

Inovace používání vzduchové dráhy pomocí měřicího systému ISES

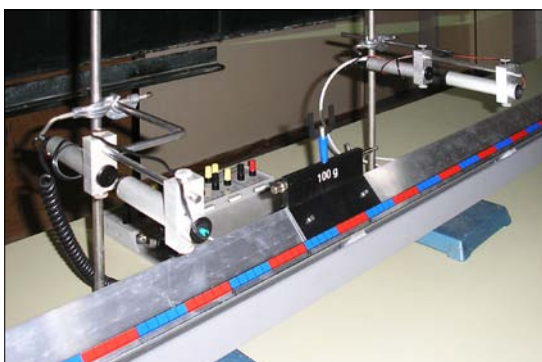
Miroslava Jarešová¹, Střední průmyslová škola Chrudim

V průběhu své pedagogické praxe provádím demonstrace pohybů pomocí vzduchové dráhy, která byla vyrobena na Slovensku, přesněji dodavatelem této vzduchové dráhy byly „Učebné pomůcky n. p., Banská Bystrica“. Původně byla vzduchová dráha s měřicími čidly vyrobena tak, aby měření bylo řízeno pomocí počítače IQ 151. Vzhledem k tomu, že dnes již není možno s tímto počítačem pracovat, nahradila jsem tato čidla dvěma moduly „optická závora“ z měřicího systému ISES a následně také tento měřicí systém použila k odečtu naměřených hodnot, což bych dále podrobněji popsala. S uvedenými nenáročnými úpravami je možné používat tuto vzduchovou dráhu i pro kvantitativní pokusy.

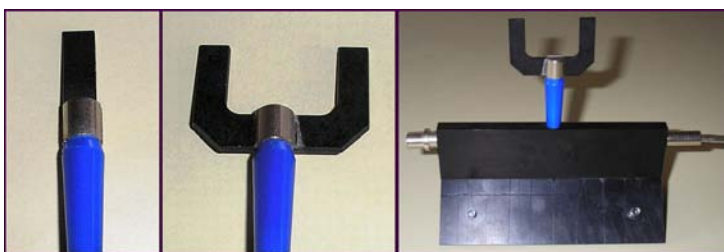
1 Příprava na experimentování

1.1 Vzduchová dráha

U vzduchové dráhy byla původní optická čidla nahrazena dvěma moduly *optická závora* se zachováním původních pomůcek – obr. 1. Měření pomocí vzduchové dráhy probíhá pomocí vozíků, na něž je možno nasadit dva typy přerušovačů – obr. 2. Po vpuštění proudu vzduchu do vzduchové dráhy je vozík pomocí katapultu uveden do pohybu.



Obr. 1 – doplnění vzduchové dráhy moduly z ISESu



Obr. 2 – přerušovače a vozík

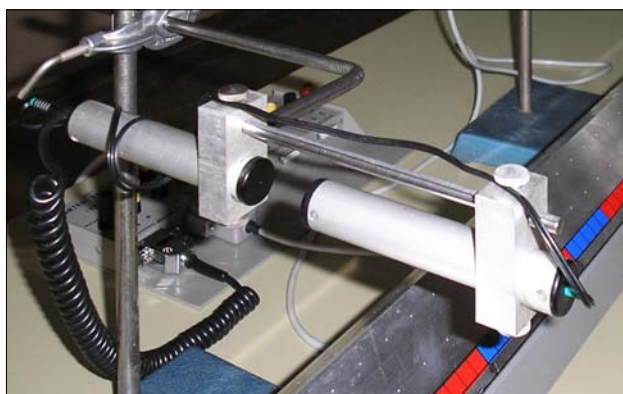
Jednoramenný přerušovač se používá k měření polohy – dráhy a následně pak k určení průměrné rychlosti. Dvojranný přerušovač se používá k měření okamžité rychlosti a průměrného zrychlení.

1.2 Úprava modulů optická závora

Pro zpřehlednění uspořádání měření byly provedeny některé úpravy sestavení modulů *optická závora*, jak bude níže popsáno. Pokud bychom k měření použili moduly *optická závora* v původním provedení – obr. 3, bylo by možno měření v principu provést, ale uspořádání by bylo značně nepřehledné. Proto byly provedeny úpravy pro zpřehlednění a snazší manipulaci s modulem, které spočívaly v nasazení tyčky tvaru „L“ na jednom konci osazené závitem a původní tvarovaná tyčka nahrazena kulatinou tvaru válce patřičného průměru – obr. 4.



Obr. 3 – původní uspořádání



Obr. 4 – modul po úpravě

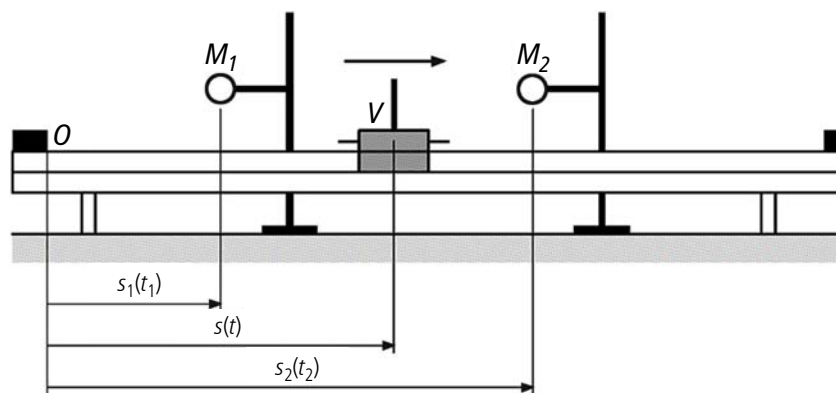
¹ jaresova.m@seznam.cz

2 Popis několika jednoduchých experimentů

Všechny experimenty provádíme pomocí ISESu s nastavením: celkový čas měření – 5 sekund, vzorkovací frekvence – 500 Hz, grafy získané pomocí obou modulů světelná závora zakresluje do jednoho obrázku (toto se nastavuje také v ISESu).

2.1 Měření průměrné rychlosti pohybu

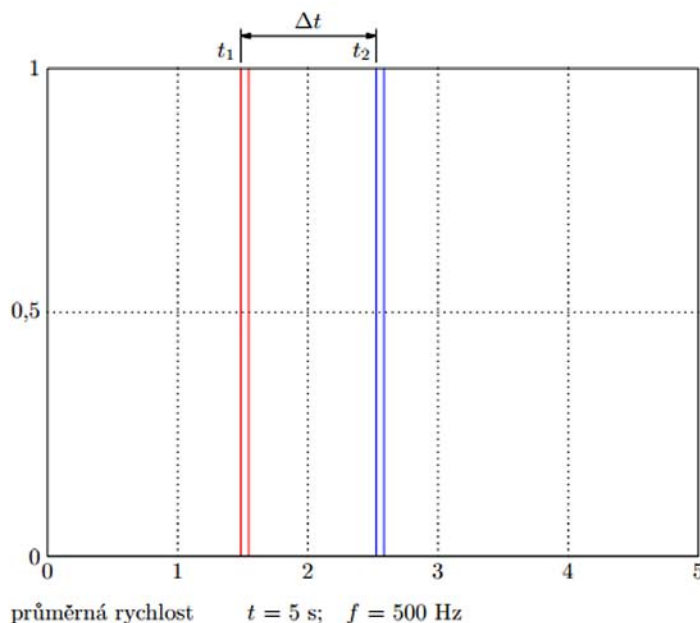
K tomuto měření použijeme oba moduly *optická závora*, u nichž budou známy souřadnice jejich polohy vzhledem ke vzduchové dráze (obr. 5): např. $s_1 = 50$ cm, $s_2 = 100$ cm. Vozík uvedeme do pohybu pomocí katapultu.



V – vozík, M_1, M_2 – moduly optická závora
 O – počátek startu vozíku

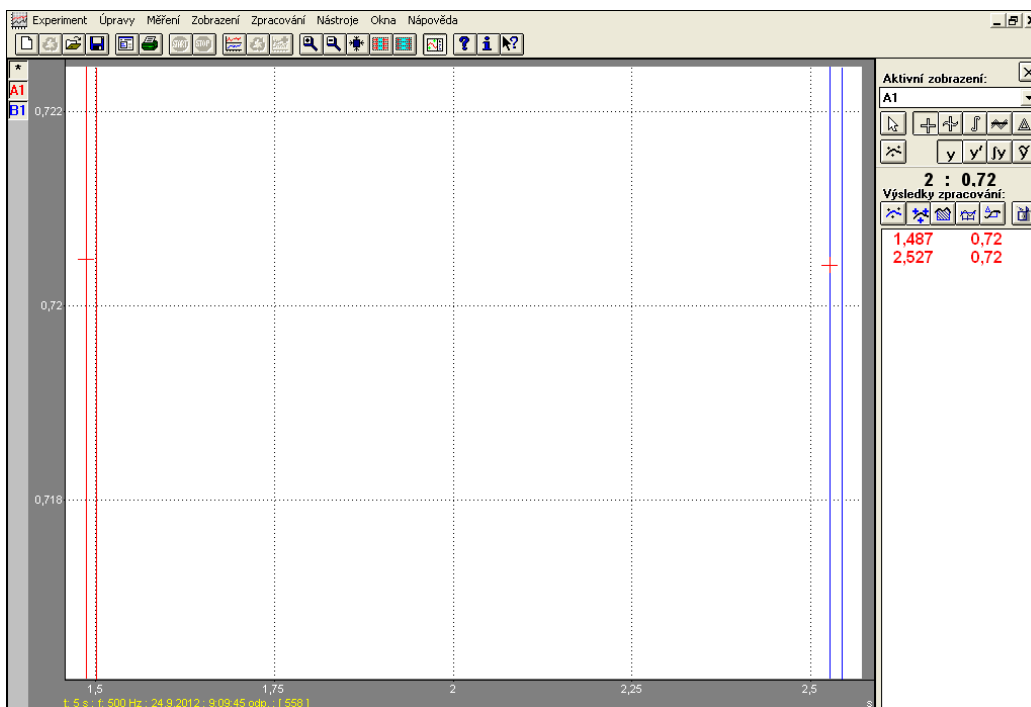
Obr. 5 – uspořádání vzduchové dráhy pro měření průměrné rychlosti

Pomocí měřicího systému ISES zaznamenáme doby průchodu t_1, t_2 vozíku těmito polohami (obr. 6), pak provedeme příslušné odečty² (obr. 7): $t_1 = 1,487$ s, $t_2 = 2,527$ s.



Obr. 6 – vysvětlení odečtu hodnot času naměřeného pomocí ISESu

2 Naměřené hodnoty času uvádíme s přesností, kterou poskytuje modul ISES, byť jsme si vědomi, že při vzorkovací frekvenci 500 Hz je přesnost na tisíciny sekundy diskutabilní.



Obr. 7 – odečet hodnot času naměřeného pomocí ISESu

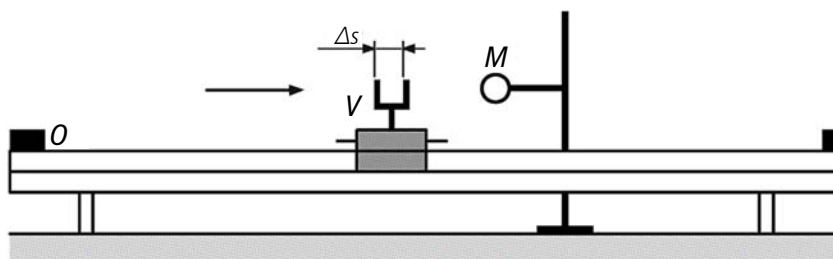
Z těchto hodnot je pak již možno stanovit průměrnou rychlost v_p užitím vztahu:

$$v_p = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} = \frac{1,00 - 0,50}{2,527 - 1,487} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 0,48 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

Pak je vhodné provést návazný pokus ukazující přechod od měření průměrné rychlosti k měření rychlosti okamžité, který bude spočívat v postupném zkracování Δs a tím zároveň i Δt . Technicky to provedeme tak, že budeme postupně zkracovat vzdálenost mezi oběma moduly a měřit odpovídající časy. Chceme-li však měřit na velmi malém úseku Δs , je třeba už použít dvojranný přerušovač, jak si dále popíšeme.

2.2 Měření velikosti okamžité rychlosti pohybu

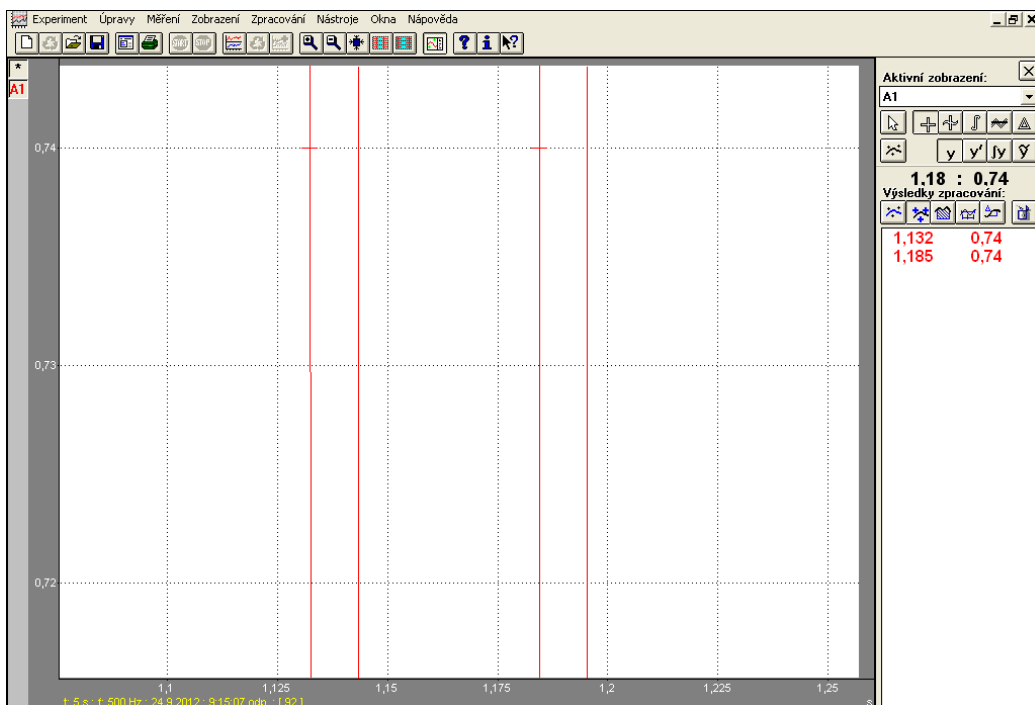
Z metodického hlediska je třeba žákům říci, že okamžitá rychlost je vektorová fyzikální veličina mající svůj směr a velikost. My se vzhledem k tomu, že se bude jednat o přímočarý pohyb, zaměříme pouze na měření její velikosti. V tomto případě vystačíme jen s jedním modulem optická závora. K měření použijeme dvojranný přerušovač (obr. 8). Vzdálenost ramen přerušovače $\Delta s = 3,5 \text{ cm}$. Vozík uvedeme do pohybu pomocí katapultu.



O – počátek startu vozíku, V – vozík, M – modul optická závora

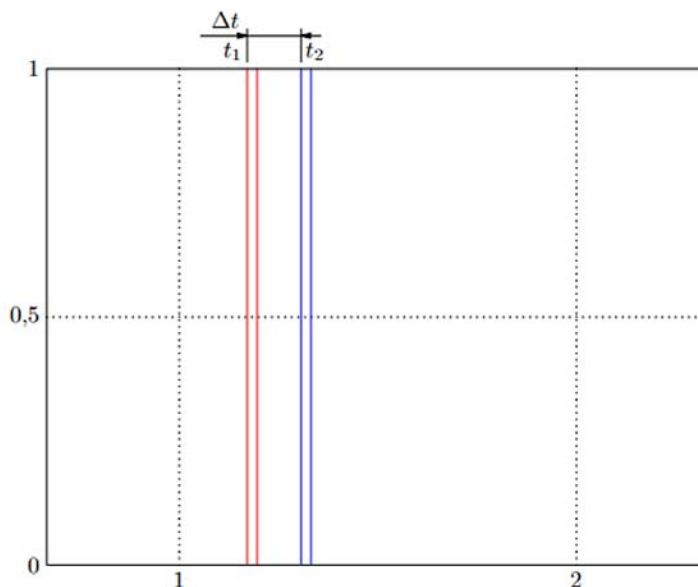
Obr. 8 – měření velikosti okamžité rychlosti

Na obr. 9 je znázorněn odečet veličin t_1, t_2 z grafu. Pomocí měřicího systému ISES opět zaznamenáme doby průchodu obou přerušovačů, pak provedeme příslušné odečty (obr. 9): $t_1 = 1,132$ s, $t_2 = 1,185$ s.



Obr. 9 – měření velikosti okamžité rychlosti pomocí ISESu

Na následujícím obr. 10 je blíže popsáno označení příslušných časů t_1, t_2 pro odečet a následné dosazení do níže uvedeného vztahu.



Obr. 10 – označení veličin při měření velikosti okamžité rychlosti pomocí ISESu

Z těchto hodnot je pak již možno stanovit velikost okamžité rychlosti v užitím vztahu:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} = \frac{0,035}{1,185 - 1,132} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 0,66 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

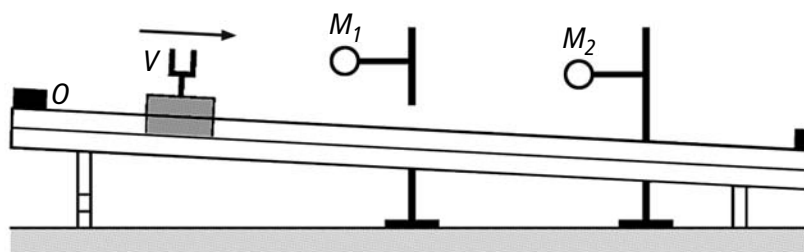
Tato hodnota se liší od průměrné rychlosti, zde je možno provést diskusi proč (např. vliv téměř zanedbatelné třecí síly, nepřesnosti při výrobě vzduchové dráhy, která nemusí být úplně přesně rovinná, nastavení „vzduchového polštáře“ atd.).

2.3 Měření průměrného zrychlení pohybu

Měření provedeme v uspořádání znázorněném na obr. 11. Vzduchovou dráhu na jednom konci podložíme tak, že z ní vznikne nakloněná rovina. Po uvolnění je vozík s dvouramenným přerušovačem uveden do pohybu vlivem působení gravitačního pole. Měříme průměrné zrychlení vozíku na nakloněné rovině užitím vztahu

$$a_p = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1},$$

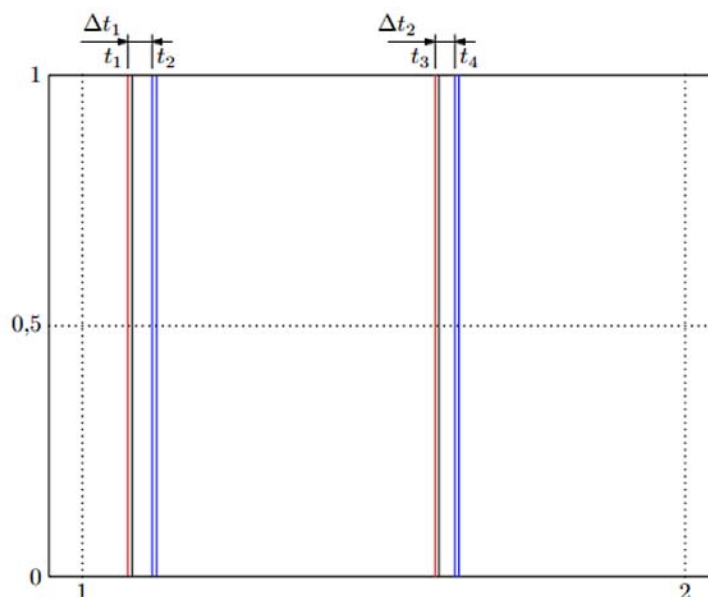
kde v_1 , v_2 jsou velikosti okamžitých rychlostí při průchodu modulem optická závora – k jejich určení použijeme předchozí metodu, $t_2 - t_1$ je rozdíl časů při průchodu oběma modulem optická závora.



V – vozík, M_1 , M_2 – moduly optická závora
 O – počátek startu vozíku

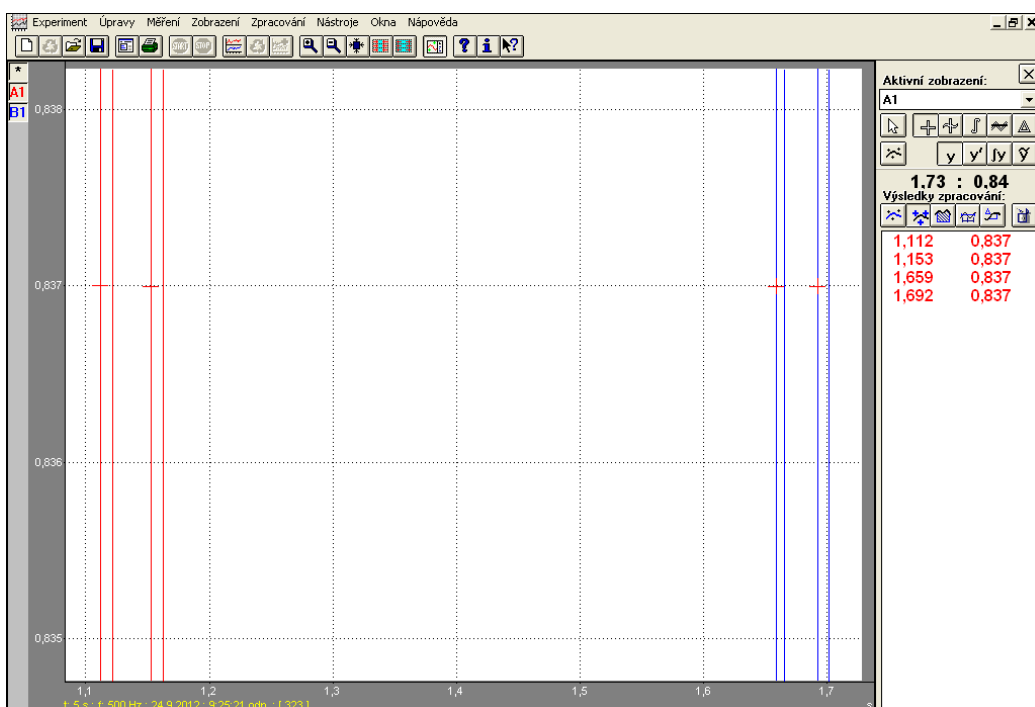
Obr. 11 – uspořádání pro měření průměrného zrychlení

Po proběhnutí vozíku získáme pomocí ISESu informace o průchodu vozíku oběma modulem, pak provedeme odečet hodnot a vypočteme průměrné zrychlení. Popis odečtu hodnot znázorňuje obr. 12.



Obr. 12 – popis veličin pro odečet hodnot při měření průměrného zrychlení

Z obr. 13, který je uveden níže, odečteme: $t_1 = 1,112$ s; $t_2 = 1,153$ s; $t_3 = 1,659$ s; $t_4 = 1,692$ s.



Obr. 13 – měření průměrného zrychlení pomocí ISESu

Při průchodu modulem M_1 se vozík bude pohybovat okamžitou rychlostí o velikosti

$$v_1 = \frac{0,035}{1,153 - 1,112} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 0,85 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1},$$

při průchodu modulem M_2 se vozík bude pohybovat okamžitou rychlostí o velikosti

$$v_2 = \frac{0,035}{1,692 - 1,659} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 1,06 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

Průměrné zrychlení pak je dáno vztahem

$$a_p = \frac{1,06 - 0,85}{1,659 - 1,112} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} = 0,38 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}.$$

Pokud bychom oba moduly k sobě začali přibližovat, můžeme naše měření průměrného zrychlení čím dál více zpřesňovat a postupně ukázat postup přechodu od měření průměrného zrychlení k měření velikosti okamžitého zrychlení.

Na závěr všech těchto měření je pak vhodné žáky motivovat k dalšímu přemýšlení např. tím, že jim dám za úkol promyslet si, na jakém principu funguje cyklocomputer, čímž si uvědomí, že se s určitými obdobami tohoto měření mohou setkat i v praktickém životě.