

# SKLÁDÁNÍ KOSTEK

Václav Piskač, Brno 2014

V obchodech se dřevěnými hračkami je možné koupit krabici plnou stejně velkých dřevěných kostek (buďto v barvě dřeva nebo barevně lakované). Koupil jsem krabici 200 kostek o rozměrech 120x24x8 mm za 670 Kč.

S tímto počtem kostek si pohrají děti od mateřské školky až po studenty odborné fyziky. Na následujících stránkách popisují některé z možných činností.

## 1. Stavba věže

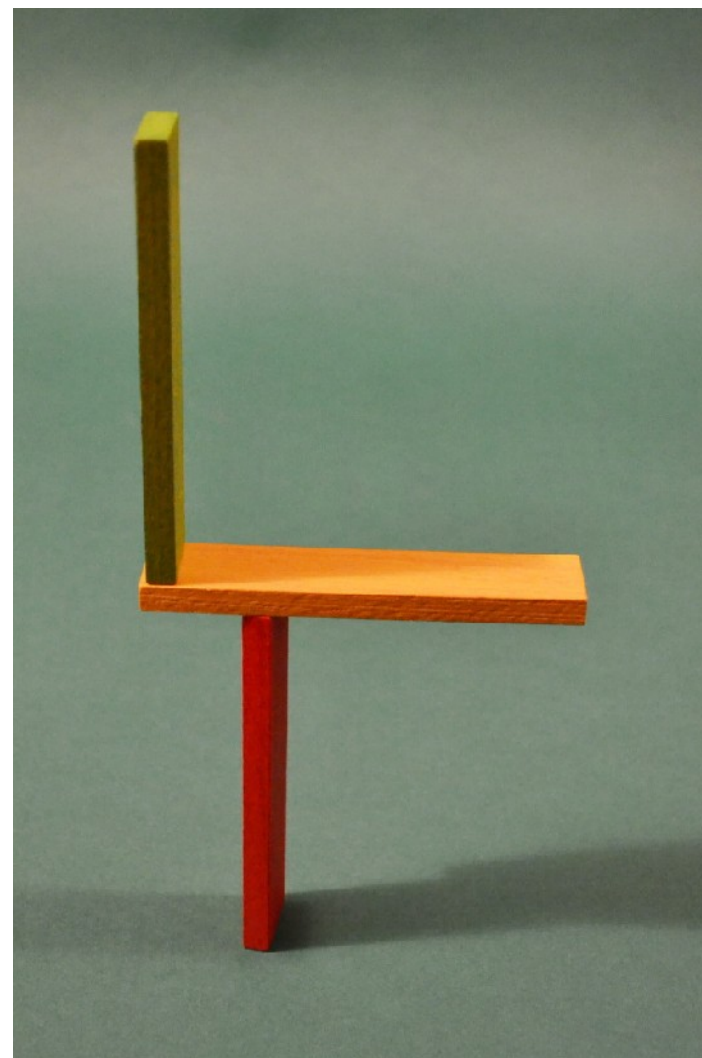
Žákům sdělíme, že cílem jejich práce je postavit věž z kostek o výšce 140 cm. Každá skupina dostane 20 kostek, aby si otestovali možnosti stavby. Po 10 minutách úvah každá skupina napíše na papír, kolik budou ke stavbě věže potřebovat kostek. Stavět začíná skupina, která navrhuje nejmenší počet kostek. Je dost pravděpodobné, že jejich stavba se po chvíli zřítí. V ten okamžik začíná stavět skupina, které podle návrhu stačí druhý nejmenší počet kostek. Po jejich neúspěchu pokračuje třetí skupina, ... Mám ověřené, že zbytek třídy trpělivě čeká, kdy se skupině, která je „na tahu“, věž zřítí.

Tato činnost není vhodná pro běžnou vyučovací hodinu, ale občas se vyskytnou suplovací hodiny, projektové dny ...

## 2. Hledání těžiště

Každá skupina žáků dostane 3 kostky. Jednu postaví na stůl do svislé polohy a druhé dvě mají položit na tuto kostku podle načrtnutého schématu.

Až se jim to podaří, stavbu rozeberou a spočítají, kde musí být horní dvě kostky podepřeny, aby stavba nepadla. Po výpočtu si polohu vyznačí a ověří, jestli jejich výpočet byl správný.

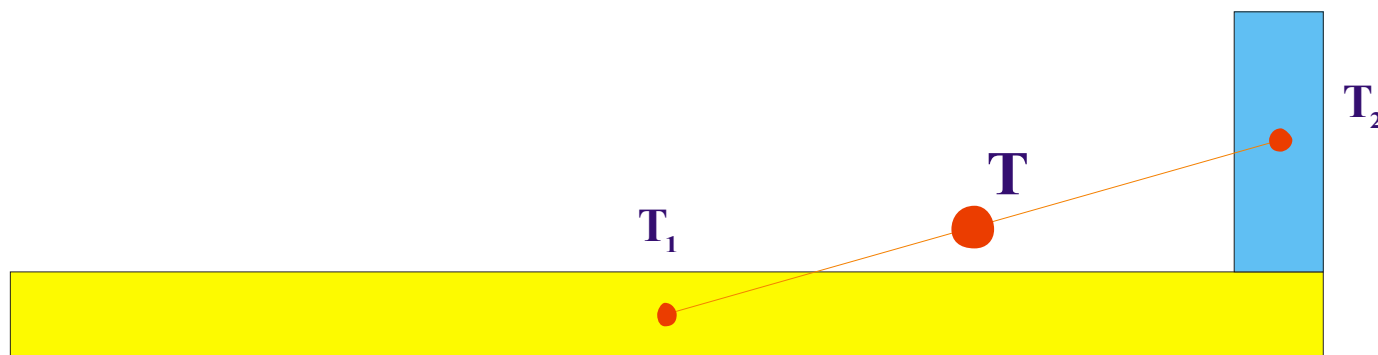


Výpočet není náročný. Předpokládáme, že kostky jsou homogenní, tj. těžiště leží v jejich geometrickém středu. Všechny jsou stejně těžké, takže těžiště soustavy dvou kostek leží na středu spojnice těžišť.

Z daných rozměrů kostek plyne, že společné těžiště soustavy leží 32 mm od okraje žluté kostky.

Při ověřování výpočtu se chyba v řádu milimetru neprojeví (tj. kostky nespadnou).

Obdobně lze počítat situace, kdy na kraji žluté kostky leží dvě, tři a více kostek, a ověřovat výpočty experimentálně.

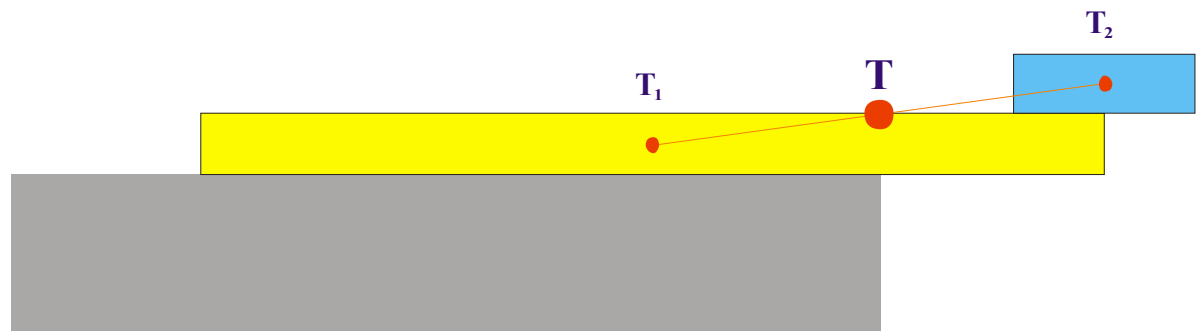


### 3. Vysouvání kostek

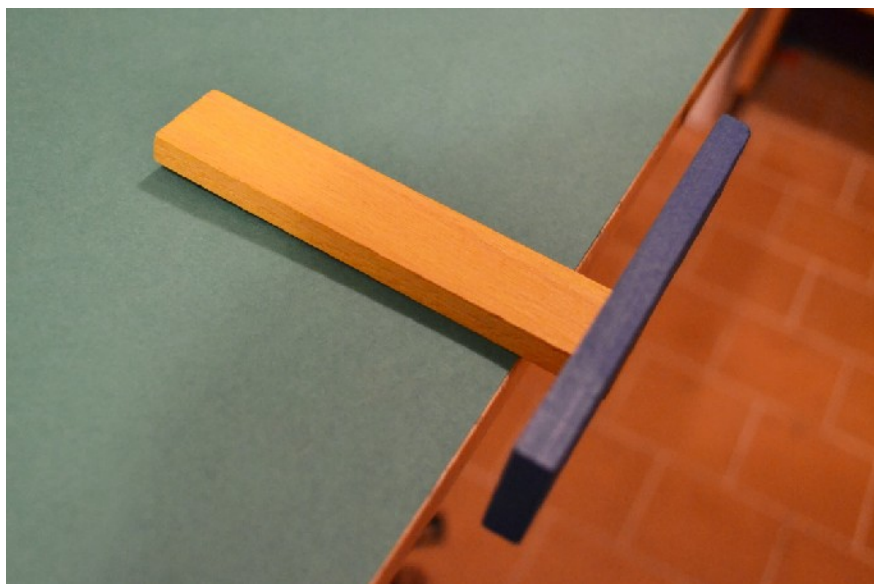
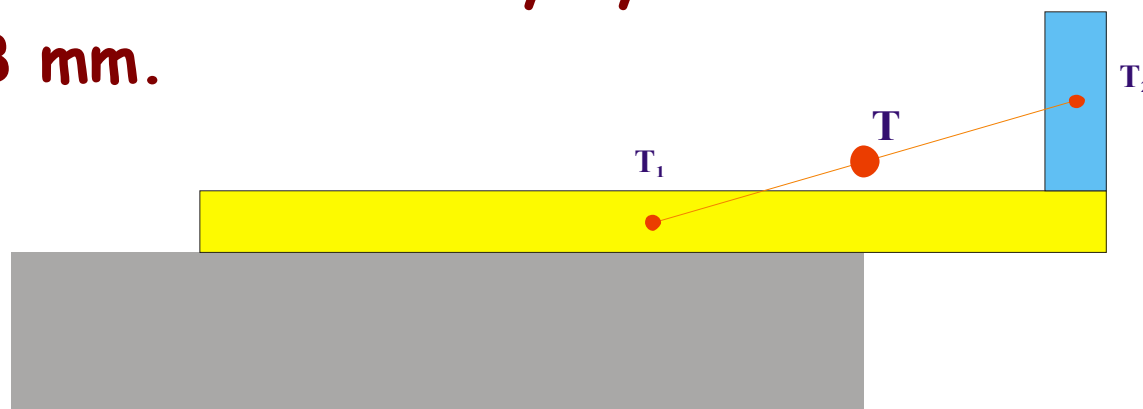
Dalším z úkolů je vzít dvě kostky a dát je na okraj stolu tak, aby střed jedné z nich byl co nejdál od okraje stolu. (Další možností je hledat, kdy je okraj kostky co nejdál od okraje stolu, tato verze se ale o něco hůř počítá.)

Poté, co žáci změří své výsledky, rozebereme situaci teoreticky. Nejprve začneme variantou, kdy kostky leží v labilní poloze.

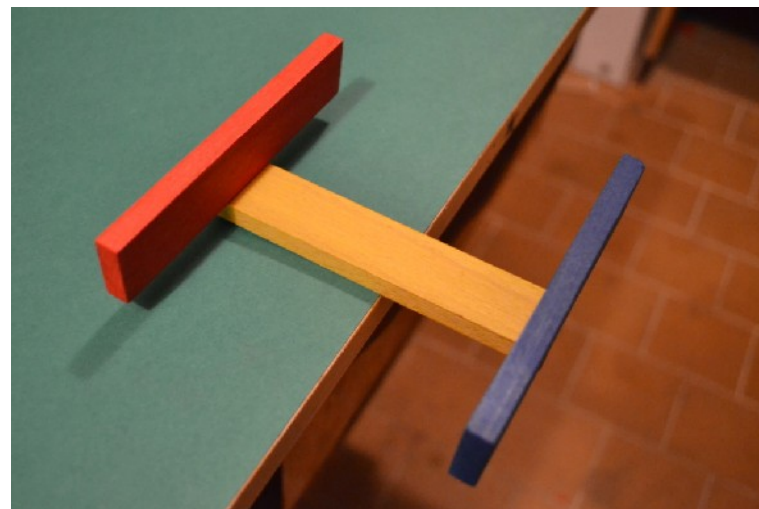
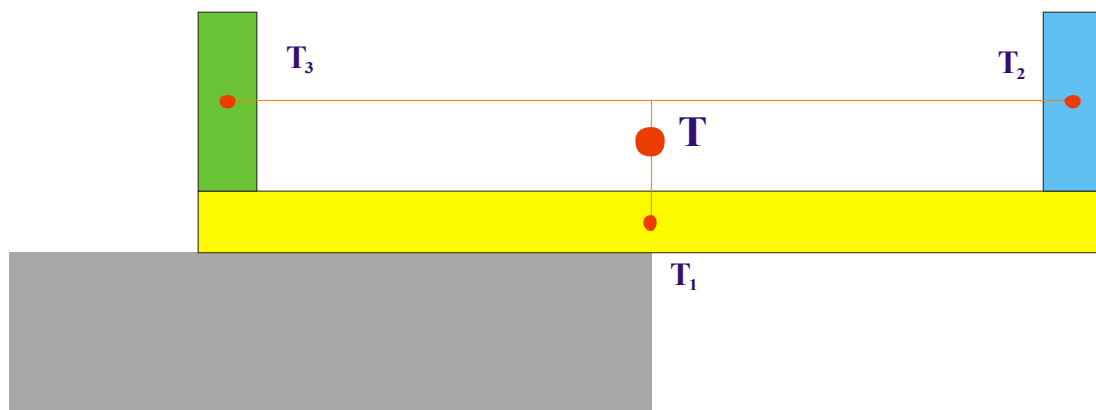
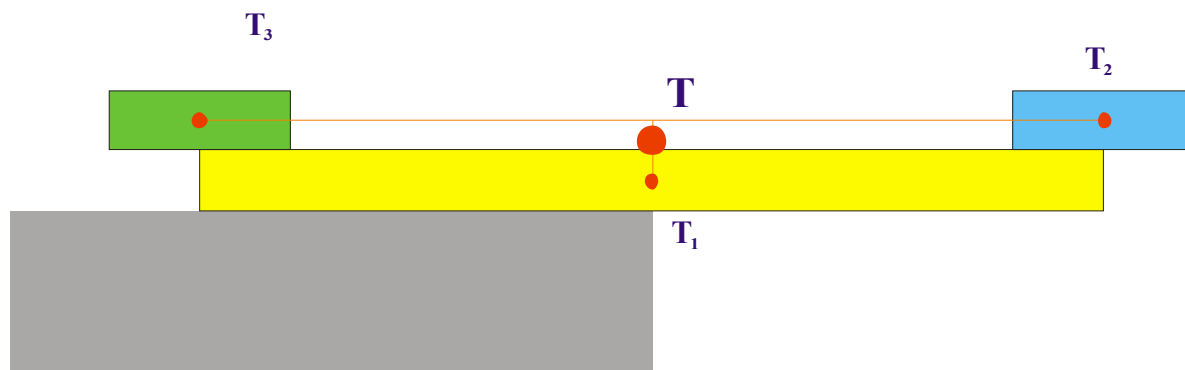
Z náčrtku vyplývá, že těžiště soustavy leží v jedné čtvrtině žluté kostky, pro mé kostky to je vysunutí soustavy dvou kostek o 30 mm.



Ve skutečnosti nelze kostky pokládat do labilní polohy (vše hned spadne). Náčrtek zachycuje reálnější řešení. V tomto případě nelze střed modré kostky vysunout o 30 mm, ale pouze o 28 mm.

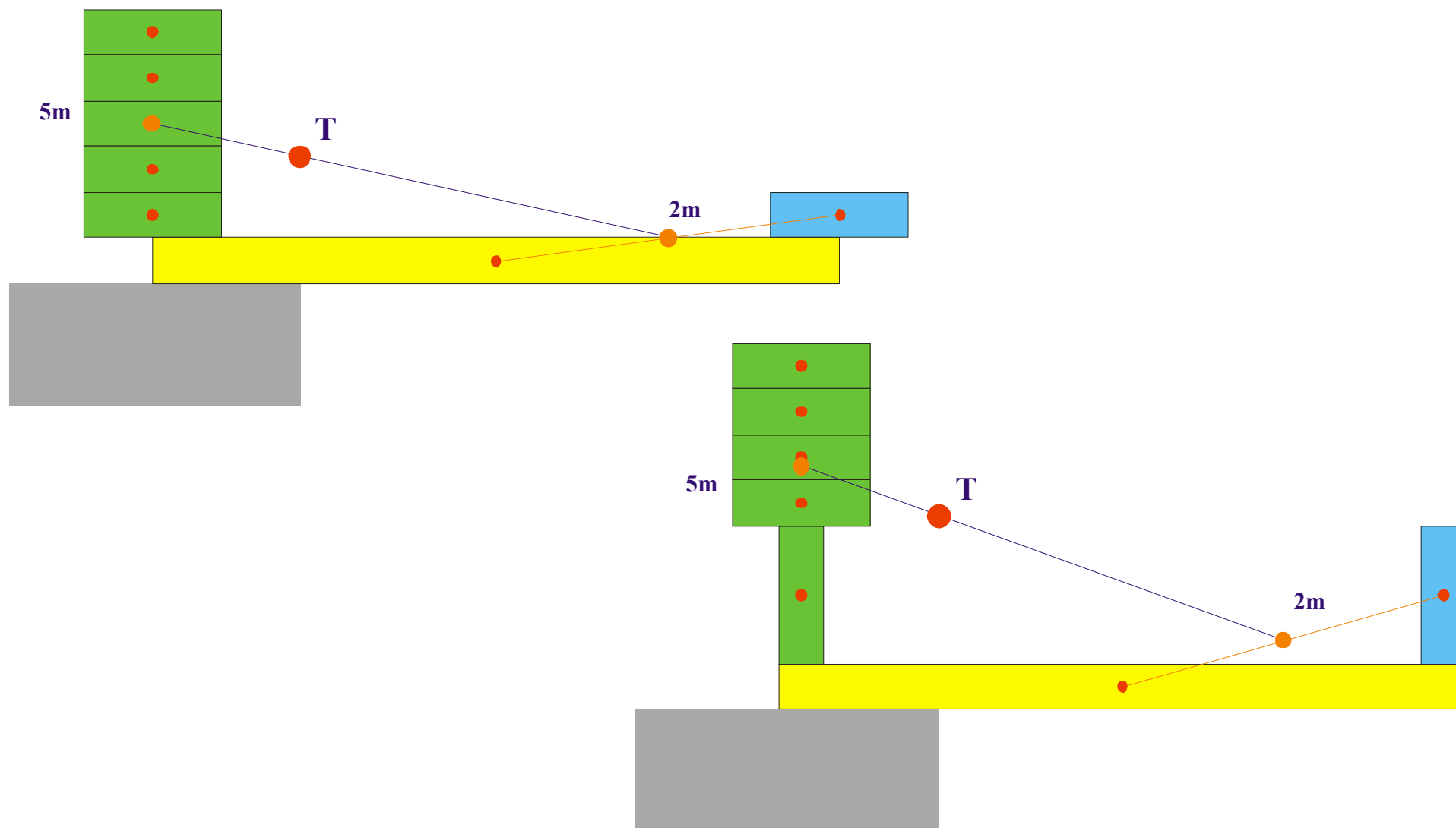


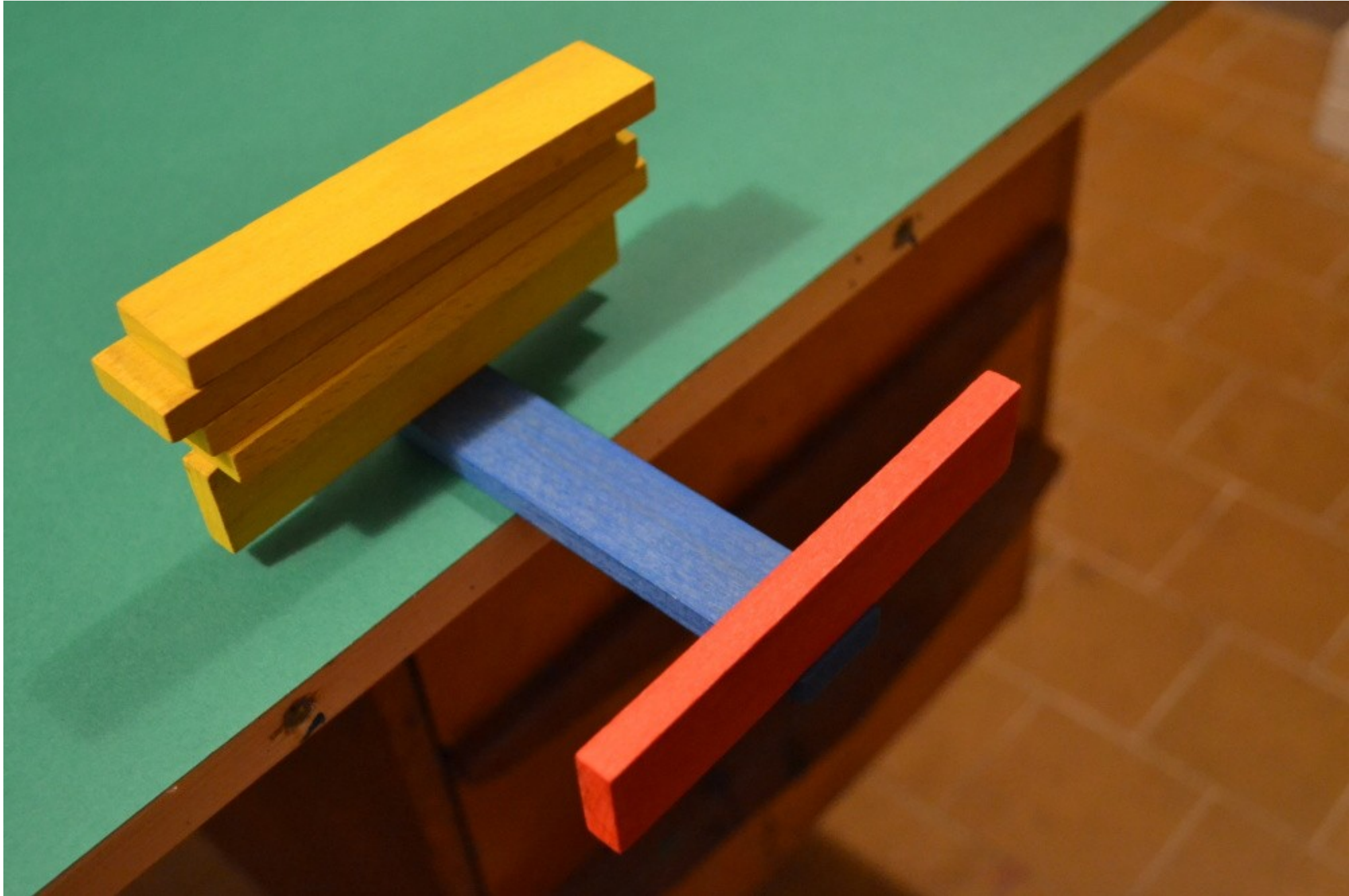
Úvahy pokračují trojicí kostek. Následující náčrtky zachycují teoretické i reálné řešení.





Dalším krokem jsou úvahy o šestici kostek. Někteří žáci pokračují v rozvíjení předchozích úvah (viz přípojně náčrtky - teoreticky lze dosáhnout vysunutí o 94 mm, ve skutečnosti jen o 88 mm). Vyskytnou se ale i jiná řešení ...

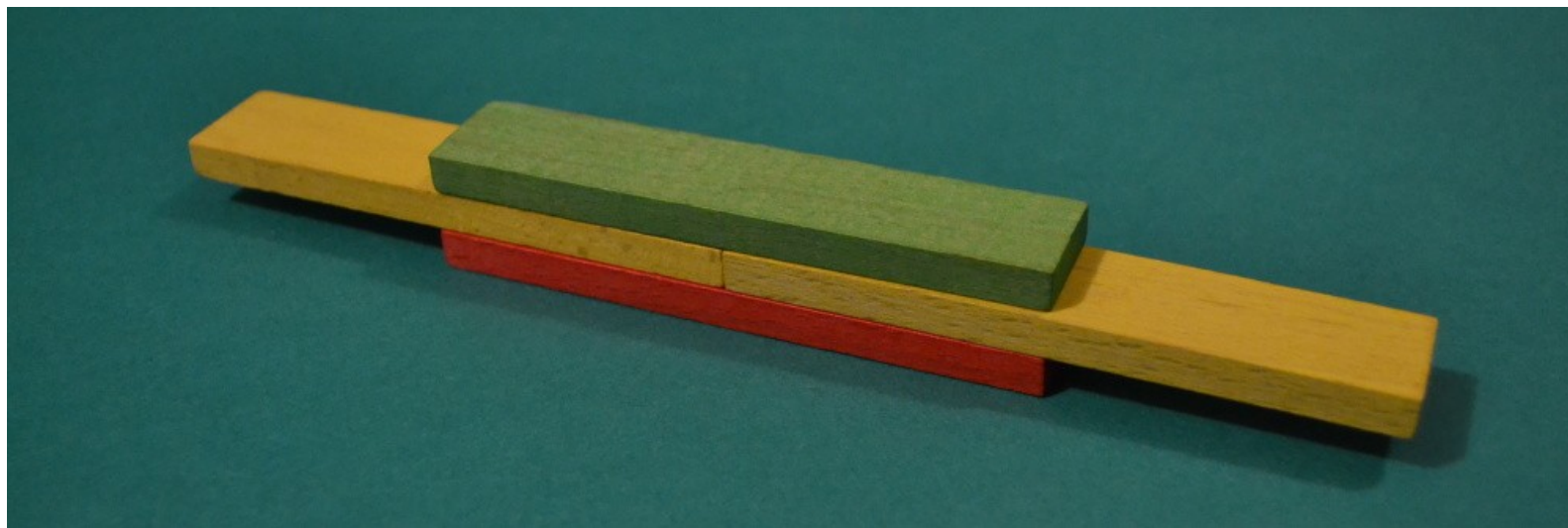




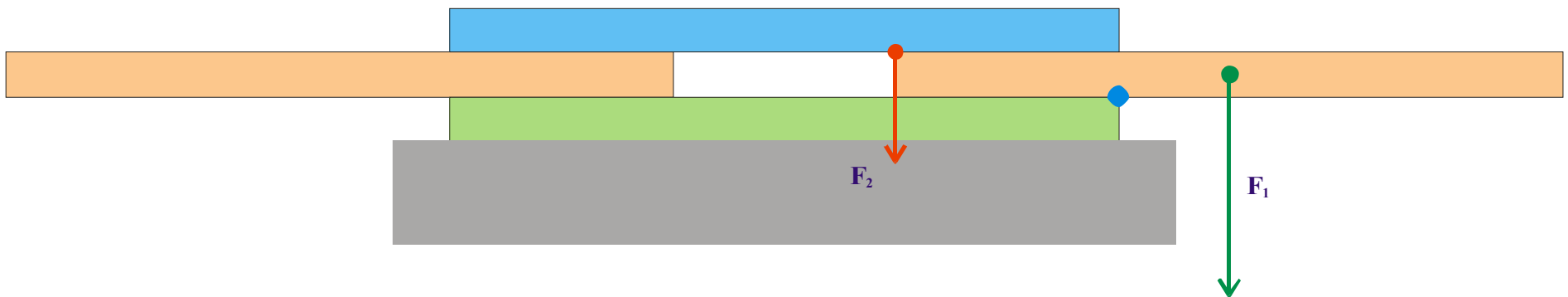
## 4. Zátěž

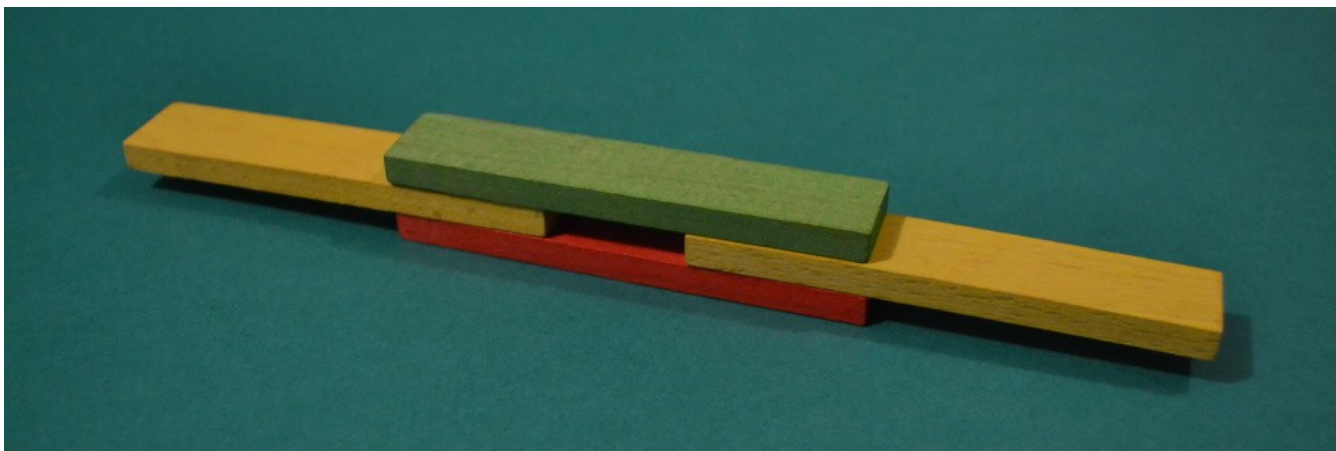
Podstavu tvoří jedna kostka, na ní leží dvě další, které jsou shora přikryty čtvrtou. Soustava na obrázku je stabilní, protože těžiště žlutých kostek leží nad osou otáčení (tj. nad okrajem červené kostky) a horní zelená kostka je přitlačuje dolů (čímž brání jejich překlopení).

Otázka zní - jak daleko mohou vysunout kostky ve střední vrstvě do boku, aby se soustava nerozpadla?



Soustava je souměrná, proto stačí řešit její pravou polovinu. Pravá běžová kostka se snaží otočit kolem osy znázorněné modrým kolečkem. Působí na ni tíhová síla  $F_1$  a polovina klidové tíhy modré kostky  $F_2$  (ve schématu jsou síly zakresleny bez symbolu vektoru). Z jednoduché úvahy plyne, že kostku lze vysunout o  $1/6$  její délky (tj. mezera ve středu tvoří  $1/3$  délky kostky). Teoretická hodnota vychází 40 mm, ve skutečnosti lze kostky od sebe vzdálit o cca 37 mm.





**Pokud vymyslíte další typy úloh na skládání kostek, dejte mi vědět, rád je do článku doplním.**