

---

**Turnaj mladých fyziků**  
**Fyzikální týmová soutěž středoškoláků**  
**2024-2025**

**Úloha č. 2. Air  
Muscle**

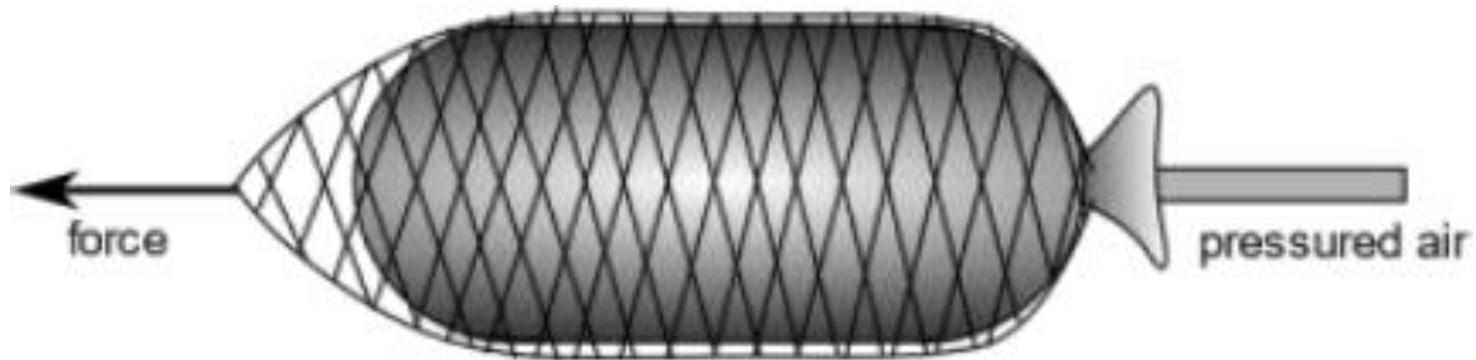
Natalia Podoliak, Fyzikální ústav  
[podoliak@fzu.cz](mailto:podoliak@fzu.cz)

---

---

## 2. Air Muscle

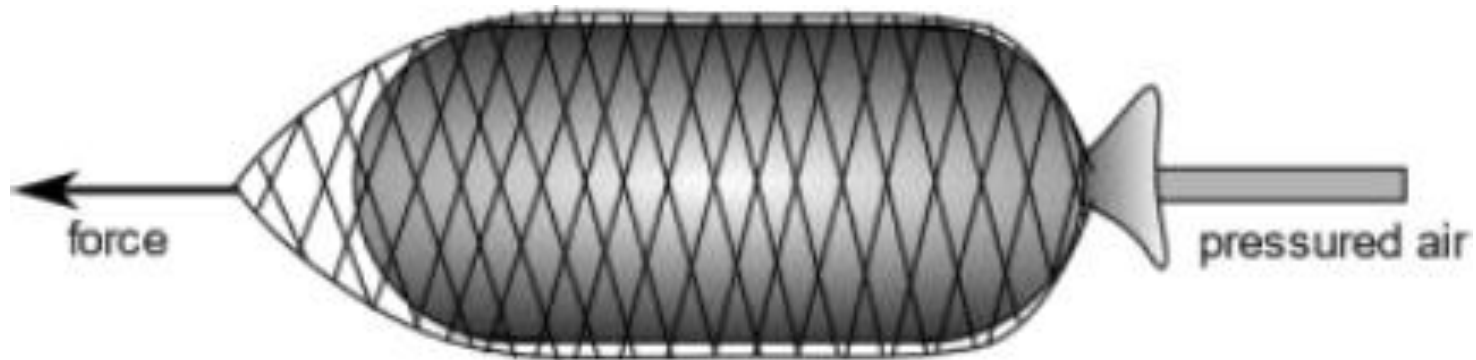
Place a balloon inside a cylindrical net (as is sometimes used to wrap garlic) and inflate it. The net will expand and shorten. Investigate the properties of such a “muscle”.



---

## 2. Vzduchový sval

Vložte do válcové sítky (jaká se někdy používá pro balení česneku) balónek a nafoukněte jej. Síťka se rozepne a zkrátí. Prozkoumejte vlastnosti takového „svalu“.



---

# Vzduchové svaly

Jsou přístroje, které fungují díky stlačování vzduchu. Pomocí změny tlaku vzduchu sval se natahuje nebo zkracuje. Byl vyvinut v roce 1950 pro použití v protézách.



---

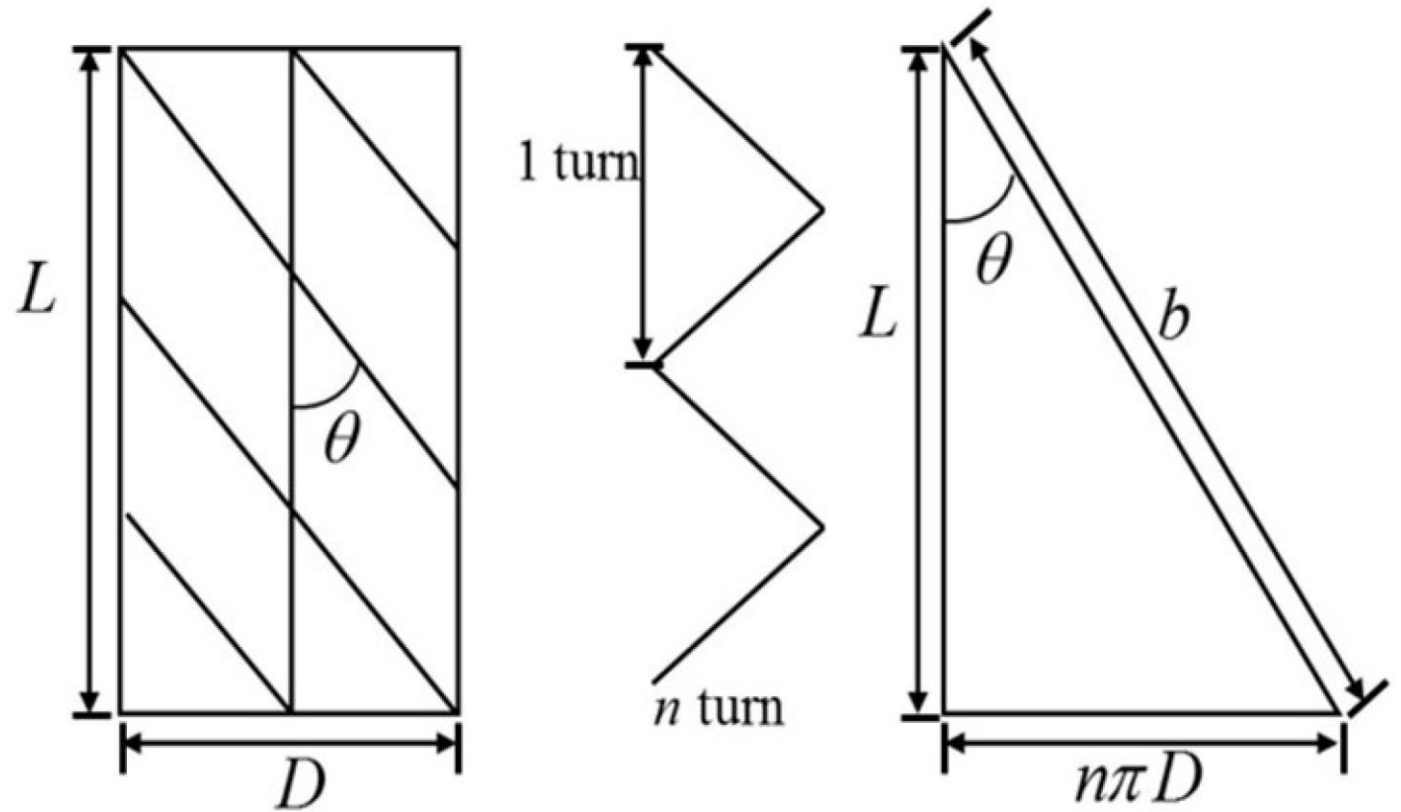
# Force Model of Pneumatic Artificial Muscle

Existuje hodně matematických modelů, které popisují vzduchový sval. Síla svalu záleží na:

- tlaku
  - vlastnostech použitých materiálů
  - rozměru svalu
-

# Geometrický model

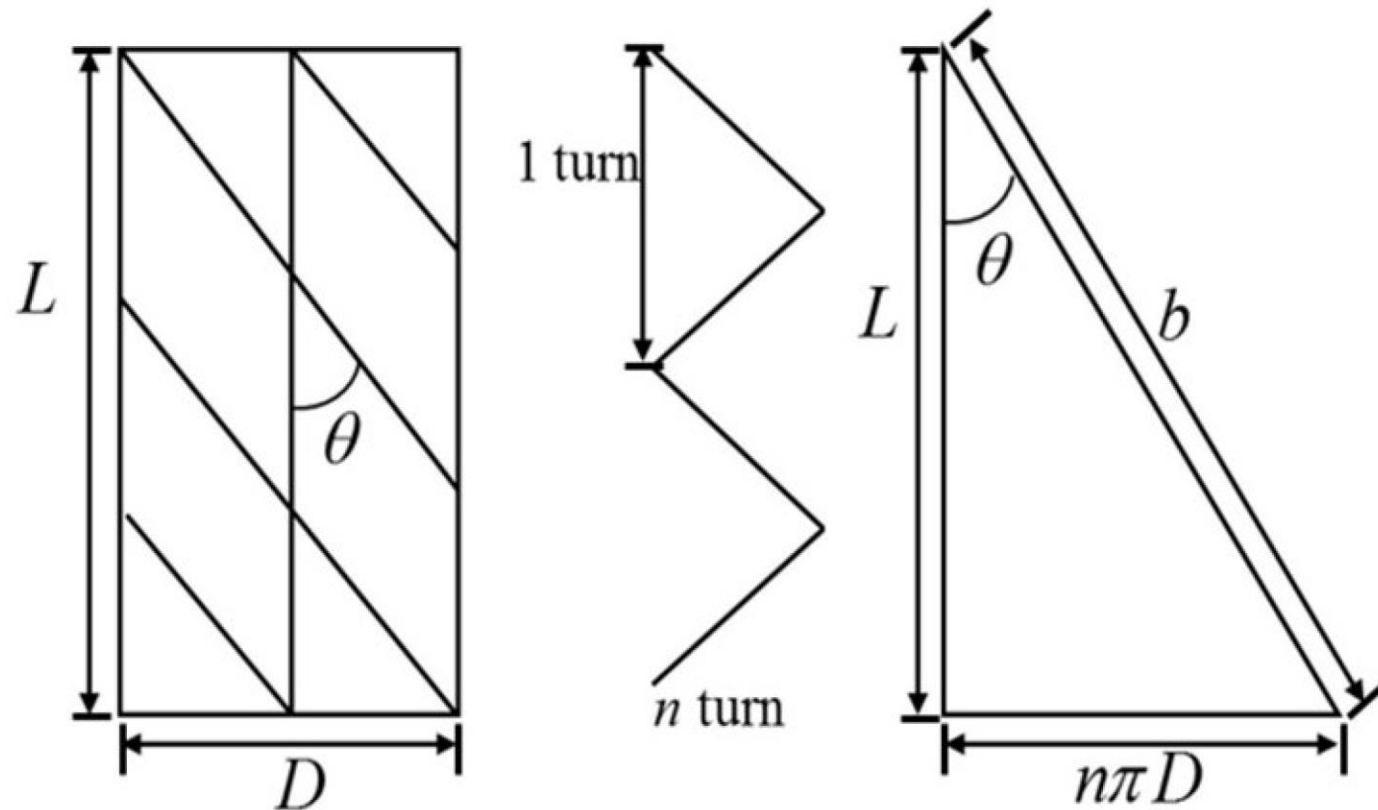
Nejjednodušší model Chou a Hannaforda. Sval se považuje za cylindr délky  $L$ , průměr  $D$ . Délka závitu je  $b$ , počet otáček  $n$  a úhel mezi závitem a dlouhou osou je  $\theta$



# Geometrický model

Ze zákona zachování energie, síla se počítá jako tlak  $P$  násobený změnou objemu na jednotku délky

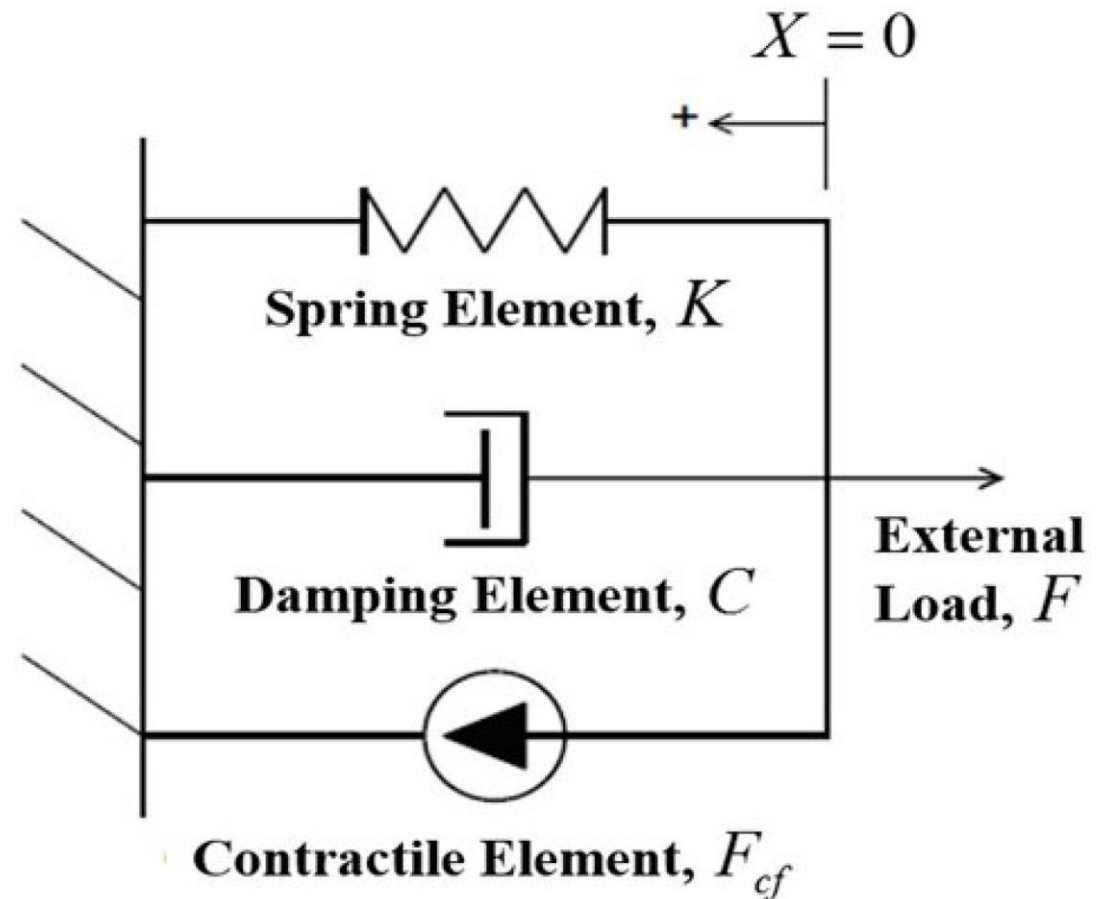
$$F_g = \frac{P b^2 \left( \frac{3L^2}{b^2} - 1 \right)}{4n^2 \pi}$$



# Biomechanický model

Model nabízený Serresem pro pochopení dynamiky svalu. Sval je modelován pomocí tři elementů:

- pružiny (spring)
- tlumení (damping)
- smršťivost (contractile)



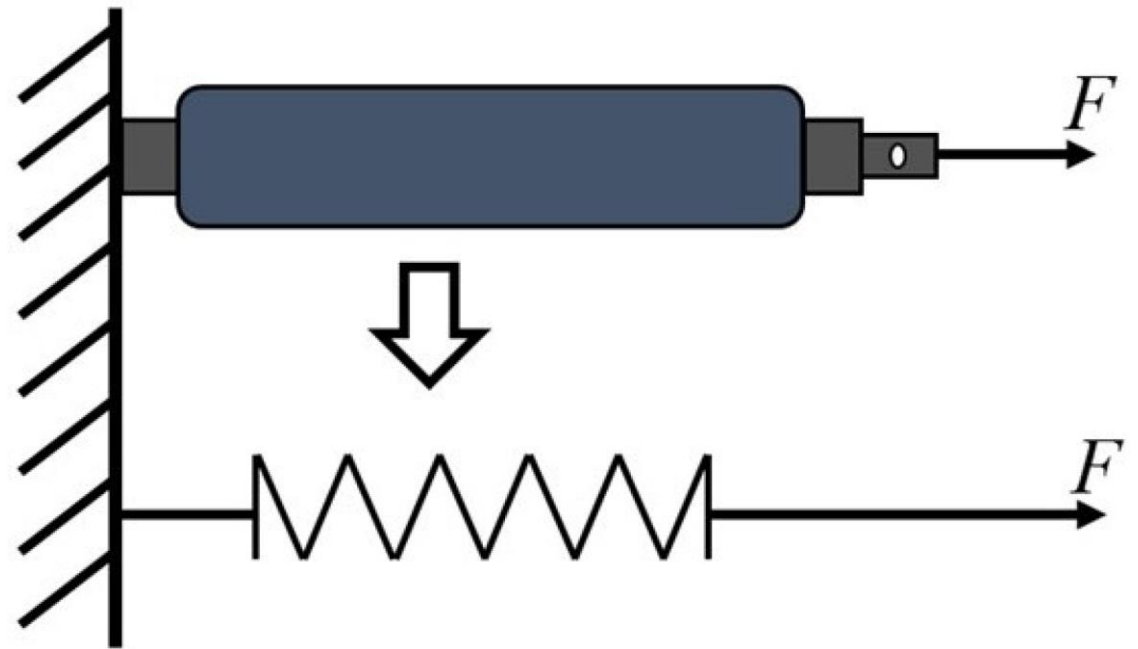


---

# Empirický model

Princip fungování je představený pomocí pružiny. Tuhost (stiffness) pružiny ( $K$ ) je stálá, ale tuhost vzdušného svalu se mění a záleží na tlaku,  $P$ , a délce roztaženého svalu,  $L_s$ .

$$F_{elastic} = K(P, L_s)L_s$$



---

# Příprava experimentu

<https://www.youtube.com/watch?v=pBKBAaW3ydE>



---

# Zdroje:

- [https://en.wikipedia.org/wiki/Pneumatic\\_artificial\\_muscles](https://en.wikipedia.org/wiki/Pneumatic_artificial_muscles)
  - B. Kalita, A. Leonessa, S. K. Dwivedy A review on the development of pneumatic artificial muscle actuators: force model and application
  - <https://www.youtube.com/watch?v=pBKBAaW3ydE>
-

---

# Hodně štěstí!

