

Průměrná rychlost

Mirek Kubera

Výstup RVP: žák měří vybrané veličiny vhodnými metodami, zpracuje a vyhodnotí výsledky měření, užívá základní kinematické vztahy při řešení problémů

Klíčová slova: kinematika, rychlost, průměrná rychlost, vzdálenost, doba pohybu

Laboratorní práce

Doba na přípravu:

5 min

Doba na provedení:

90 min

Obtížnost:

nízká

Úkol Studujte definici průměrné rychlosti. Naučte se ji měřit třemi různými metodami.

Pomůcky LabQuest, délkové měřidlo (metr, pásmo), stopky (součást LabQuestu), dvě optické závory, dvě laserová ukazátka, plastelína, ocelová kulička, deska délky 1 m, lepicí páska

Teoretický úvod Průměrná rychlost je definována jako podíl uražené vzdálenosti d za dobu Δt . Její základní jednotkou je m/s, častěji ovšem pracujeme s jednotkou km/h.

$$v_p = \frac{d}{\Delta t}$$

Pro pomalé pohyby si vystačíme s metrem a stopkami (aktivita 1). Jakmile však studujeme tělesa, která se pohybují rychleji, musíme zpřesnit měření času. Pro pohyb kuličky po nakloněné rovině použijeme dvě optické závory a LabQuest (aktivita 2). Pro elektronické snímání pohybu velkých těles pak s výhodou použijeme laserové ukazátko, pomocí kterého rozšíříme „závoru“ na odpovídající velikost (aktivita 3).

V případě, že mnohokrát opakujeme stejné měření, musíme naměřené hodnoty statisticky zpracovat. Hodnotu absolutní chyby měření nalezneme podle vzorce

$$\Delta v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{v} - v_i)^2}{n \cdot (n-1)}}, \text{ kde } n \text{ je počet měření. Můžeme si také pomoci statistickým režimem}$$

na kalkulačce nebo zpracováním v Excelu.

Postup Aktivita 1

V této aktivitě se naučíme měřit průměrnou rychlost klasickou metodou. Na pracovním stole odměříme vzdálenost 1 m. Připravíme si stopky a měříme čas průjezdu malého automobilu na baterie na tuto vzdálenost. Měření opakujeme celkem pětkrát a statisticky zpracujeme.

č. m.	Δt (s)	d (m)	v (m/s)
1		1,0	
2		1,0	
3		1,0	
4		1,0	
5		1,0	

Aktivita 2

Pro měření rychlých pohybů je vhodné použít například počítač. Omezíme tím chybu spojenou s reakční dobou experimentátora, která může být až 0,2 s. Pro detekci pohybu malé ocelové kuličky použijeme dvě optické závory. Je to digitální zařízení, které pracuje tím způsobem, že když je optický svazek mezi konci závory nepřerušen, závora hlásí **Unblocked (Neblokováno)**, a když je svazek přerušen, závora signalizuje **Blocked (Zablokováno)**. V okamžicích, kdy dojde k požadované změně (předmět se dostane na pozici závory), zaznamenáváme čas. Můžeme tedy snadno detekovat průjezd kuličky závorami umístěnými ve vzdálenosti d od sebe a automaticky dopočítat průměrnou rychlost kuličky.

Průměrná rychlost

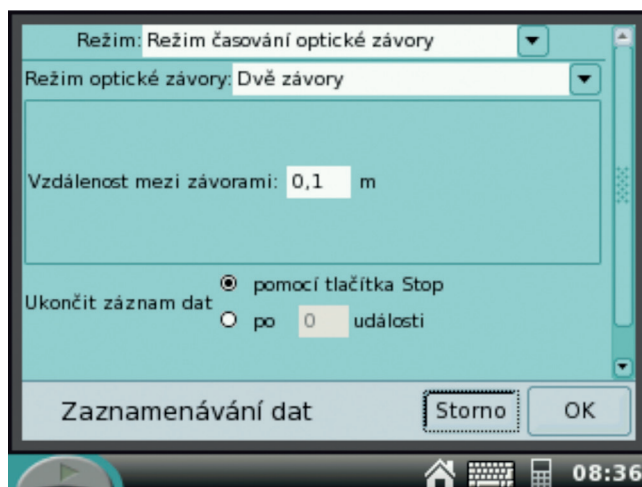
Optické závory zapojíme do digitálních vstupů LabQuestu.



Umístíme je do vzdálenosti $d = 10$ cm od sebe na konec nakloněné roviny mírného sklonu.



Na LabQuestu nastavíme **Režim časování optické závory** → **Dvě závory**. Doplníme vzdálenost mezi závory. Přístroj sám vypočítá z naměřených časů průměrnou rychlost kuličky.



Zahájíme měření a v jeho průběhu pouštíme kuličku po nakloněné rovině ze vzdálenosti d od první optické závory. Doplníme následující tabulku, přičemž hodnoty rychlosti kuličky odečítáme na LabQuestu v tabulce naměřených hodnot (sloupec R_y (m/s)).

Měření 1			
D1: Stav	D2: Stav	Peri (s)	Ry (m/s)
	Blocked	0,117353	0,852
	Unblocked		
Blocked			
Unblocked			
	Blocked	0,107775	0,928
	Unblocked		

**Tabulka
naměřených
hodnot**

l (m)	v (m/s)
0,1	
0,2	
0,3	
0,4	
0,5	

Existuje nějaký jednoduchý vztah mezi měřenými veličinami? Vytvořte graf závislosti rychlosti na uražené vzdálenosti. Výsledek komentujte.

Aktivita 3

V této aktivitě se pokusíme změřit rychlost pohybu člověka (ať už se jedná o jeho pomalou chůzi nebo běh). Použijeme opět dvě optické závory. Přepneme je na použití laserového svazku (zavřeme clonu uvnitř závory), abychom mohli zvětšit „bránu“ pro pohyb velkých těles a osob. Závory uspořádáme podle obrázku, vždy laserové ukazovátko naproti optické závoři. Obě závory umístíme ve vzdálenosti několika metrů (podle délky kabelů k LabQuestu).



Průměrná rychlost

Ukazovátko i závoru je vhodné upevnit pomocí plastelíny (snáze docílíte jejího namíření do optické závory), případně zachytit izolepou či kobercovou páskou, aby nemohlo dojít k jeho samovolnému posunutí.



Opět musíme na LabQuestu nastavit **Režim časování optické závory** → **Dvě závory** a odpovídající vzdálenost mezi závorami. Poté již měření probíhá jako v předchozí aktivitě. Pro potlačení chyb měření experiment pětkrát zopakujeme a výsledky statisticky zpracujeme.

č. m.	v (m/s)
1	
2	
3	
4	
5	

Průměrná rychlost

Mirek Kubera

Ukázka naměřených hodnot

č. m.	Δt (s)	d (m)	v (m/s)
1	15,5	1,0	0,065
2	14,9	1,0	0,067
3	12,6	1,0	0,079
4	16,0	1,0	0,062
5	13,1	1,0	0,076

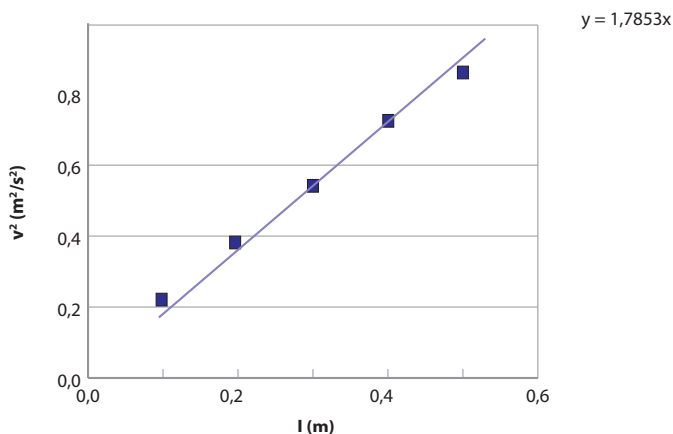
Z tabulky je jasné patrné, že při měření rukou dochází k ovlivnění měřeného času experimentátorem. Druhým faktorem, který ovlivňuje výsledek měření, je fakt, že vozík nemusí při opakování experimentu jet stejně rychle. Pomocí statistického režimu kalkulačky můžeme dopočítat průměrnou rychlost a chybu měření a zapsat výsledek v odpovídajícím tvaru: $v = (0,070 \pm 0,003) \text{ m/s}$.

Aktivita 2

l (m)	v (m/s)
0,1	0,470
0,2	0,618
0,3	0,736
0,4	0,852
0,5	0,928

V tomto případě vidíme, že rychlost kuličky roste s rostoucí vzdáleností l . Čím déle se kulička pohybuje na nakloněné rovině, tím větší je její rychlost měřená optickými závorymi. Chceme-li prozkoumat tento vztah podrobněji, můžeme vytvořit graf druhé mocniny rychlosti v závislosti na uražené vzdálenosti l . Můžeme snadno potvrdit, že druhá mocnina rychlosti a uražená vzdálenost jsou si přímo úměrné.

Rychlost kuličky na nakloněné rovině



Průměrná rychlost

Aktivita 3

č. m.	v (m/s)
1	1,70
2	1,77
3	1,60
4	1,51
5	1,52

Výsledky ukazují, že člověk se pohybuje rychlostí přibližně 1,62 m/s s absolutní chybou 0,05 m/s.

Poznámka Je možné v Aktivitě 3 vyhlásit soutěž o nejrychlejšího žáka. Dbejte však na bezpečnost takové soutěže. Laboratoře fyziky nebývají k těmto aktivitám uzpůsobené. Pokud přesto chcete s dětmi soutěžit, vyjděte s nimi raději do tělocvičny nebo na sportovní hřiště, kde získáte odpovídající prostor. Mobilní měřicí přístroje vám to umožní.