

## (Ne) překotný hranol

JIŘÍ KVAPIL

Gymnázium, Olomouc-Hejčín, Tomkova 45; [kvapil@gytool.cz](mailto:kvapil@gytool.cz)

V tomto příspěvku si ukážeme, jak si učitel může poměrně snadno vyrobit nepřekotný a překotný hranol, na čem jejich "(ne)překotnost" závisí a k čemu je dobré dát žákům k prozkoumání oba dva.

### Překotný hranol – známá školní pomůcka

Téměř v každém fyzikálním kabinetu můžeme najít školní pomůcku „Překotný hranol“. Pomůcka je určena k výkladu stability tělesa vzhledem k poloze těžiště nad základnou. Pro větší didaktickou názornost je v polovině své výšky vybavena „mezipatrem“, z jehož středu – těžiště celého hranolu – je zavěšena malá olovnice, jak je vidět např. v [1] nebo v [2]. Podmínka labilní polohy (překocení) je zde krásně viditelná.

Pro účely bádání žáků nad fyzikálními jevy a samostatné hledání zákonitostí se tento hranol příliš nehodí a nejspíše pro něj ani nebyl určen. Je však skvělý jako viditelné potvrzení výkladu učitele: „Ano, žáci, vidíte, že jsem měl (opět ☺) pravdu...“, nebo prokázání správnosti podmínek stability navržených žáky.

### Kde se vzal nápad na „nepřekotný hranol“

Předchozí odstavec možná vzbuzuje dojem, že můj příspěvek vznikl na základě racionální úvahy nad tím, jak přiblížit problematiku stability tuhého tělesa žákům badatelskou metodou. Opak je pravdou. Nešlo o žádný kalkul, prostě mi zbyl nějaký materiál a čekalo mě setkání regionálního centra Olomouc v projektu Elixír do škol, který vznikl díky podpoře Nadace Depositum Bonum. Tématem setkání bylo „Těžiště a stavební konstrukce“ a já hledal, jakou užitečnou pomůcku bychom si mohli vyrobit. Materiál, který jsem měl k dispozici, se dle mého výborně hodil na výrobu překotného hranolu, proto jsem se pustil do jeho realizace. Teprve v průběhu mé uspěchané práce mi došlo, že vyrábím hranol nepřekotný.

*Nepřekotný hranol se pozná tak, že jeho přední stěna má tvar čtverce, a vyznačuje se tím, že se „nechce“ překotit.*

## Nepřekotný hranol – jak na to?

### Materiál

8 stejných lišt na hrany přední a zadní stěny hranolu – osvědčily se ústní lžičky nebo bukové třísky (kde koupit viz níže); 4 ks stejných dřevěných tyček (např. délka 10 cm, průměr 6 mm) na zbývající hrany

### Nářadí

Vrtačka, vrták do dřeva průměru dřevěné tyčky, smirkový papír na dřevo, řezací nůž či pilka, pásmo nebo jiné délkové měřidlo, tužka, disperzní lepidlo (v případě použití ústních lžiček)

### Nákup materiálů

Jako lišty jsem použil balení „Lžička ústní dřevěná 100ks (Batist)“. Ústní lžičky lze koupit v lékárnách nebo ve zdravotnických potřebách (někdy jen na objednávku). Jedno balení na <https://www.lekarnaave.cz/lzicka-ustni-drevena-100ks-batist-> stálo v době psaní příspěvku 32 Kč.

Kvalitnější a všestrannější materiál jsou ale dle mého názoru bukové třísky neboli bukové podpalovací lamely, které jsem s úspěchem vyzkoušel také. Čtyři balení podpalovacích lamel jsem zakoupil na webu <http://www.bukovebrikety.cz/podpalovaci-trisky>, v roce 2017 stálo 350 Kč včetně dopravy. Jedno balení má přibližně 5 kg a obsahuje asi 520 ks krásně a přesně řezaných lamel.

Dřevěné tyčky se dají koupit téměř v každém železářství či potřebách pro nábytkáře pod názvem *čepovka*. Bývá hladká či vroubkovaná, já jsem použil hladkou, vroubkovanou jsem nezkoušel. Podle průměru se prodávají v délkách 60 či 80 cm, ale to asi také závisí na dodavateli.

### Postup sestavení s ústními lžičkami

Osvědčilo se mi nejprve konce lžiček namočit do disperzního lepidla a nechat zaschnout (obr. 1). Díky tomu lžičky tolik nepraskají při vrtání otvorů a prostrkování tyček.

Z čepovky si nařežeme čtyři dřevěné tyčky stejné délky, sám jsem vyzkoušel 8 cm i 10 cm. Konce začistíme smirkovým papírem. Po zaschnutí lepidla si na obou koncích každé lžičky označíme střed oblouku lžičky a vyvrtáme otvor o průměru dřevěné tyčky (6 mm). Celkem tedy vyvrtáme 16 otvorů, zbytečně je nezvětšujeme opakovaným projetím vrtáku. Lepidlo po vrtání zanechává trčící kousky, které odřízneme nožem. Nyní už stačí prostrčit tyčky otvory a sestavit tak nepřekotný hranol (obr. 2).



Obr. 1 Zpevnění ústních lžiček disperzním lepidlem



Obr. 2 Nepřekotný hranol sestavený z ústních lžiček  
(bez zpevnění okrajů lepidlem)

### **Postup sestavení s bukovými třískami – podpalovacími lamelami**

Výsledný hranol je větší, protože lamely jsou delší. Postup je stejný, jen není nutné zpevňovat okraje lamel lepidlem. Otvor na prostrčení dřevěných tyček jsem nejprve rozměřoval tak, aby se při náklonu do strany hranol nezvedal o rohy pobočných lamel. V další verzi jsem však otvory vyvrtal jako středy pomyslného čtverce umístěného na okraji lamely – šířka lamely je 16 mm, střed otvoru jsem tedy umístil na podélnou osu lamely 8 mm od jejího konce. Pokud se podaří sestavit takový hranol dostatečně přesně, při téměř krajním náklonu se objeví pěkný efekt polopřekocení a překvapivé rovnováhy...

### **Překotný hranol – jak na to?**

Z výše uvedeného je asi zřejmé, že pro výrobu překotného hranolu lze znovu použít stejný postup, jen je třeba zajistit, aby byla přední stěna hranolu tvaru obdélníku. Jako materiál doporučuji 6 bukových lamel, které upravíme takto: 4 kusy ponecháme v původní délce, 2 další kusy přičně nařežeme na poloviční délky. Poté pokračujeme původním návodem – vrtáním otvorů (obr. 3 – použitý průměr 4 mm).

Kratší lamely budou s dřevěnými tyčkami tvořit dolní a horní základnu, dlouhé pak vytvoří boční hrany. Na Obr. 4 je vidět takový hranol (s otvory vrtanými ještě excentricky, průměr 4 mm). Hranol úmyslně nemá „mezipatro“ zmiňované v prvním odstavci tohoto příspěvku.



Obr. 3 Vlevo materiál na překotný hranol, vpravo po řezu a vrtání (ještě excentricky)



Obr. 4 Překotný hranol z bukových lamel, uprostřed sklopený, vpravo překocení

## Údržba

Může se stát, že tyčky v otvorech málo třou a hranol při menším náklonu povolí a padá. Na zvýšení tření dobře funguje potřetí tyček v místě spoje práškovou kalafunou a zřejmě i vyšší vlhkost – jeden z mých hranolů se asi „zatahl“ jako staré necky. Pokud nepomůže ani to, je třeba vyměnit některý z dílů, nebo si pomoci těsněním, zaschlou vrstvou lepidla v otvoru apod.

## Práce žáků s (ne)překotnými hranoly

Problém se stabilitou překotného a nepřekotného hranolu navrhuji zařadit buď jako motivační úlohu na začátek tématu Mechanika tuhého tělesa, nebo na začátek kapitoly Stabilita tuhého tělesa, nejsou to však jediné možnosti.

Jestliže žákům experimentálně předvedeme, že se jeden z hranolů při náklonu překotí a druhý nepřekotí, zaujme je to, protože řešení či zdůvodnění není na první pohled zřejmé. Někteří mají potřebu přesvědčit se výsledku experimentu vlastníma rukama. Necháme-li jim prostor pro tvoření hypotéz a návrhů na jejich ověření, posune se jejich práce na vyšší úroveň. Samozřejmě je dobré být připraven na realizaci jejich návrhů a řešení jim předčasně neprozradit. Na závěr doporučuji předvést originální překotný hranol s „mezipatrem“ a malou olovnicí, který je průkazný pro potvrzení správného řešení problému. Pokud učitel k dispozici originální pomůcku nemá, je dobré si vyrobit ještě další překotný hranol vybavený olovnicí zavěšenou v jeho těžišti, případně si olovničku s „mezipatrem“ vyrobit jako příslušenství, které se dá do překotného hranolu zavěsit.

## Literatura

[1] Obrázek překotného hranolu:

[http://kdfls1.troja.mff.cuni.cz/~janek/fyzwiki/lib/exe/fetch.php/mechanika/tuhe\\_teleso/teziste\\_a\\_rovnovazna\\_poloha/prekotny\\_hranol\\_1\\_p6210053\\_.jpg?w=200&tok=e14e3b](http://kdfls1.troja.mff.cuni.cz/~janek/fyzwiki/lib/exe/fetch.php/mechanika/tuhe_teleso/teziste_a_rovnovazna_poloha/prekotny_hranol_1_p6210053_.jpg?w=200&tok=e14e3b)

[2] <http://www.fyzika007.cz/mechanika/rovnovazna-poloha-tuheho-telesa>

[3] Piskač V.: *Překotná krabíčka*, In: web Fyzikální šuplík, 3. 9. 2017, přímý odkaz:

[http://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/mechanika/prekotna\\_krabicka.pdf](http://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/mechanika/prekotna_krabicka.pdf)

[4] Piskač V.: *Skládání kostek*, In: web Fyzikální šuplík, 3. 9. 2017, přímý

odkaz: [http://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/mechanika/skladani\\_kostek.pdf](http://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/mechanika/skladani_kostek.pdf)