvitné fólie d podle vztahu

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

kde ν is je Poissonův poměr materiálu, pro většinu materiálů je $\nu \approx 1/3$. Z předchozích měření určete Youngův modul pružnosti modré a bezbarvé průsvitné fólie. (1,0 bodů)