

3.1.5 Pevnost v tahu

Předpoklady: 030104

Pomůcky: namnožené papírky s grafem

Pedagogická poznámka: Počítání s velmi malými čísly dělá žákům velké problémy. Je proto otázkou zda by nebylo lepší se vrátit k přístupu z učebnice Fyzika kolem nás a počítat pevnosti v N/mm^2 a teprve poté hodnoty převádět na MPa.

Poznámka: Graf s hodnotami pevnosti silonových vlasců, hodnoty materiálu Danyl i hodnoty měření domácí práce měření pevnosti silonu a nitě jsou převzaty se souhlasem autorů z učebnice Fyzika kolem nás III M. Rojko a kol.

Př. 1: Urči tlak, kterým působí na sněh:

- horolezec o hmotnosti 75 kg, který i s výstrojí o váží 90 kg, pokud si obul boty s podrážkou o ploše 320 cm^2 .
- běžkařka o hmotnosti 50 kg, pokud i s výbavou váží 56 kg a stojí na lyžích o ploše 2100 cm^2 .

a) horolezec o hmotnosti 75 kg, který i s výstrojí o váží 90 kg, pokud si obul boty s podrážkou o ploše 320 cm^2

$$S = 320 \text{ cm}^2 = 0,032 \text{ m}^2$$

$$m = 90 \text{ kg} \Rightarrow F_g = mg = 90 \cdot 10 \text{ N} = 900 \text{ N}$$

$$p = \frac{F}{S} = \frac{900}{0,032} \text{ Pa} = 28\,000 \text{ Pa}$$

Horolezec působí na sněh tlakem 28 000 Pa.

b) běžkařka o hmotnosti 50 kg, pokud i s výbavou váží 56 kg a stojí na lyžích o ploše 2100 cm^2

$$S = 2\,100 \text{ cm}^2 = 0,21 \text{ m}^2$$

$$m = 56 \text{ kg} \Rightarrow F_g = mg = 56 \cdot 10 \text{ N} = 560 \text{ N}$$

$$p = \frac{F}{S} = \frac{560}{0,21} \text{ Pa} = 2\,700 \text{ Pa}$$

Běžkařka působí na sněh tlakem 2 700 Pa.

Př. 2: Jakou silou musíme tlačit na nůž o ploše čepule $1,5 \text{ mm}^2$, aby ukrojil:

- máslo s pevností v tlaku 0,03 MPa,
- syrový brambor s pevností v tlaku 0,15 MPa.

V obou případech máme spočítat sílu \Rightarrow ze vzorce pro tlak vyjádříme sílu.

$$p = \frac{F}{S} \quad / \cdot S$$

$$F = pS$$

a) máslo s pevností v tlaku 0,03 MPa

$$S = 1,5 \text{ mm}^2 = 0,00015 \text{ m}^2$$

$$p = 0,03 \text{ MPa} = 30\,000 \text{ Pa}$$

$$F = pS = 30\,000 \cdot 0,00015 \text{ N} = 4,5 \text{ N}$$

Na nůž musíme působit silou 4,5 N.

b) syrový brambor s pevností v tlaku 0,15 MPa

$$S = 1,5 \text{ mm}^2 = 0,00015 \text{ m}^2$$

$$p = 0,15 \text{ MPa} = 150\,000 \text{ Pa}$$

$$F = pS = 150\,000 \cdot 0,00015 \text{ N} = 22,5 \text{ N}$$

Na nůž musíme působit silou 22,5 N.

Př. 3: Osobní automobil Škoda Octavia má hmotnost 1,3 tuny, jeho posádka včetně nákladu váží 450 kg. Jak velkou plochou se dotýkají pneumatiky silnice, pokud v nich je tlak 220 000 Pa?

$$m = 1300 + 450 \text{ kg} = 1750 \text{ kg}$$

$$p = 220\,000 \text{ Pa}$$

$$p = \frac{F}{S} \quad / \cdot S$$

$$pS = F \quad / : p$$

$$S = \frac{F}{p} = \frac{17\,500}{220\,000} \text{ m}^2 = 0,080 \text{ m}^2$$

Pneumatiky se dohromady dotýkají země plochou 0,080 m².

Ne vždy na materiály tlačíme. Často na ně něco zavěšujeme – síla je poté natahuje a materiál musí tento tah vydržet.

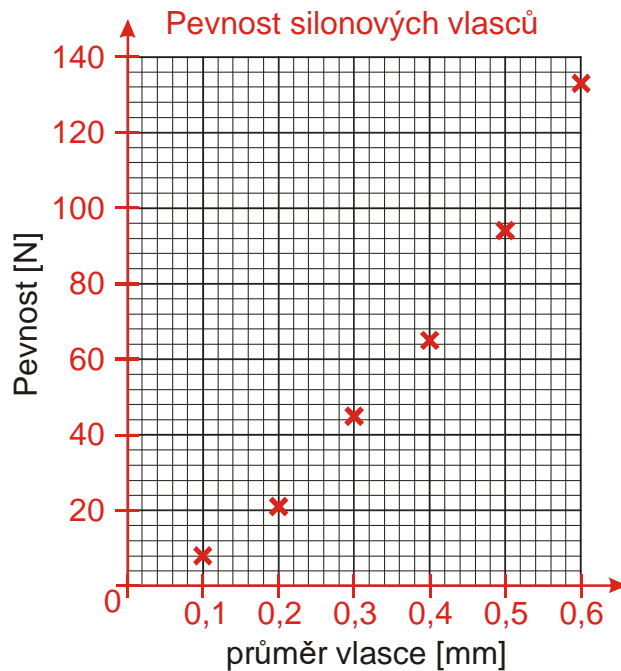
Nejčastějším příkladem jsou různá lana, vlasce, nitě, závěsy, ...

Největší hodnota tlaku, při kterém se materiál ještě nepřetrhne, se označuje jako **pevnost v tahu** (a opět se udává v MPa).

Pedagogická poznámka: Následující příklad nechávám nejdříve bez komentáře, po několika minutách nabízím tabulku. Na začátku řešení je dobré zkontrolovat hodnoty odečtené z grafu. V průběhu řešení příkladu je třeba počítat s problémem s kalkulačkami, které udávají výsledky v exponenciálním tvaru.

Př. 4: Na grafu jsou zachyceny pevnosti silonových vlasců různé tloušťky. Vypočtete pevnost v tahu silonu ve všech případech. Co je na výsledku zajímavé? Plochu kruhu

je možné spočítat podle přibližného vzorce $S = 0,79 \cdot d^2$, kde d je průměr kruhu.



Z grafu můžeme odčíst hodnoty průměrů vlasců (z nich můžeme vypočítat jejich průřezy) a hodnoty pevnosti (síly, která vlasec přetrhne).

Průměr [mm]	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Pevnost [N]	8	21	45	65	90	133

K určení pevnosti v tahu potřebujeme znát plochu (průřez) vlasce. Velikosti průřezu budeme psát do třetí řádky.

$$S = 0,79 \cdot d^2 = 0,79 \cdot 0,0001^2 \text{ m}^2 = 0,000000079 \text{ m}^2$$

Pevnost v tahu pak určíme dosazením do vzorce

$$p = \frac{F}{S} = \frac{8}{0,000000079} = 1\,020\,000\,000 \text{ Pa} = 1020 \text{ MPa}$$

Stejný způsobem pak spočteme hodnoty do všech ostatních sloupců.

Celá tabulka

Průměr [mm]	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Pevnost [N]	8	21	45	65	90	133
Průřez [m^2]	0,000000079	0,00000031	0,00000071	0,00000126	0,00000198	0,00000284
Pevnost v tahu [MPa]	1020	670	630	510	480	470

Zajímavost: Ačkoliv jsou všechny vlasce ze stejného materiálu, jejich pevnost není stejná (s rostoucím průměrem vlasce se snižuje).

Proč se s průměrem snižuje pevnost v tahu?

Všechny materiály obsahují i nečistoty a vady. Jakmile se jednoduší materiál natrhne, v místě natržení se trhá dál až do úplného přetržení.

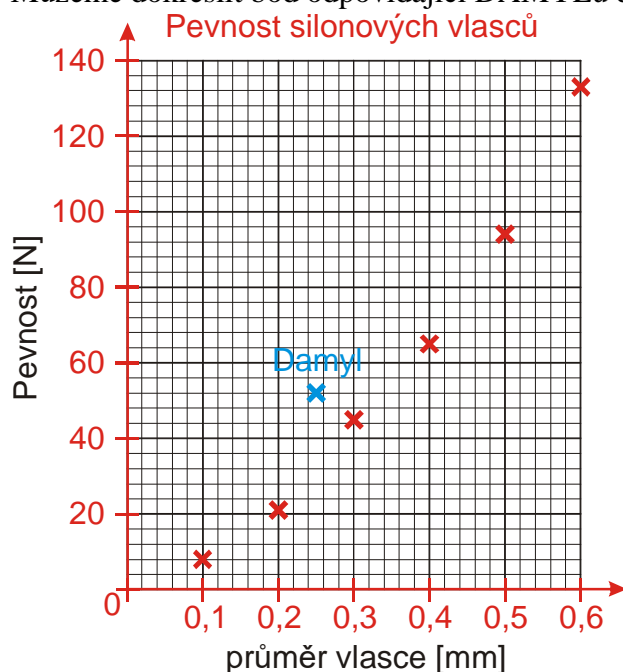
Př. 5: Jak se dělají lana? Proč?

Lano není z jednoho kusu jak silonový vlasec, ale splétá se z více vláken. Hlavní výhoda: pokud se natrhne jedno vlákno, neznamená to přetržení celého lana. Druhá výhoda: lano spletené z vláken je ohebnější.

Dodatek: Často je konstrukce ještě složitější – vlákna se spletou dohromady do svazku, konečné lano se pak splete z několika svazků. U mnoha lan se používají různé druhy vláken – z pevnějších vláken se splete vnitřek (jádro lana), spletený vnitřek se pak oplete vlákny, která mají větší odolnost oproti otěru.

Př. 6: Jiným materiálem pro výrobu vlasců je DAMYL. Na popisce stojí 0,25 mm, 500 m, 5,3 kg. Je pevnější než silon? Zjisti bez výpočtu.

Můžeme dokreslit bod odpovídající DAMYLU do grafu.



Křížek odpovídající Damylu je výše než okolní křížky pro silon \Rightarrow při stejném průměru praskne po působení větší síly \Rightarrow pevnost Damylu je větší než pevnost silonu.

Př. 7: Znamená 5,3 kg na popisce DAMYLU, že na tento vlasec je možné chytat rybu o hmotnosti 5,3 kg?

Zřejmě ne. Silou 53 N by ryba na vlasec působila pouze v případě, že by bezvládně vysela. Pokud bude sebou cukat a bojovat o život bude v některých okamžicích působit zřejmě větší silou a vlasec přetrhne.

Př. 8: Prohlédni si zápis, který provedla Dana Štiková o své domácí práci. Vysvětli, jak postupovala. Jak měřila průměr nitě (silonu)? Jak bys provedl toto měření bez siloměru?

Potřeby: silonový vlasec, nit, siloměr do 20 N, tužka, měřítko

Výsledky:

Na 50 závitů nitě připadá 12 mm, průměr nitě 0,24 mm.

Na 50 závitů silonu připadá 8 mm, průměr silonu 0,16 mm.

Silon se přetrhnul při 8 N, 7 N, 8 N, 8 N, 6 N, průměr 7,4 N.

Nit se přetrhla při 10 N, 12 N, 10 N, 11 N, 11 N, průměr 10,8 N.

$$\text{Pevnost silonu: } p = \frac{F}{S} = \frac{10,8}{0,79 \cdot 0,000\,000\,0016^2} = 530\,000\,000 \text{ Pa} = 530 \text{ MPa} .$$

$$\text{Pevnost nitě: } p = \frac{F}{S} = \frac{7,4}{0,79 \cdot 0,000\,000\,0024^2} = 160\,000\,000 \text{ Pa} = 160 \text{ MPa} .$$

Silon je přibližně 3 krát pevnější než bavlna.

Dana natočila 50 závitů nitě okolo tužky těsně vedle sebe a změřila délku 50 závitů a dělením tak získala průměr jednoho závitu.

Potom siloměrem několikrát přetrhla siloměrem nit a tak změřila jejich pevnost. Dosazením do vzorce pak spočítala pevnost v tahu.

Siloměr by bylo možné nahradit například lahví, co které by se dolévala voda. Změřením objemu dolité vody bychom zjistili její hmotnost a tím i sílu, kterou působila na nit.

Žáci přinesou příště: Odhadni materiálu s největší pevností v tahu a změř jeho pevnost v tahu.

Shrnutí: Pevnost v tahu je největší hodnota tlaku, při kterém se natahovaný materiál ještě nepřetrhne.