

SKOKY DO PÍSKU

Václav Piskač, Brno 2016

Níže popisované měření prezentoval Zdeněk Šabatka na letošním Veletrhu nápadů učitelů fyziky v Brně. Je součástí Interaktivní Laboratoře Fyziky pražského MatFyzu - <http://kdf.mff.cuni.cz/ifl> .

Po dohodě s autorem zde popisují podrobněji konstrukci pomůcek a využití ve výuce.

Základem je skokanský můstek ze dvou latěk (odpad z dílny) a elektrikářské lišty. Na délku 400 mm, na výšku 250 mm, lišta má délku 500 mm.

Latky jsou spojeny úhelníkem, lišta je v horní části uchycena vrutem, v dolní kancelářskou sešívačkou.

Ke stolu se uchytává nejlépe truhlářskou svěrkou.





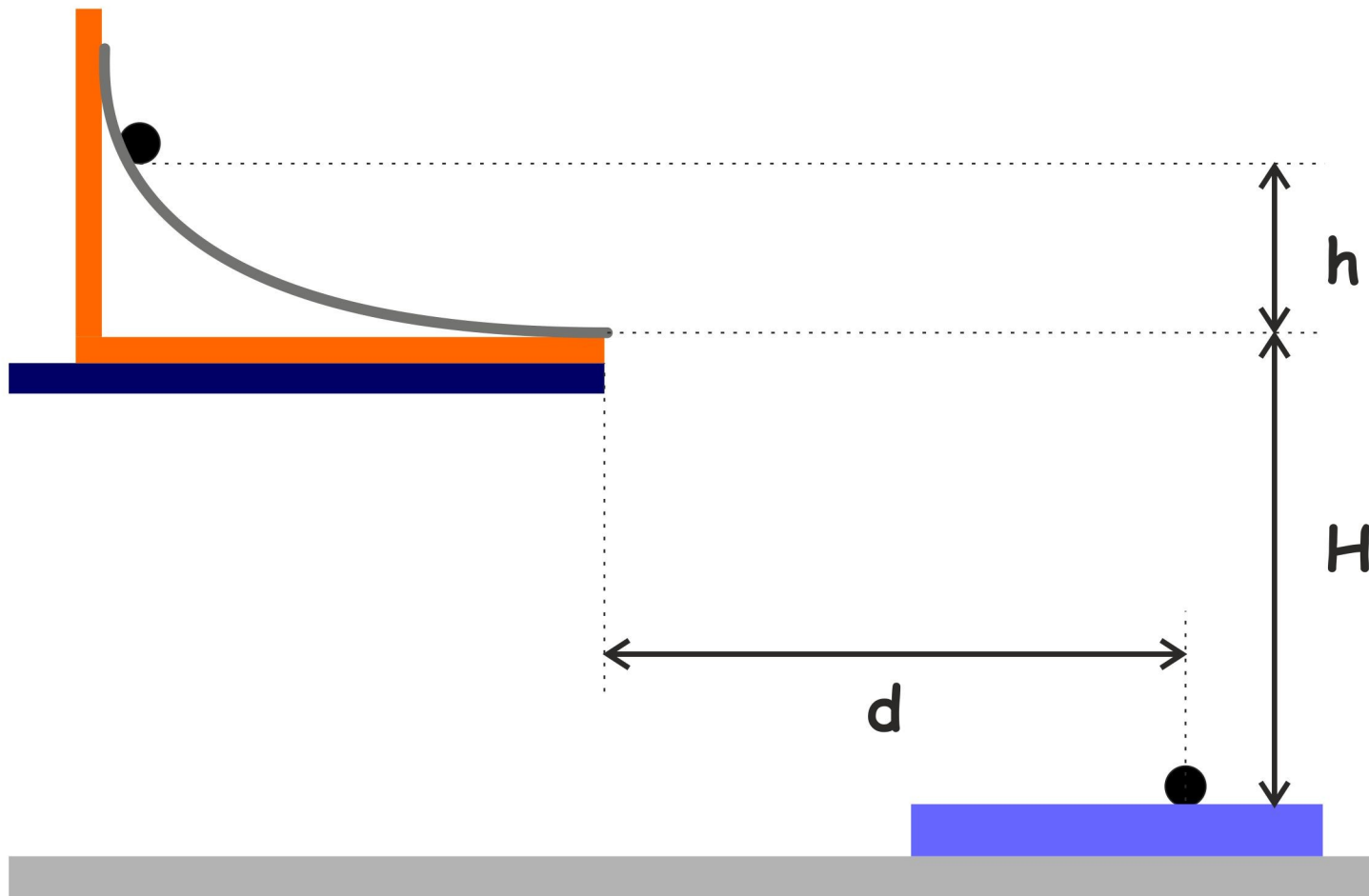
Dopadová vanička je také z odřezků, rozměry (pouze orientační) – 300x55x35 mm . Plní se pískem.



Uspořádání měření: můstek uchytíme svorkou ke stolu, na zem umístíme vaničku s pískem. Na můstek položíme ložiskovou kuličku (průměr kolem 15-20 mm, používám kuličky z vyřazených myší). Kuličku pustíme, skočí ze stolu a dopadne do písku. Písek doporučuji mírně navlhčit -
- kulička se při dopadu zaboří.



Trocha teorie: kulička sjiždí po liště. Díky tvaru lišty potom pokračuje vodorovným vrhem na podlahu. Po jízdě z výšky h získá rychlost $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$ (pokud zanedbáme rotaci). Dolet touto rychlostí z výšky H je $d = 2 \cdot \sqrt{h \cdot H}$



Pokud chceme zahrnout i vliv rotace kuličky, musíme počítat s tím, že její potenciální energie se rozdělí na energie translační a rotační.

$$m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 + \frac{1}{2} \cdot J \cdot \omega^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 + \frac{1}{5} \cdot m \cdot v^2 = \frac{7}{10} \cdot m \cdot v^2$$

Rychlost a dolet proto vycházejí asi o 15% menší:

$$v = \sqrt{\frac{10}{7} \cdot g \cdot h} \qquad d = \sqrt{\frac{20}{7} \cdot h \cdot H}$$

Měření je dostatečně přesné na to, aby se takto velká odchylka projevila. Je proto na učiteli, jestli se rotaci rozhodne zanedbat nebo ne.

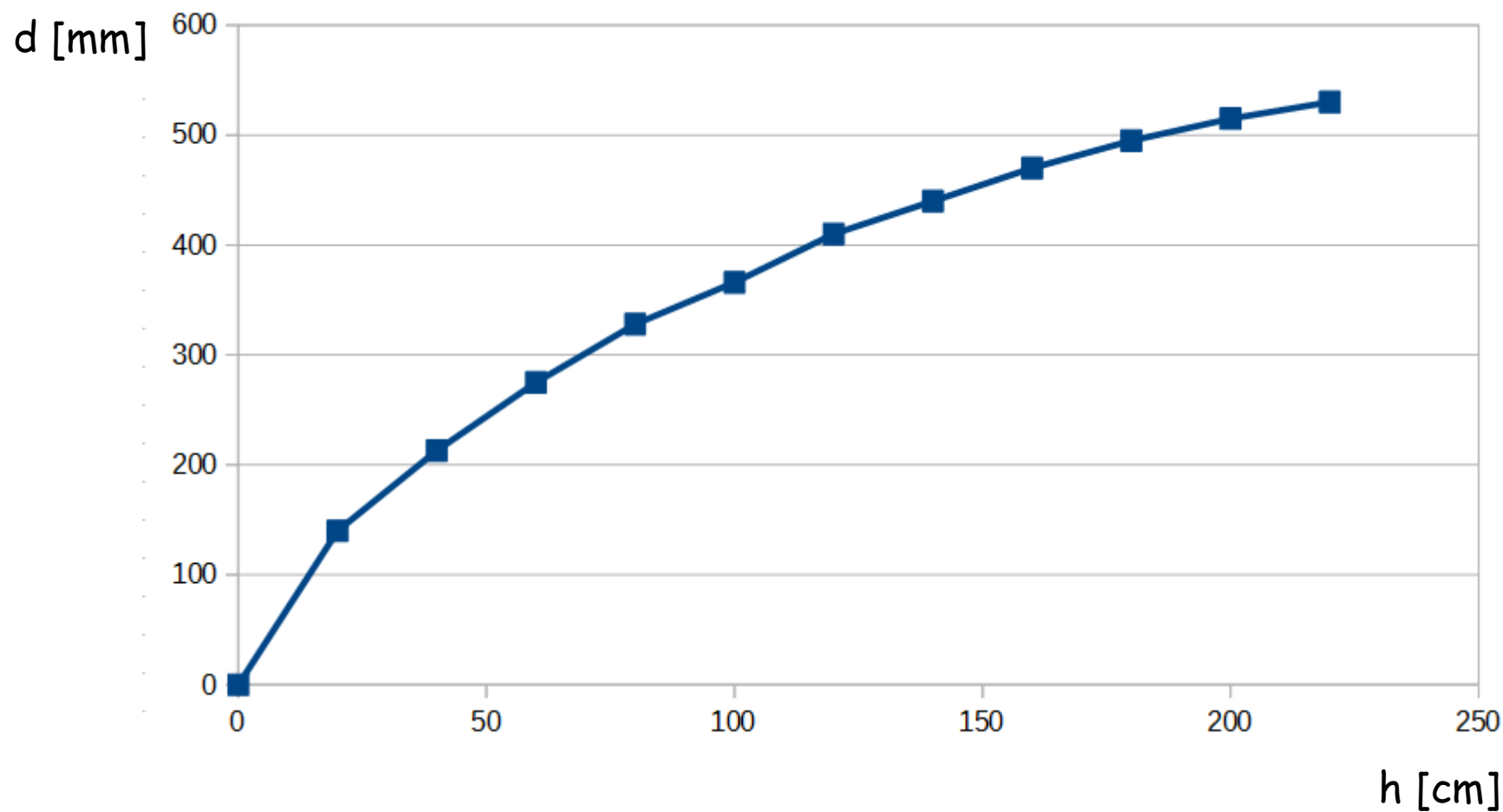
Použití na základní škole:

teoretický rozbor je mimo schopnosti žáků ZŠ. Přesto je možné skoky do písku s úspěchem použít.

Žáci proměřují, jak závisí délka skoku na počáteční výšce. Protože nic nebudou počítat, je úplně jedno, odkud měří výšku kuličky a který její bod si vyberou. Stejně tak je jedno, odkud měří délku skoku (třeba od nohy stolu).



Proměří potřebnou závislost a vynesou do grafu. Učitel umístí na podlahu do dané vzdálenosti plechovku od čajové svíčky a žáci musí určit, z jaké výšky musí pustit kuličku tak, aby dopadla do plechovky. Pro ukázkou mnou naměřené hodnoty (silně nelineární).



Použití na střední škole:

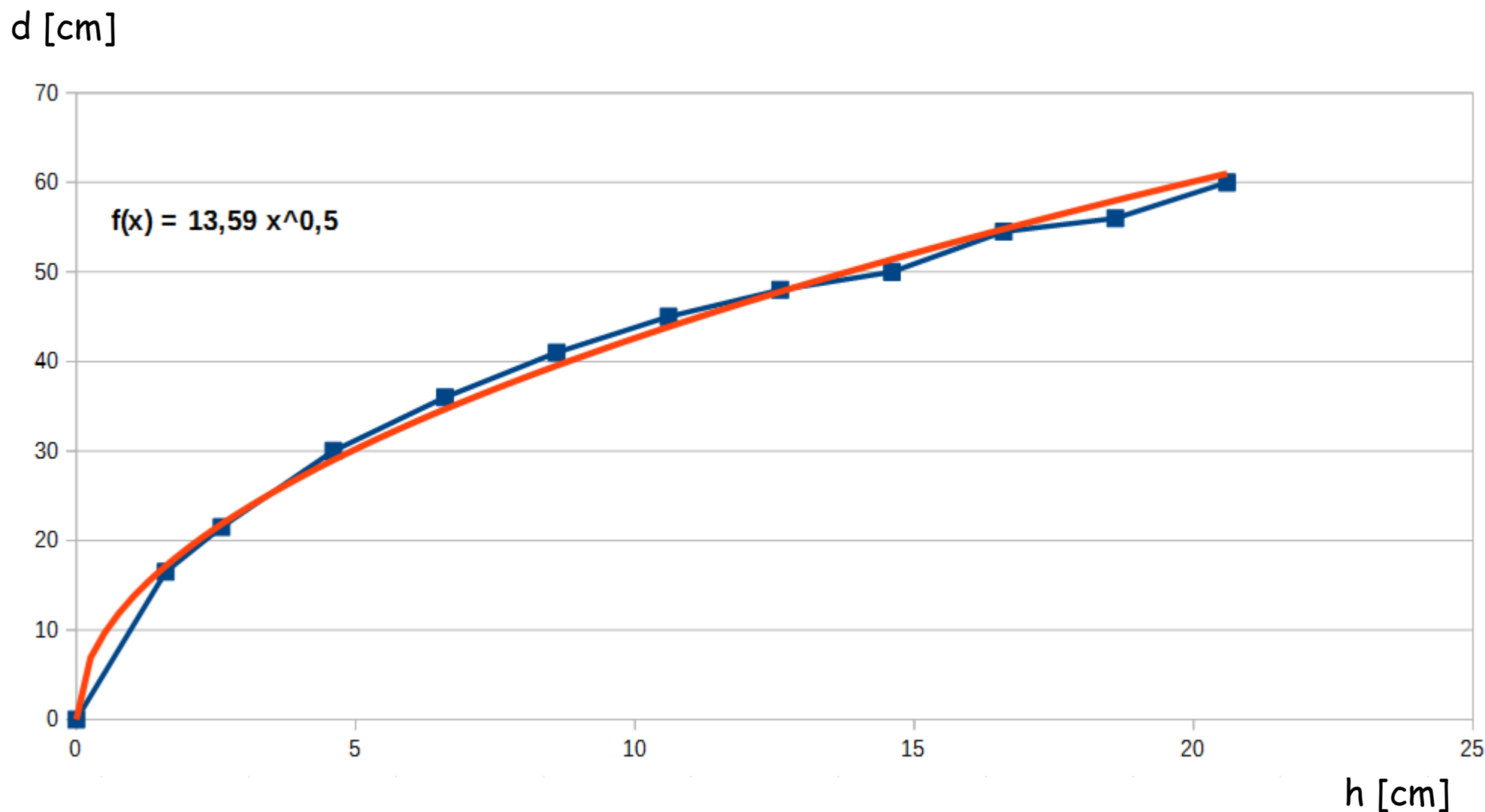
měření budou kontrolovat výpočtem, proto je nutné dávat pozor při měření poloh. Měří výšku spodku kuličky nad nejnižším místem lišty a vodorovnou vzdálenost místa dopadu od konce lišty – na podlahu si musí vyznačit nulovou polohu pomocí olovnice.

Po proměření závislosti si mohou otestovat své měření stejně jako žáci ZŠ.

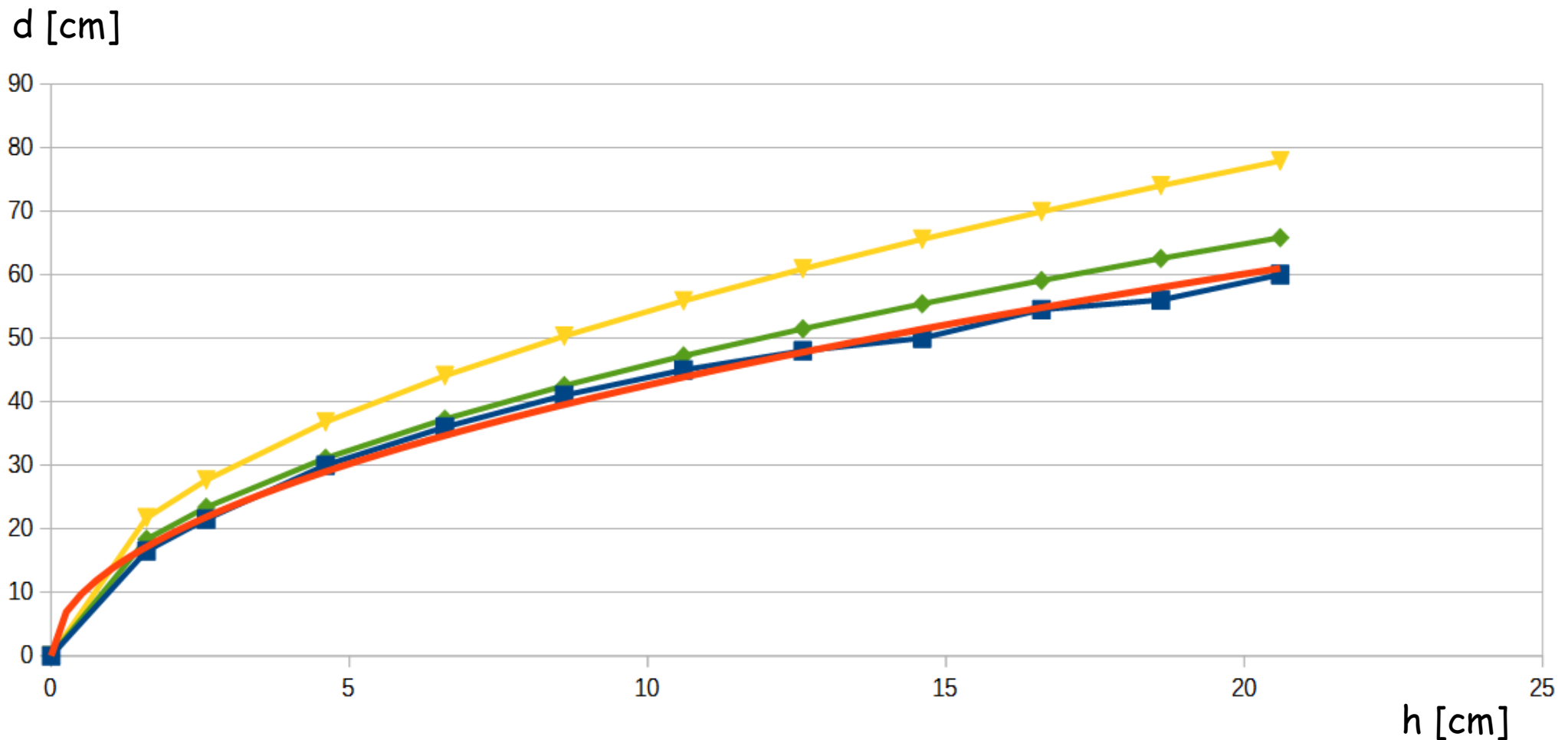
Navíc lze provést výpočet délky doskoku a srovnat s naměřenými hodnotami.



Prvním krokem je vložení regresní (mocninné) křivky pomocí tabulkového kalkulátoru. Exponenty se při měřeních pohybují od 0,49 po 0,51 (tj. odmocninná funkce).



Dalším krokem je srovnání naměřených a teoretických hodnot. Modrá jsou změřené hodnoty, zelená teoretické, žlutá teoretické bez započítání korekce na rotaci kuličky – je vidět, že je korekce nezbytná. Rozdíl mezi modrou a zelenou lze vcelku věrohodně odůvodnit třením.



Při prvních měřeních vycházely výrazně větší rozdíly mezi změřenými a teoretickými hodnotami. Až po několika dnech mi došlo, že kulička o průměru 19 mm je natolik velká, že se nekutálí po spodku lišty, ale po bočních výstupcích - tj. rotuje s větší úhlovou rychlostí, do rotační energie přechází větší procento původní potenciální energie. Proto nyní používám kuličku o průměru 15 mm.

Pokud měříte na ZŠ, nemusíte toto řešit.

