

### 1.3.4 Kreslíme sílu

**Předpoklady:** 010303

**Pomůcky:** milimetrový papír s grafy závislosti prodloužení pružiny a gumičky, stojan, gumička s PET lahví a vodou, pružina s ččkami, siloměry, metr

**Pedagogická poznámka:** Správnost grafů s pružinou (žáci je měli dodělat za domácí úkol, se nejspíše ověřuje pomocí vzoru nakresleného na průhledné fólii).  
Grafy pro natažení pružiny mám nakopírované tak, aby v každé lavici byl alespoň jeden.

**Př. 1:** Co všechno potřebujeme zachytit, když se snažíme zakreslit sílu? Jakým způsobem bude nevhodnější sílu zakreslovat?

Síly se mohou lišit:

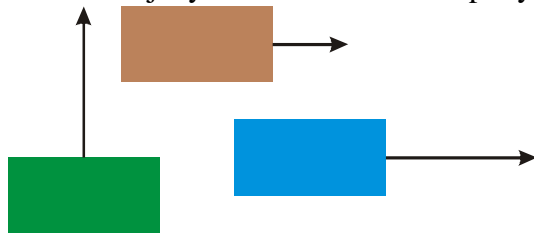
- velikostí (malá, velká síla, při páce měl každý jinou sílu),
- směrem (podle toho, kam tlačím, tam kvádrík jede),
- působištěm (jen ten kvádrík, do kterého tlačím, rozjede).

K tomu, abychom popsali sílu nám nebude stačit jedno číslo (tím popíšeme jenom velikost síly).

Všechny uvedené vlastnosti můžeme do obrázků zachytit pomocí šipek:

- velikost síly  $\Leftrightarrow$  délka šipky,
- směr síly  $\Leftrightarrow$  směr šipky,
- působiště síly  $\Leftrightarrow$  začátek šipky.

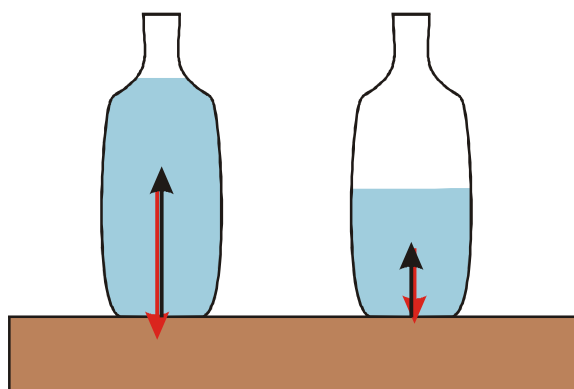
**Př. 2:** Na obrázku jsou v pohledu shora nakresleny tři stejné kvádríky. U každého z nich je nakreslena síla, kterou ho táhneme. Jeden z nich se nedá do pohybu. Které z kvádríků a jakým směrem se budou pohybovat?



Nebude se pohybovat hnědý kvádrík, protože na něj působí nejmenší síla. Modrý kvádrík se bude pohybovat doprava, zelený nahoru.

**Pedagogická poznámka:** Kreslení sil pomocí šipek je pro žáky přirozené, není třeba diskusi zbytečně prodlužovat. Daleko obtížnější je naučit žáky kreslit důsledně a dodržovat velikost a hlavně působiště sil.

**Př. 3:** Na stole stojí dvě umělohmotné láhve s vodou. První je plná, druhá z poloviny vypitá. Zakresli síly, které působí na plnou láhev. Zakresli síly, které působí na druhou láhev. Dej pozor, abys zachytil velikost, směr i působiště všech působících sil.



Červeně jsou nakresleny gravitační síly, kterými Země přitahuje každou z lahví. Gravitační síly působí ve "středu tělesa" v těžišti.

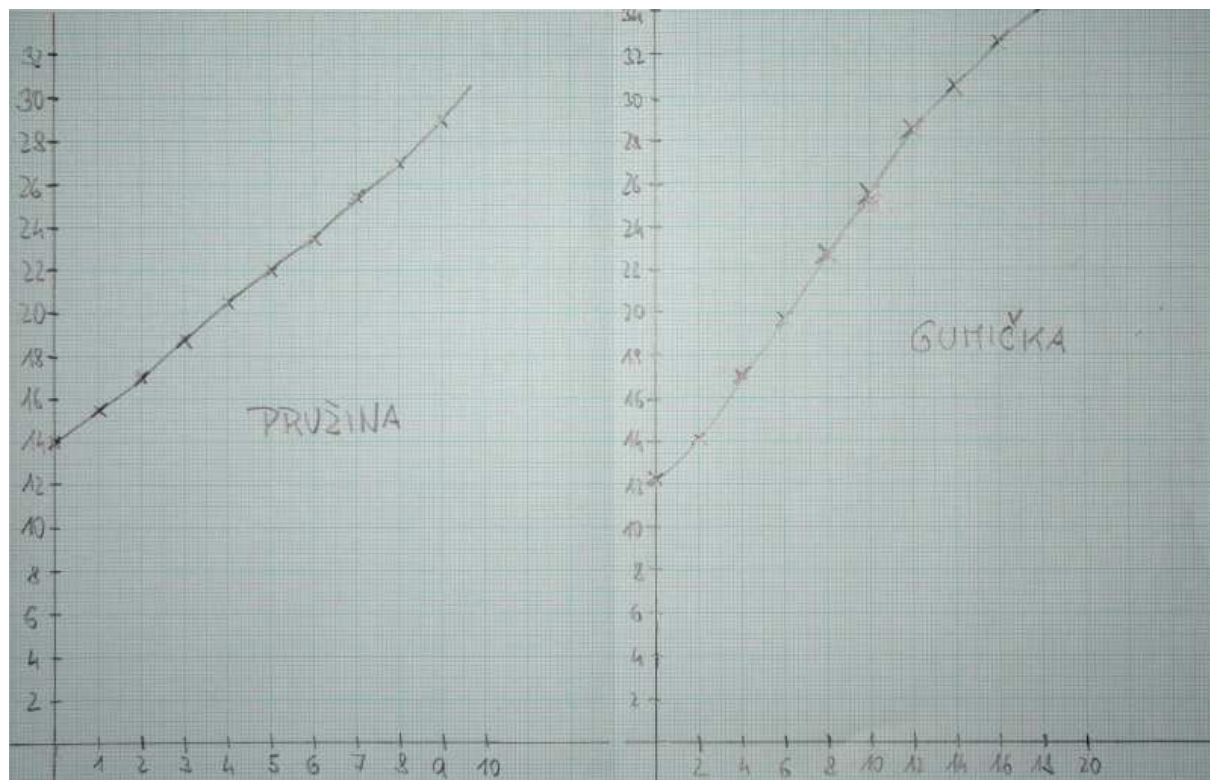
Černě jsou nakresleny síly, kterými na láhve působí stůl. Síly stolu působí vždy v místě, kde se láhev dotýká stolu.

U obou druhů sil platí, že síla na plnou láhev je přibližně dvakrát větší než na láhev poloprázdnou.

**Př. 4:** Tvoří síly nakreslené k plné láhvi dvojici partnerských sil?

Netvoří, protože obě působí na stejný předmět (partnerské síly mají prohozeného původce s cílem a nemohou působit na jeden předmět).

**Př. 5:** Prohlédni si graf prodloužení pružiny a graf prodloužení gumičky. Čím se oba grafy liší? Prodlužuje se pružina stejně? Prodlužuje se gumička stejně? Je pro výrobu přístroje na měření síly vhodnější pružina nebo gumička.



Graf prodlužování gumičky je přibližně přímka (rovná čára), graf prodlužování pružiny je rovný jenom uprostřed, na počátku i na konci je čára ohnutá.

Pružina se prodlužuje rovnoměrně, gumička se prodlužuje nerovnoměrně (rovnoměrně jen v prostřední části grafu).

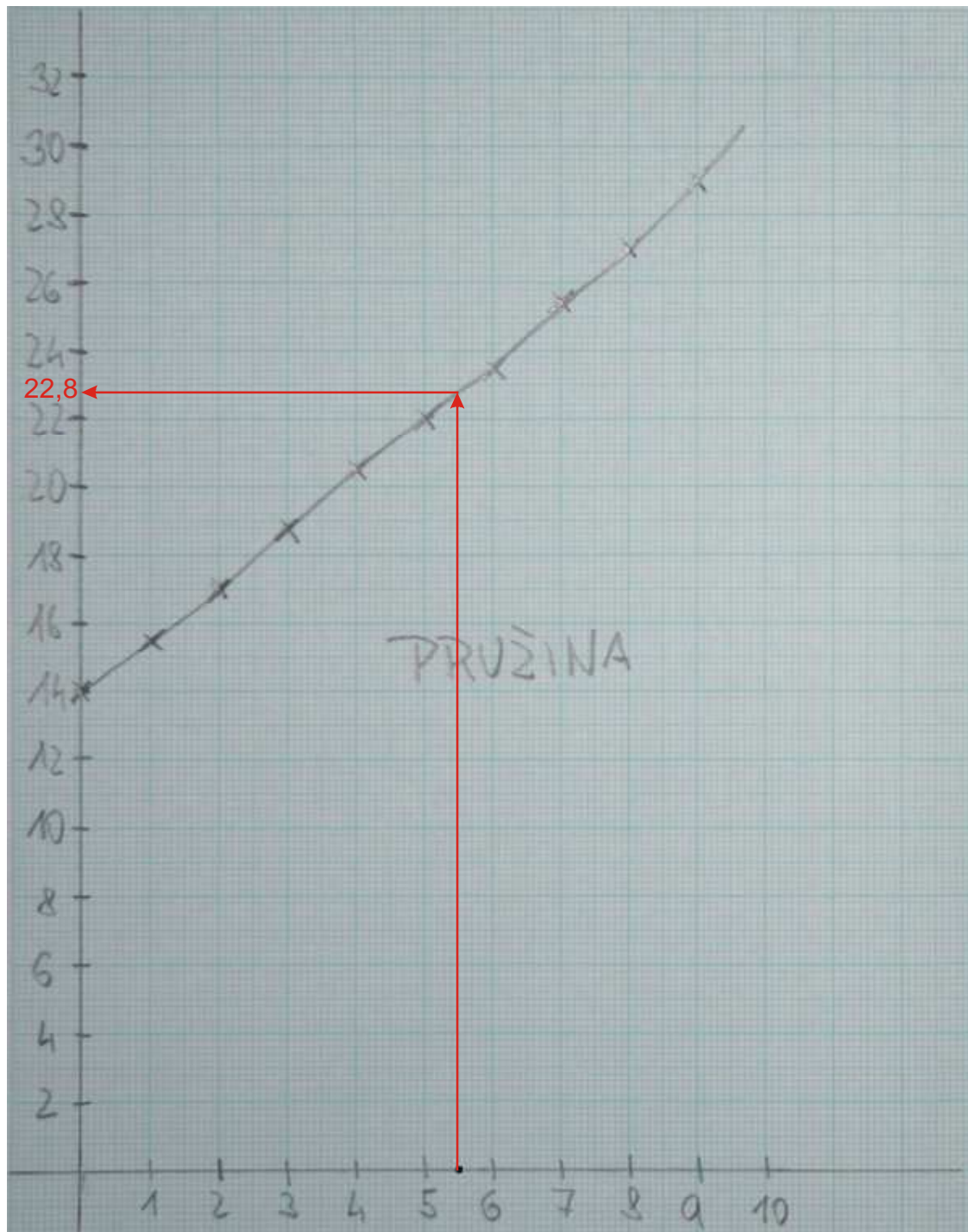
Vhodnější pro konstrukci měřícího přístroje na sílu je pružina, protože přístroj z pružiny bude mít rovnoměrnou stupnici.

**Pedagogická poznámka:** Zatímco u pružiny je možné se spolehnout na přibližně lineární chování, u gumiček se výsledky značně liší. Proto u pružiny pracují žáci ze svých grafů, u gumičky promítám graf na tabuli.

**Př. 6:** Pomocí grafu prodloužení pružiny zjisti:

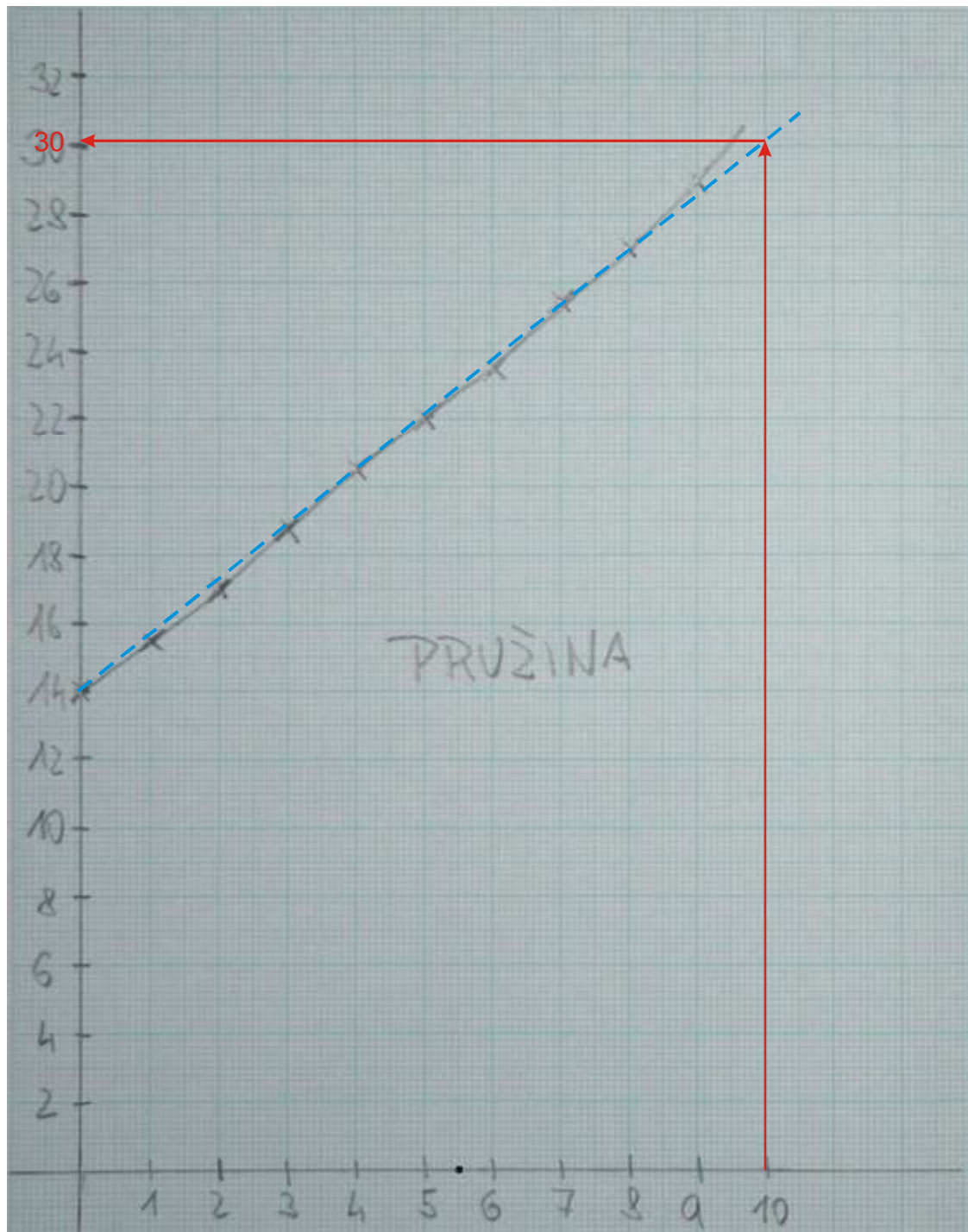
- Jakou délku by pružina měla, kdybychom na ní zavěsili pět a půl čocky?
- Jakou délku by pružina měla, kdybychom na ní zavěsili deset čockek?

a) Jakou délku by pružina měla, kdybychom na ní zavěsili pět a půl čocky?



Pružina by měla délku 22,8 cm.

b) Jakou délku by pružina měla, kdybychom na ní zavěsili deset čoček?



Deset čítek jsme na pružinu nezavěšovali  $\Rightarrow$  zkusíme protáhnout graf. Pružina by měla mít přibližně délku 30 cm. Pokusem ověříme, že náš předpoklad je správný (naměřená hodnota 30,3 cm).

Zatěžování gumičky bylo prováděno tak, že jsme do PET láhve nalévaly vodu. Hodnoty na vodorovné ose udávají počet čl vody, která byla nalita v lavhvi.

Naměřené hodnoty

počet čl vody	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
délka gumičky [cm]	12,2	14,1	17	19,7	22,7	25,5	28,5	30,5	32,5	34,3	35,3

**Př. 7:** Pomocí grafu prodloužení gumičky zjistí:

- Jakou délku by gumička měla, kdybychom ji zatížili 9 cl vody?
- Jakou délku by gumička měla, kdybychom ji zatížili 25 cl vody?
- Jakou délku by pružina měla, kdybychom ji zatížili 1 litrem vody?

a) Jakou délku by gumička měla, kdybychom ji zatížili 9 cl vody?

Z grafu podobně jako v předchozím příkladu snadno odečteme, že gumička se natáhne na délku 24 cm.

b) Jakou délku by gumička měla, kdybychom ji zatížili 25 cl vody?

Nemůžeme graf prodloužit (nevejde se na papír), zkusíme hodnotu vypočítat.

Zatížení 10 cl vody se gumička prodloužila z 12,2 na 25,5, tedy  $25,5 - 12,2 = 13,3$  cm.

1 cl způsobuje prodloužení o 1,33 cm .

25 cl způsobí prodloužení o 33,3cm  $\Rightarrow$  gumička bude mít po zatížení 25 cl vody délku  $12,2 + 33,3 = 45,5$  cm.

Měřením získáme o něco menší hodnotu 44,2 cm (zřejmě proto, že prodloužení neroste rovnoměrně se zatížením)

c) Jakou délku by pružina měla, kdybychom ji zatížili 1 litrem vody?

1 cl způsobuje prodloužení o 1,33 cm .

1 l = 100 cl způsobí prodloužení o 133 cm  $\Rightarrow$  gumička by se měla natáhnout na  $133 + 12,2 = 155,2$  cm . To se ale zřejmě nestane, protože dříve praskne.

Pokusem jsem si potvrdili, že dojde opravdu k prasknutí.

**Pedagogická poznámka:** Předchozí příklad má smysl pouze tehdy, pokud minimálně oba pokusy v bodech b) a c) provedete ve třídě.

Počítání v bodech b) a c) odpovídá žákovské tendenci spontánně používat přímo úměru (i když ji zatím v matematice neprobírali), pokud necháte počítat příklad ve čtveřicích, určitě z každé skupiny získáte výsledek, který se bude lišit podle toho, který z bodů grafu vzali jako výchozí.

V bodu c) se určitě někteří ozvou (a zaslouží pochvalu), že nemá cenu prodloužení gumičky počítat, protože se přetrhne. Přesto hodnotu spočítáme, do láhve, kterou držím, nalijeme vodu a během pozvolného pouštění se gumička opravdu přetrhne.

Dopočítávat nebo dohledávat v grafu hodnotu, které leží mezi dříve naměřenými hodnotami (interpolovat) můžeme se značnou přesností i spolehlivostí.

Dopočítávat nebo dohledávat v grafu hodnotu, které leží mimo dříve naměřené hodnoty (extrapolovat) musíme velmi opatrně, protože nevím, zda se závislosti nemění, či dokonce zcela nepřestane platit.

**To, že něco dosud fungovalo neznamená, že to bude fungovat i nadále )Za zcela jiných podmínek).**

**Př. 8:** Navrhni co nejjednodušší přístroj, který by využíval k měření síly prodlužování pružiny.

Pružinu za jeden konec připevníme k prkénku, za druhý konec budeme tahat silou. Od konce pružiny nakreslíme na prkénko stupnici, na které nám bude konec natažené pružiny ukazovat velikost síly, která pružinu právě natahuje.

**Sílu:**

zobrazujeme ji pomocí šipky (směr šipky odpovídá směru síly, délka šipky velikosti síly, začátek šipky jejímu působišti),  
Velikost síly měříme v Newtonech. 1 Newton je přibližně síla, kterou přitahuje Země předmět o hmotnosti 100 g (například tabulka čokolády).

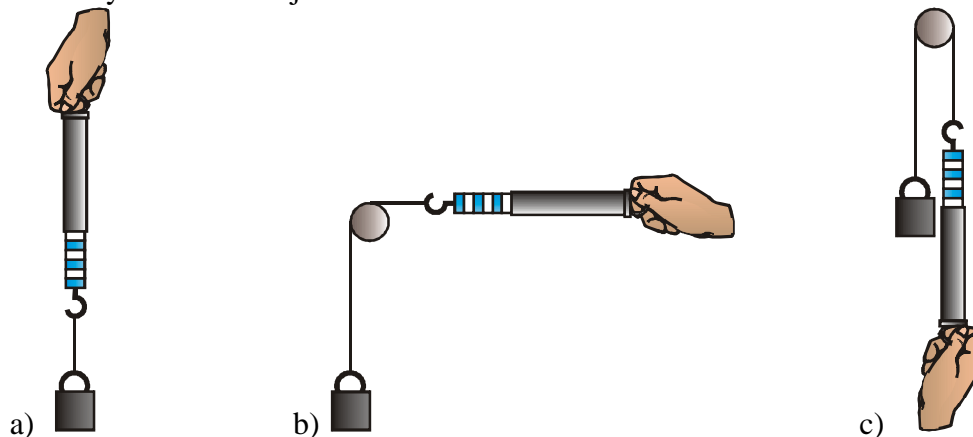
**Př. 9:** Prohlédni si konstrukci opravdového siloměru. Proč mají modernější (kvalitnější) siloměry zarážku, která zabraňuje přílišnému vytažení jeho vnitřku?

Siloměr odpovídá našemu návrhu (místo prkýnka je pružina přidělána k průhlednému válečku, na kterém je nakreslena stupnice (nebo je stupnice nakreslena na druhém válečku, ve kterém je schovaná pružina).

Zarážka je tam zřejmě proto, aby při zatížení příliš velkou silou nedošlo ke zničení pružiny.

**Př. 10:** Sílu, kterou země přitahuje závaží, můžeme změřit siloměrem třemi způsoby. Jaké to jsou? Změříme pokaždé stejnou hodnotu?

Všechny tři možnosti jsou znázorněné na obrázcích.



Při každém způsobu zřejmě naměříme trochu jinou hodnotu.

**Př. 11:** Kterým ze tří způsobů uvedených v předchozím příkladu změříme největší hodnotu síly? Kterým nejmenší? Která z hodnot bude nejpřesnější? Proč? Bude se nepřesnost měření projevovat stejně při měření různě těžkých závaží?

Varianta a): Pružina siloměru je kromě síly závaží natahována ještě gravitační silou, která přitahuje pružinu s se stupnicí  $\Rightarrow$  naměříme nejvyšší hodnotu síly, větší než správnou.

Varianta b): Pružina siloměru je natahována silou závaží  $\Rightarrow$  naměříme střední hodnotu síly, zřejmě velmi blízkou správné hodnotě.

Varianta c): Pružina siloměru je natahována silou závaží, která je zmenšena o gravitační sílu, která přitahuje pružinu se stupnicí a snaží se pružinu vrátit do nenatažené polohy  $\Rightarrow$  naměříme nejmenší hodnotu síly, zřejmě menší než správnou.

**Pedagogická poznámka:** Na ověření předchozího příkladu je třeba siloměr s nejmenším rozsahem, lehké závaží 50 g. Přesto doporučuji vyzkoušet předem, tření může v druhém případě hodnotu zkreslit.

**Dodatek:** V bodě b) může velikost naměřené síly ovlivnit tření mezi tělem siloměru a stupnicí, v bodech b) a c) pak tření v kladce. Jiným způsobem, jak určit správný výsledek je spočítat průměr hodnot z bodů a) c), který by v případě nulového tření v kladce dal správný výsledek (odstranění chyby vzniklé hmotností pružiny a stupnice).

**Př. 12:** Jaké požadavky by měla splňovat pružina siloměru a krycí váleček pružiny u siloměru na obrázku?

Pružina a váleček by měly být co nejlehčí, aby co nejméně zkreslovali měřenou sílu při měření ve svislé poloze.

**Domácí bádání:** Sestroj gumičkový siloměr. použij obyčejnou gumičku, stupnic označuj po 0,2 N.

**Shrnutí:** Sílu měříme siloměrem v Newtonech.