

O elementárním modelu GPS systému

JAN HORSKÝ – VLADISLAV NAVRÁTIL

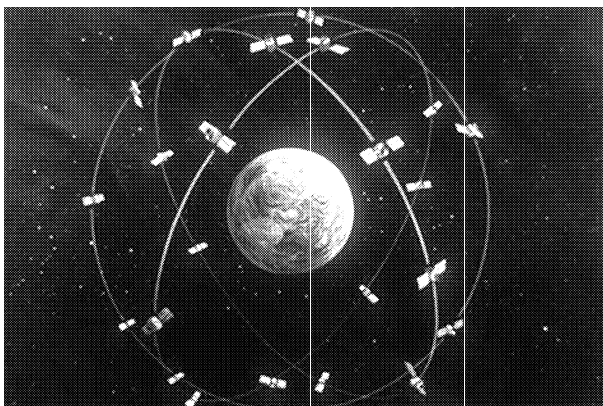
Pedagogická fakulta MU, Brno

Úvodem

Řada studentů základních a středních škol se již seznámila s činností přijímače GPS (*Global Positioning System*), nebo jej dokonce vlastní. Ve velké většině jej však používají stejně jako mobilní telefony, osobní počítače, MP a CD přehrávače, atd., tj. jako černé skřínky, bez hlubších znalostí o činnosti těchto přístrojů. V případě GPS je zajímavý i těsný vztah funkce celého systému a elementárních zákonitostí speciální teorie relativity (zejména relativnosti současnosti). Cílem příspěvku je právě hlubší objasnění zmíněné souvislosti.

Globální polohový systém (GPS)

Globální polohový systém [1] je navigační systém, kterým lze určit polohu systému kdekoli na zemském povrchu bez ohledu na počasí a denní dobu. GPS byl původně vojenským systémem, budovaným od roku 1973 Ministerstvem obrany USA. Od 90. let minulého století se stal plně dostupným po celém světě a využívá se i v civilní sféře. V současné době je tento systém tvořen 24 družicemi, z nichž 3 jsou záložní. Družice krouží kolem Země ve výšce přibližně 20 000 km na 6 oběžných drahách, skloněných vždy o 60° (obr. 1) Každá družice vysílá zprávy o své poloze a udává přibližné polohy ostatních družic systému. Přijímač GPS, který vlastní např. řidič, jedoucí do určitého místa na Zemi, zpracuje údaje z družic a navede řidiče do správného směru. Pro určení dvojrozměrné polohy (zeměpisná šířka a délka) je potřebný příjem signálu minimálně ze tří družic, pro určení trojrozměrné polohy (navíc výška) minimálně ze čtyř družic. Vyšší počet družic určení polohy zpřesňuje.



Obr. 1 Schéma činnosti GPS (převzato z [1])

Speciální Lorentzova transformace a relativnost současnosti

V klasické fyzice se předpokládá, že *čas je absolutní*, tj. že plyne stejně ve všech vztažných soustavách (např. hodiny ve vlaku mají stejný chod, jako hodiny nádražní). Podobně je i *současnost událostí absolutní*, tj. jsou-li dvě události, které se staly v různých místech, současné v jedné soustavě, jsou současné i ve všech ostatních vztažných soustavách. Stejně jako čas, je i délka předmětů a jejich hmotnost absolutní. Navíc platí v klasické fyzice mechanický (Galileiho) princip relativity: *ve všech inerciálních vztažných soustavách platí stejné zákony Newtonovy klasické mechaniky* [2, 3].

Speciální teorie relativity je založena na dvou principech, formulovaných Einsteinem:

1. Princip relativity: *Ve všech inerciálních vztažných soustavách platí stejné fyzikální zákony.*
2. Princip stálé rychlosti světla: *Ve všech inerciálních vztažných soustavách má rychlost světla ve vakuu stejnou velikost, nezávisle na vzájemném pohybu světelného zdroje a pozorovatele. Rychlost světla v libovolné inerciální vztažné soustavě je ve všech směrech stejná.*

Důsledkem Einsteinových principů jsou vztahy pro kontrakci délek, skládání rychlostí, závislost hmotnosti na rychlosti pohybu (relativistická hmotnost), vztah mezi energií a hmotností, a vztah pro dilataci času a relativnost současnosti [2, 3]: *Hodiny H' , pohybující se vzhledem k pozorova-*

telí jdou pomaleji, než hodiny H , které jsou vzhledem k tomuto pozorovateli v klidu.

Pro dilataci času platí vztah

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \gamma \Delta t', \quad (1)$$

kde $\Delta t'$ je doba trvání určitého děje, probíhajícího v daném bodě inerciální soustavy S' (vlastní čas), Δt je doba trvání děje v inerciální soustavě S , vzhledem ke které se inerciální soustava S' pohybuje rychlostí v a c je rychlost světla ve vakuu. A. Einstein dále ukázal, že *současnost dvou nesusoumístných událostí je relativní pojem*. To znamená, že bez udání vztažné soustavy nemá smysl hovořit o tom, zda dvě události jsou, nebo nejsou současné.

Nechť v inerciálním systému S' se v klidu na ose x' nachází řada hodin, měřících vlastní čas mezi dvěma událostmi, které nastaly v pevných (referenčních) bodech tohoto systému. Za realizaci takových hodin dnes považujeme hodiny atomové, které takový časový interval měří co nej přesněji. Omezíme se pouze na dvě prostorové dimenze a zavedeme druhý inerciální systém S , vůči němuž se S' pohybuje relativní rychlostí v ve směru kladné osy x . Systém S' se nachází ve výšce h nad osou x tak, že v časech $t = t' = 0$ osy y a y' splývají. Můžeme tedy psát

$$\begin{aligned} x' &= \gamma(x - vt), \\ y' &= y = h, \\ t' &= \gamma\left(t - \frac{vx}{c^2}\right), \end{aligned} \quad (2)$$

kde

$$\gamma = \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}}. \quad (3)$$

Uvažujme nyní o dvou bodových událostech A a B , které jsou současné v S' . V soustavě S však již obecně současné nebudou, budou se od sebe lišit o časový interval Δt , pro který obdržíme

$$\Delta t = \gamma\left(\Delta t' - \frac{v\Delta x'}{c^2}\right). \quad (4)$$

Bude-li $\Delta t' = 0$, máme

$$\Delta t = \gamma \left(\frac{v}{c^2} \right) \Delta x'. \quad (5)$$

Dále budeme uvažovat situaci, kdy bod A se nachází nalevo od bodu B [4].

Model

Pevné referenční body soustavy S' (například body A a B) nechť jsou tvořeny družicemi, nesoucími na svých palubách ideální (tj. co nejpřesnější) hodiny, které jsou všechny v S' synchronizovány (všechny v S' ukazují stejný čas). Sousední družice nechť jsou od sebe vzdáleny o vlastní vzdálenost L_0 .

V pravidelných časových intervalech (dle svých hodin) vysílají družice časové signály. Nechť se například turista nachází v soustavě S (na Zemi) v klidu a nechť právě přijal časový signál z bodu A , který je nalevo nad ním, a právě přijal signál z bodu B , který je napravo nad ním. Znamená to, že se turista nachází uprostřed mezi body A a B ? Nikoliv! Aby tomu tak bylo, bylo by třeba, aby oba signály byly vyslány současně v soustavě S , v níž je turista v klidu. Signál z hodin v B byl ovšem vyslán v S o časový interval

$$\Delta t = \gamma \left(\frac{v}{c^2} \right) L_0. \quad (6)$$

později, než z bodu A .

Nechť se například systém S' , pevně spojený s družicemi, pohybuje vůči systému S rychlostí v , rovnou přibližně $4 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$. Ze vztahu (6) plyne, že pro realistické rozložení družic, nacházejících se ve výši 20 000 km, je hodnota Δt řádu nanosekund. I za takový kratičký časový interval však světlo urazí dosti velkou vzdálenost – například za 6 ns urazí asi 2 m. Záleží-li nám tedy na přesném určení polohy v soustavě S , musí být na družicích umístěny velice přesné, co nejdokonaleji synchronizované hodiny. V současné době jsou takovými hodinami atomové (cesiové) hodiny.

Závěr

V našem příspěvku jsme na velmi jednoduchém a názorném modelu GPS ukázali, jak jsou korekce, plynoucí z tak teoretické oblasti fyziky, jakou je speciální teorie relativity, důležité pro realizaci tak praktické činnosti, jakou je určování polohy. Doufáme, že právě praktické využití závěrů

speciální teorie relativity bude pro studenty gymnázií stimulem pro studium fyziky.

Poděkování

Autoři děkují recenzentovi článku za jeho konstruktivní připomínky.

L i t e r a t u r a

- [1] <http://en.wikipedia.org/wiki/GPS>
- [2] *Bartuška, K.*: Speciální teorie relativity. Fyzika pro gymnázia. Prometheus, Praha 2001.
- [3] *Svoboda, E. a kol.*: Přehled středoškolské fyziky. Prometheus, Praha 1996.
- [4] *Klepáč, P., Horský, J.*: Teorie relativity a Globální poziční system. Čs. Čas. Fyz. **53**, 320, 2003.

Názory a postoje žáků k výuce fyziky

EMANUEL SVOBODA – GERHARD HÖFER

Matematicko-fyzikální fakulta UK, Praha – Pedagogická fakulta ZČU, Plzeň

(*Dokončení*)

3 Učebnice fyziky

V tomto zkoumaném okruhu jsme dospěli k těmto závěrům:

a) Četnost nošení učebnic na hodiny fyziky se na jednotlivých typech škol značně odlišuje. Zatímco na ZŠ nosí žáci učebnice na vyučování téměř vždy, na NG dochází k výraznému snížení. Velký propad je pak mezi NG a VG. Zde žáci nosí učebnice v průměru v polovině všech hodin fyziky. Na OŠ je situace ještě horší – učebnice nepoužívá čtvrtina všech dotazovaných žáků.

b) Na ZŠ se z nabízených sad učebnic umístily podle četnosti používání na školách učebnice autorů Kolářová a kol. (60 %), na dalších místech učebnice autora Macháčka (25 %) a autorů Jáchim – Tesař (15 %). Přitom sada učebnic autorů Jáchim – Tesař byla hodnocena jako nejlepší.

Je zarážející, že stejné učebnice hodnotili žáci NG mnohem hůře než žáci ZŠ. Jediná dosud existující sada učebnic fyziky pro VG byla hodnocena pozitivně.

c) Žákům není lhostejné, s jakou učebnicí v hodinách fyziky i při domácí přípravě pracují. Požádali jsme je o doporučení k zlepšení kvality učebnic fyziky. Tři okruhy výrazně převyšují ostatní doporučení: 1. *Grafická část učebnice* (barevné obrázky, fotografie, pestrost, ...) – celkem 1923 doporučení směřovalo k tomuto okruhu. Je to 42 % všech doporučení. 2. *Obsahová stránka učebnice* (lepší vysvětlení dané látky, praktické použití v denním životě, návody k pokusům, zkrátit články, neučit některé věci, ...) – i v tomto okruhu se žáci velice zodpovědně zamýšleli i nad obsahem učebnic a doporučovali zlepšit řadu obsahových prvků (vyjádřilo se celkem 1 552 žáků – 34 % ze všech návrhů). 3. *Vnější pohled na učebnice* (hezký vnější vzhled, učebnice by neměla být těžká a odřená, ...) – velmi frekventovaným doporučením byl návrh zlepšit vnější vzhled učebnice (doporučovalo 852 žáků – 19 % ze všech doporučení).

d) Učebnice fyziky se na všech typech škol používají podle předpokladu především k řešení úloh v učebnici obsažených (ZŠ – 47 %, NG – 52 %, VG – 51 %, OŠ – 36 %). Na VG žádnou učebnici v hodinách fyziky nepoužívá 14 % dotazovaných žáků, na OŠ dokonce 35 % žáků.

e) Předpoklad, že samostatná práce s učebnicí fyziky narůstá s vyššími ročníky, se bohužel nepotvrdila. Četnost této činnosti má naopak sestupný charakter. Z výzkumu vyplývá, že nejvíce se této metody používá na ZŠ (průměr 2,03), na NG je pokles na průměr 1,62. Na VG, kde by tato činnost měla být rozvíjena jako příprava pro vysokoškolské studium, je výrazný pokles na průměr 0,85! (Nabídnutá škála byla 0 – nikdy, 3 – v polovině případů, 6 – vždy.)

4 Domácí příprava žáků

Touto částí dotazníku jsme chtěli zjistit, jak často se žáci připravují na hodiny fyziky. Předložili jsme jim možnost volby v šestistupňové škále : krajní negativní volba nikdy byla ohodnocena stupněm 0, střední volba na polovinu hodin fyziky stupněm 3 a krajní pozitivní volba na všechny hodiny fyziky stupněm 6. Při sdružení 0, 1, 2 do jedné samostatné skupiny a pozitivních odpovědí 4, 5, 6 do druhé samostatné skupiny dostaneme následující tabulku 8.

Tab. 8 Zúžená tabulka relativní četnosti (v %) přípravy na hodinu fyziky doma

Typ školy/odpovědi	0, 1, 2	3	4, 5, 6
ZŠ	34	24	42
NG	43	27	30
VG	45	26	29
OŠ	46	30	24

Z tabulky sdružených hodnot odpovědí vyplývá, že téměř polovina žáků ZŠ se připravuje doma na více než polovinu hodin fyziky. U NG a VG je to necelá třetina žáků, na OŠ jen čtvrtina žáků. Na ZŠ se žáci připravují výrazně více než na NG. Rozdíl mezi přípravou žáků na NG a VG je statisticky nevýznamný. Nejvýraznější rozdíl je mezi přístupem žáků k domácí přípravě na ZŠ a OŠ.

Když jsme zjišťovali rozdíly v domácí přípravě na hodiny fyziky u hochů a dívek, došli jsme k závěru, že hoši přistupují k této přípravě lehkovážněji, tráví daleko méně času při této přípravě.

V dalším zkoumaném okruhu žáci upřesňovali, jak často při domácí přípravě používají učebnice fyziky. Použili jsme stejné odpovědní škály jako v předchozích odpovědích. Došli jsme k závěru, že žáci k domácí přípravě používají učebnice velmi zřídka. U NG a OŠ můžeme tento stav charakterizovat jako téměř nikdy (průměr na škále 1,92 a 1,89), u ZŠ a VG spíše ne (průměr 2,21 a 2,53).

Jednou z možností domácí přípravy žáků je používání písemných poznámek, které si žáci dělají při hodinách fyziky. Žáci opět volili ze škály 0 – 6: krajní negativní volba nikdy byla ohodnocena stupněm 0, střední volba na polovinu hodin fyziky stupněm 3 a krajní pozitivní volba na všechny hodiny fyziky stupněm 6. V tomto případě jsme zjistili, že žáci převážně používají písemné poznámky. Na všech typech škol převládl stupeň 6.

Žáci nás též informovali o osobách, které jim s domácí přípravou pomáhají. Volili mezi možnostmi: rodiče, prarodiče, sourozenci, spolužáci, kamarádi, učitel/ka, vychovatelka, jiná osoba, nikdo. Pořadí druhů pomoci je v tabulce 9.

Tab. 9 Pořadí forem pomoci při domácí přípravě (relativní četnosti žáků zaokrouhleny v %)

ZŠ	NG	VG	OŠ
1. nikdo (47)	1. nikdo (50)	1. nikdo (67)	1. nikdo (70)
2. rodiče (31)	2. rodiče (29)	2. spolužáci (11)	2. rodiče (9)
3. sourozenci (8)	3. spolužáci (6)	3. rodiče (10)	3.–4. spolužáci (7)
4. kamarádi (6)	4. sourozenci (6)	4. kamarádi (7)	3.–4. kamarádi (7)
5. spolužáci (4)	5. kamarádi (5)	5. sourozenci (3)	5. sourozenci (4)
6. prarodiče (2)	6. prarodiče (2)	6.–7. prarodiče (1)	6.–8. prarodiče (1)
7. – 8. učitel (1)	7. – 8. jiná osoba (1)	6.–7. učitel (1)	6.–8. učitel (1)
7. – 8. jiná osoba (1)	7. – 8. učitel (1)	8. jiná osoba (0)	6.–8. jiná osoba (1)

Nejvíce vyhledávají pomoc při domácí přípravě žáci ZŠ (53 %), pak NG (49,6 %), VG (33 %) a na OŠ dokonce pouze 30 %. Za pozornost stojí pokles počtu žáků vyhledávajících pomoc na NG proti ZŠ. Žáci se nejčastěji obracejí na své rodiče, dále v menší míře na spolužáky a sourozence. Pouze nepatrná část žáků vyhledává při domácí přípravě pomoc u učitelů, prarodičů, popř. jiných osob.

Žáci měli také odpovědět na otázku, zda sami doma nebo v přírodě provádějí fyzikální pozorování nebo pokusy. Předpokládali jsme, že výsledek nebude příliš pozitivní. Výsledky bohužel předčily naše očekávání. Výrazně převládá relativní četnost negativních odpovědí (80 % až 90 %) nad pozitivními.

5 Obecné otázky postihující zájem žáků o fyziku

Zkoumanými okruhy bylo hodnocení používání informačních zdrojů mimo výuku, čtení přírodovědné literatury, potřebnost fyziky a techniky, profesionální zaměření na matematiku a přírodní vědy, společenská prestiž jednotlivých povolání a potřebnost toho, co se ve výuce učí. Rozeberme jednotlivé okruhy podrobněji.

a) Informační zdroje mimo výuku

Žáci do záznamového listu zapisovali zdroje informací, které čtou nebo sledují. Vybírali z těchto nabízených možností: 1. Věda, technika a my; 2. Matematika, fyzika a informatika; 3. Školská fyzika; 4. Rozhledy MF; 5. jiné přírodovědecké časopisy; 6. různé encyklopedie; 7. přírodovědné programy v TV; 8. fyzikální stránky na Internetu; 9. jiné informační zdroje; 10. nic nečtu ani nesleduji z uvedených nabídek.

Zjistili jsme, že situace je na všech typech škol přibližně stejná. Můžeme vytipovat tři skupiny informačních zdrojů. První skupinu volilo přibližně 1 % až 8 % žáků. Jedná se většinou o časopisy – Věda, technika a my; Matematika, fyzika a informatika; Školská fyzika; Rozhledy MF; jiné přírodovědecké časopisy; fyzikální stránky na Internetu; jiné informační zdroje. Ve druhé skupině jsou ty informační zdroje, které se používají často (20 % až 39 %) – různé encyklopedie; přírodovědné programy v TV. Zvláštní skupinu žáků tvoří ti, kteří vůbec nic nečtou (přibližně každý pátý žák) a ani nesledují přírodovědné programy v televizi. Následující tabulka 10 konkrétněji podchycuje tuto skutečnost:

Tab. 10 Absolutní a relativní četnost sledování populárně vědeckých přírodovědných informačních zdrojů u žáků

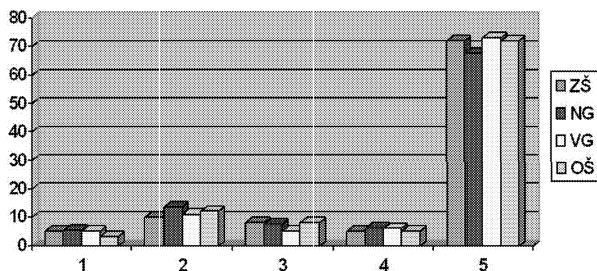
	Časopisy		Moder. média		Nic nečte		Součet
	A. č.	%	A. č.	%	A. č.	%	
ZŠ	672	15,7	2791	65,3	814	19,0	4 277
NG	135	13,5	645	64,3	223	22,2	1 003
VG	131	13	694	69	188	18	1 013
OŠ	163	12,6	891	68,7	242	18,7	1 296

Vidíme, že mezi jednotlivými typy škol existují rozdíly v přístupu k používání informačních zdrojů mimo výuku; rozdíly však nejsou příliš velké. Používání moderních informačních médií je na vyšších typech škol (VG a OŠ) četnější. Z výzkumu je také patrné, že současní žáci čtou velice málo nebo vůbec ne (podobné výsledky zjišťujeme i při zkoumání četby populárně vědecké literatury). Rozdíly mezi hochy a dívkami se neprokázaly.

b) Čtení přírodovědné literatury

V dalším šetření měli žáci vyznačit zájem o četbu přírodovědné literatury. Byly jim navrženy tyto možnosti: 1. kniha, která popisuje životopis některého významného přírodovědce; 2. populární kniha o astronomii; 3. populární kniha o ostatních oborech fyziky; 4. jiná přírodovědecká literatura; 5. nečetl žádnou. Výsledek šetření vyjadřuje histogram na obr. 5.

Na první pohled opět překvapí vysoké procento žáků, kteří vůbec nic z populární přírodovědné literatury nečetli (přibližně tři čtvrtiny žáků na všech typech škol). Souvisí to i s výsledky předcházející otázky. Rovněž



Obr. 5 Diagram rozložení relativních četností čtení populární přírodovědné literatury u žáků na všech typech škol

neexistuje rozdíl mezi zájmem hochů a dívek o populární přírodovědnou literaturu.

c) *Potřeba fyziky a techniky*

V tomto okruhu měli žáci vyjádřit svůj názor na užitečnost vědy a techniky ve škále nabízených odpovědí: 1. bez fyziky a techniky by současný život nebyl možný; 2. fyzika a technika nám pouze zpřjemňují život, mohli bychom se ale bez nich obejít; 3. fyzika a technika má na život spíše záporný než kladný vliv; 4. jsem zásadně proti fyzice a technice.

Přibližně tři čtvrtiny všech žáků volilo kladnou odpověď 1. Přes 90 % žáků se domnívá, že nějakým způsobem věda a technika potřebná pro život je (volba možnosti 1, 2). Pouze malá část (3 % až 7 %) odpovídá negativně (volba 3, 4).

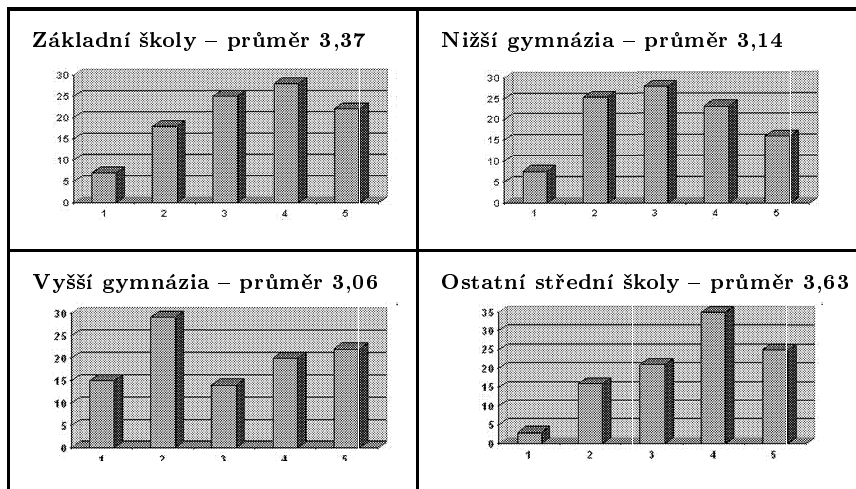
Na ZŠ a NG hoši volí ve větší míře stupeň 1 než dívky. Stupeň 2 volí více dívky než hoši. Na těchto typech škol hodnotí hoši tuto problematiku pozitivněji než dívky, což se projevuje také ve výrazné odlišnosti průměrů hodnocení. Na VG a OŠ je hodnocení hochů a dívek srovnatelné.

d) *Profesionální zaměření na matematiku a přírodní vědy*

Žáci měli zvážit své budoucí profesionální zaměření v oblasti matematiky nebo přírodních věd. Vybírali z následujících okruhů zaměření: 1. jsem výrazně orientován(a) na přírodní vědy a na matematiku; 2. mohl by to být jeden z možných směrů mého dalšího studia; 3. zatím nejsem rozhodnut(a); 4. spíše ne; 5. rozhodně ne. Histogram na obr. 6 zobrazuje zjištěnou skutečnost u zkoumaných žáků.

Profesionální orientace je aktuální až na VG. Při sledování procentového zastoupení hochů a dívek při hodnocení jednotlivých stupňů škály odpovědí jsme zjistili, že odpovědi se podstatně liší. Projevuje se to i v celkovém

průměru hodnocení. Hoši se více orientují na možné studium přírodních věd než dívky. Pouze na OŠ je trend opačný (v celkovém porovnání je však orientace ke studiu oborů přírodovědných na OŠ nejslabší).



Obr. 6 Diagramy procentového rozložení relativních četností profesionálního zaměření u žáků všech typů škol (průměr na škále 1 – 6)

e) Společenská prestiž jednotlivých povolání

Žáci měli také zvážit a vybrat z nabízených možností ta povolání, která jsou společností nejvíce vážena (nepřímo tato otázka postihuje názor samotného žáka): 1. právník, 2. ekonom, 3. lékař, 4. podnikatel, 5. herec, 6. učitel, 7. voják, 8. politik, 9. vědec, 10. překladatel, 11. umělec, 12. jiné. Ukázalo se, že u všech typů škol můžeme nabízená povolání rozdělit do tří skupin. První skupinu (interval 40 % až 10 % žáků na všech typech škol, tvořila povolání: lékař (volilo výrazně nejvíce žáků na všech typech škol), vědec, právník. Ve druhé skupině (9 % až 4 %) jsou volena především povolání: podnikatel, politik, herec, umělec. Ve třetí skupině, kterou volilo nejméně žáků, byla povolání: voják, učitel a překladatel. Zařazení povolání učitele do poslední skupiny ukazuje na celkové hodnocení učitelů jak žáky, tak i rodiči a širokým okolím. Tabulka 11 popisuje pořadí jednotlivých povolání podle společenské prestiže.

Tab. 11 Pořadí relativních četností (v %) společenské prestiže povolání u žáků (zao-krouhlo)

Interval	ZŠ	NG	VG	OŠ
40 – 10 (v %)	lékař – 29 % jiné – 15 % vědec – 10 % právník – 10 %	lékař – 33 % vědec – 14 % právník – 13 %	lékař – 40 % právník – 18 % vědec – 13 %	lékař – 35 % vědec – 16 % jiné – 11 %
9 – 4 (v %)	podnikatel – 8 % politik – 6 % herec – 5 % ekonom – 4 % voják, umělec – 4 %	jiné – 8 % podnikatel – 6 % politik – 6 % herec – 5 % umělec – 5 % ekonom – 4 %	umělec – 6 % ekonom – 5 % podnikatel – 4 % politik – 4 %	právník – 9 % podnikatel – 9 % umělec – 5 % herec – 4 % politik – 4 %
3 – 0 (v %)	učitel – 3 % překladatel – 2 %	učitel – 3 % voják – 2 % překladatel – 1 %	jiné – 3 % herec – 2 % učitel – 2 % překladatel – 2 % voják – 1 %	ekonom – 2 % učitel – 2 % voják – 2 % překladatel – 1 %

Neexistuje statisticky významný rozdíl mezi vyjádřeními dívek a hochů.

f) Potřebnost vědomostí z hodin fyziky

V posledním dotazníkovém okruhu měli žáci zhodnotit, zda použijí v životě znalosti z hodin fyziky. Hodnotili na odpovědní škále: 0 – rozhodně nesouhlasím; 1 – spíše nesouhlasím; 2 – nevím; 3 – spíše souhlasím; 4 – rozhodně souhlasím. Výsledky u hochů a dívek na jednotlivých typech škol uvádí tab. 12.

Podrobnějším zpracováním výsledků jsme zjistili, že hodnocení potřebnosti obsahu výuky fyziky pro reálný život se u žáků na ZŠ a NG statisticky neliší. Mezi NG a VG (popř. mezi ZŠ a OŠ) se naopak liší. Škola žáky stále více utvrzuje v názoru, že fyzika je pro reálný život méně potřebná. Směrem k vyšším ročníkům je tento názor více posílen. Bude potřebné zkoumat příčiny tohoto jevu podrobněji – např. jaký vliv má abstraktnost fyziky směrem k vyšším ročníkům (a tedy je pro život méně upotřebitelná), zda tento trend ovlivňují především negativní názory dívek apod.

Tab. 12 Absolutní a relativní četnosti názorů o potřebnosti fyziky u hochů a dívek na jednotlivých typech škol (% zaokrouhlena, průměr na škále 0 – 4)

Hodnocení		ZŠ		NG		VG		OŠ	
		A. č.	%	A. č.	%	A. č.	%	A. č.	%
0	Hoši	73	4	9	3	8	3	28	3
	Dívky	77	4	15	4	27	6	8	4
1	Hoši	150	8	36	10	66	23	118	13
	Dívky	207	11	73	17	140	29	39	17
2	Hoši	412	21	62	17	50	18	236	27
	Dívky	555	30	113	26	126	26	73	33
3	Hoši	765	40	171	47	110	39	378	43
	Dívky	702	39	190	44	157	33	86	28
4	Hoši	524	27	87	29	48	17	125	14
	Dívky	280	16	41	10	27	6	19	8
Součet	Hoši	1924		365		282		885	
	Dívky	1821		432		477		225	
Průměr	Hoši	2,79		2,80		2,44		2,51	
	Dívky	2,49		2,39		2,04		2,31	

Závěr

Provedený výzkum a statistické zpracování jeho výsledků přinesl mnoho důležitých poznatků využitelných v další práci didaktiků fyziky i učitelů fyziky všech typů škol. Jsme přesvědčeni, že námi získané výsledky přispějí k řešení problematiky našeho školství, zvláště pak přispějí ke zkvalitňování výuky fyziky v rámci vzdělávací oblasti „Člověk a příroda“. Podrobnější výsledky lze získat ve výzkumné zprávě „Výuka fyziky v širších souvislostech – názory žáků“, která je k dispozici v knihovnách učitelských fakult, a také v elektronické podobě na adrese www.pef.zcu.cz pod heslem Celostátní výzkum – výuka fyziky.

V některém dalším článku se budeme věnovat výsledkům dotazníku, který vyplňovali učitelé fyziky.

Vytipovali jsme i další možné směry výzkumu v didaktice fyziky, které se dají rozložit do tří směrů: 1. Jaký je vliv školy na formování zájmu žáků o přírodovědné předměty; 2. Jaký vliv na formování vztahu ke škole má mimoškolní prostředí; 3. Jaký vliv mají na formování tohoto vztahu samotní učitelé.

Úlohy pro 48. ročník fyzikální olympiády

KATEGORIE E, F

Kategorie E fyzikální olympiády je určena pro žáky 9. ročníků základních škol, čtvrtých ročníků osmiletých gymnázií a druhých ročníků šestiletých gymnázií, kategorie F fyzikální olympiády je určena žákům ročníků o rok nižších (8. ročníky ZŠ, 3. ročníky osmiletých a 1. ročníky šestiletých gymnázií).

Protože existuje příliš velká různorodost ve školních vzdělávacích programech (i při dodržení schválených rámcových vzdělávacích programů), rozhodla ÚKFO při svém únorovém zasedání zadat pro tyto dvě kategorie společně více úloh, z nichž učitel fyziky vybere a vyznačí sedm úloh pro každou kategorii podle učiva, které bude ve škole vysvětleno a procvičeno do konce března.

Pro vyšší kola soutěže (okresní, oblastní kolo) je nutné stanovit některá závazná témata:

Kategorie F:

Mechanika (pohyby, síly, práce, výkon, energie)
Hydromechanika (statika a dynamika kapalin, aerostatika)
Termika (tepelná výměna, teplo a práce, změny skupenství)
Optika (jen paprsková optika – geometrická řešení)

Kategorie E:

K výše uvedeným závazným tématům připojíme:
Elektřina (kondenzátor, stejnosměrný proud, obvody, účinky proudu)

EF1: Elektrický vlak

Délka elektrické vozové soupravy je 150 m. Souprava stojí na prvním nástupišti tak, že lokomotiva přední částí je právě na úrovni začátku střechy nástupiště. Vlak se rozjíždí z klidu, po době 20 s dosáhne rychlosti 54 km/h, pak se zrychlování změní a na konci 30. s má již rychlost 90 km/h

a jede stálou rychlostí dalších 90 s. Pak začne rovnoměrně brzdit a během 60 s zastaví v následující stanici.

- a) Nakresli graf změn rychlosti v závislosti na čase.
- b) Z grafu zjisti, jak daleko je lokomotiva od původního místa v okamžiku, kdy se změnilo tempo zrychlování vlaku.
- c) Jakou dráhu ujel vlak, než zastavil v následující stanici?
- d) Jakou průměrnou rychlostí jel vlak po celou trasu?

EF2: Stavba hotelu

Přímo proti oknům hotelu Meritus Mandarin v Singapuru, v němž byli ubytováni vedoucí delegací na 38. mezinárodní fyzikální olympiádě, pracovali stavební dělníci ve 25. poschodí. V přízemí nově stavěné budovy jsou plánovány obchody, a proto je výška přízemí 6,0 m, na každé další poschodí připadá 3,5 m. Dělníci se dostávají na vrchol stavby vnějším výtahem na boku budovy.

- a) Jako vysoko jsou stavební dělníci nad okolním terénem?
- b) Kdyby neopatrnému dělníkovi vypadl z kapsy šroubovák, jakou rychlostí by dopadl na zem?
- c) Jakou rychlostí se musí pohybovat výtah, když stihne trasu urazit za 2,5 min?
- d) Dokázal by hráč golfu odpálit míček na vrchol stavby, popř. až do plánovaného 35. poschodí? Nejlepší hráči golfu dokážou odpálit míček rychlostí až 65 m/s.
- e) Zjisti, zda z vrcholu výškové budovy, která bude mít 35 poschodí, bude možno obhlédnout celý ostrovní stát Singapur, jehož plošný obsah je 640 km². Modeluj ostrov kruhovým nebo eliptickým tvarem a pracuj s atlasem nebo mapou na počítači.

K řešení můžeš použít skutečnosti, že polohovou energii tělesa lze určit ze vztahu $E = mgh$, pohybovou ze vztahu $E = \frac{1}{2}mv^2$.

EF3: Pravidelný let BA 011

Při pravidelném letu BA 011 z Londýna do Singapuru vylétá letadlo britských aerolinií z letiště Londýn-Heathrow ve 21 h 25 min a přistává v Singapuru-Changi následující den v 17 h 15 min. Při startu oznámila informační TV předpokládanou vzdálenost až do přistání 6768 mil (anglických). Trasa podle mapky vedla v okolí následujících míst: Londýn, Berlín, Kyjev, Islamabad, Dillí, Kalkata, Kuala Lumpur, Singapur-Changi. Na zpáteční cestu vyráží letadlo ve 23 h 59 min a v Londýně přistává v 6 h

45 min. Zpáteční cesta vede přes Kuala Lumpur, Indický poloostrov, Dubaj, Damašek, Ankaru, přeletí Černé moře a pokračuje v okolí Bukurešti, Budapešti, Vídně, Mnichova, Rotterdamu na londýnské letiště, přičemž urazí přibližně tutéž dráhu.

- a) Obkresli z mapy Asie obrys Eurasie a vyznač obě trasy plynulou čarou; měřením si ověř údaje o délce trasy.
- b) Vysvětli rozdíl v době letu v obou směrech letu; proč se udává někdy start v čase World Time (WT).
- c) Urči průměrnou rychlost letadla v každém z obou směrů letu. Na čem závisí rychlost letadla?

Při řešení pracuj se zeměpisným atlasem nebo s globusem.

EF4: Kameraman na cestách

Kameraman a režisér dokumentárního filmu o deštných pralesích se jednoho dne vydali z letiště Changi v Singapuru nejprve letadlem do Pontianaku na ostrově Kalimantan; průměrná rychlost letu byla včetně startu a přistání 320 km/h. Tam si pro další den najali menší letadlo, aby zjistili vhodné podmínky pro filmování. Letadlo dosahovalo průměrné rychlosti 250 km/h a přeletěli s ním do Samarindy, odtud do Sandakanu, nakonec přistáli v Bandar Seri Begawanu, hlavním městě Brunei Darussalam a vydali zpět do Pontianaku. Při každém přistání počítáme technickou přestávku 1,5 h.

- a) Zjisti zeměpisné souřadnice všech uvedených míst.
- b) Zjisti vzdálenosti uvedených míst.
- c) Stačil by jeden den na filmování? V tropech trvá den zpravidla 12 h, později svítá a dříve se stmívá než v létě v našich zeměpisných šířkách.
- d) Protože režisér dostal v Bandar Seri Begawanu mobilem zprávu, že se musí urychleně vrátit do Singapuru, letělo menší letadlo přímo na letiště Changi místo do Pontianaku. Kdy přistálo?

K řešení úlohy si sežej mapu s vhodným měřítkem, doporučujeme Nový atlas světa, kde jsou mapy s měřítkem 1 : 4 500 000. S mapou pracuj opatrně, abys ji nepoškodil. Můžeš použít též na Internetu Google Earth 3D, stanovit souřadnice všech letišť, rovníkový poloměr Země je 6 378 km, délka poledníku je 20 004 km.

EF5: Stožárová anténa vysílače

V rovinné krajině je postaven stožár antény vysílače o celkové výšce

150 m, kterým byla šířena elektromagnetická vlna; zeměpisná šířka polohy stožáru je asi $50^{\circ}12'$ a zeměpisná délka $15^{\circ}8,5'$ (tyto stožáry jsou dva, jsou stejně vysoké a stojí nedaleko jeden od druhého).

- a) Najdi si polohu stožáru na mapě České republiky, a pak v autoatlasu.
- b) Jaký nejkratší může být stín stožáru ve dnech, kdy nastává rovnodennost?
- c) Jaký vůbec může být nejkratší stín tohoto stožáru?
- d) Jak bychom mohli určit výšku stožáru, máme-li k dispozici tyč o délce přesně 4,00 m?
- e) Na vyhledávací Internetu www.mapy.cz najdi polohu místa „Golfový klub Poděbrady“, v jehož bezprostředním okolí stožáry jsou. Zjisti vzájemnou vzdálenost obou stožárů. Změř délku stínu stožáru, zjisti úhlovou výšku Slunce nad obzorem v okamžiku vzniku snímku.

Príslušnou teoretickou část úlohy si nastuduj v učebnici astronomie nebo zeměpisu.

EF6: Na letišti Heathrow v Londýně (poprvé)

Jednu část letištní odletové haly v Terminálu 1 na letišti London-Heathrow tvoří prostor pro čekání cestujících, umožňující pozorování přistávajících a odlétávajících letadel. Výhledový prostor je omezen svislou skleněnou stěnou, která představuje plášť skoro válcové plochy o poloměru 15,0 m a o středovém úhlu 160° . Tato válcová plocha je vytvořena ze skleněných desek o šířce 70 palců a o výšce 150 palců (což je i výška místnosti), tloušťky 0,2 palce.

- a) Vysvětli, proč jsou svislé skleněné desky polepeny ve výšce 80 cm a 150 cm zelenými kruhovými samolepkami, které ztěžují výhled na letištní plochu?
- b) Urči, kolik skleněných desek je potřeba k sestavení této stěny.
- c) Urči hmotnost jedné skleněné desky, je-li hustota skla $2\,600\text{ kg/m}^3$; unesou ji čtyři lidé?
- d) Vypočti, jaká je celková hmotnost skleněných desek použitých na tuto stěnu a na kolik automobilů o nosnosti 5 t je bylo nutno naložit.
- e) Jaký je obvyklý systém jednotek pro měření délek ve Velké Británii?

EF7: Na letišti Heathrow v Londýně (podruhé)

Na letišti Heathrow je v odpoledních hodinách značný provoz. V oblasti terminálů 1 a 2 startuje každých 10 minut čtyři až pět letadel. Předpokládejme, že letadla mají vzletovou rychlost 162 km/h a že se rozjíždějí

po ranveji při startu tak, že jejich rychlost se každou sekundou zvětšuje o 1,5 m/s.

- a) Nakresli graf závislosti rychlosti na čase od okamžiku rozjezdu.
- b) Urči dráhu nutnou pro dosažení vzletové rychlosti.

Předpokládejme, že letadlo potom začne stoupat s úhlem stoupání 18° do té doby, než dosáhne letové rychlosti 864 km/h, přičemž se zrychlení nemění.

- c) Za jak dlouho dosáhne této rychlosti?
- d) Jakou vzdálenost přitom letadlo urazí a v jaké výšce se přitom nachází (k řešení využij podobnosti trojúhelníků se společným úhlem 18°)?

Vysvětli, proč a v čem musíme úlohu zjednodušit oproti skutečnosti, abychom mohli problémy řešit.

EF8: Majitel bazénu

Majitel vlastní bazén o rozměrech 1,80 m a 6,00 m. Může do něj napustit vodu až do výšky 1,25 m. Ke konci podzimu byla hloubka vody 50 cm. Když jedné noci přišel silný mráz, na vodě se utvořila vrstva ledu a zbylá voda měla teplotu 0°C . Aby bazén byl odizolován, majitel ho přikryl ochrannými polystyrénovými deskami; pak mohl zvolit jednu z následujících metod k odstranění ledové vrstvy:

- a) Ze zásobníku horké vody přečerpal do bazénu 3 hl vody o teplotě 80°C , když led právě roztál. Jaká mohla být největší tloušťka ledu v bazénu?
- b) Do vody ponořil pod led přes noc čtyři ponorné vařiče, každý o příkonu 1200 W, a nechal je zapnuté po dobu 6 h, když led právě roztál. Jaká mohla být největší tloušťka ledu v bazénu?
- c) Jak by se změnila výsledky, kdyby podruhé byla tloušťka ledu stejná, jako vyjde v části a), ale majitel zapomněl při čerpání pozorovat hladinu a přičerpal 4,5 hl?
- d) Jak by se změnila výsledky v části b), kdyby podruhé byla tloušťka zase stejná, jako vyjde v části b), ale majitel na vařiče zapomněl a nechal je zapnuté celou noc, tj. 8 h?

Potřebné údaje si najdi v matematicko-fyzikálních tabulkách nebo v učebnici.

EF9: Geopoziční satelitní systém

Geopoziční satelitní systém určuje velmi přesně polohu vybraných bodů

na povrchu Země a pomocí těchto údajů můžeme zjišťovat i vzdálenosti mezi nimi. Totéž můžeme zjistit z údajů leteckých snímků, k nimž se dostaneme prostřednictvím internetových vyhledávačů.

- a) Najdi na vhodné mapě a jí odpovídajícím leteckém snímku vaši školu, dům, v němž bydlíte, a stanov zeměpisné souřadnice těchto míst.
- b) Odhadni, s jakou přesností jsou polohy vybraných bodů stanoveny; převed na délkové údaje.
- c) Z údajů na letecké mapě a užitím Pythagorovy věty zjisti pomocí souřadnic přímou vzdálenost vybraných dvou bodů, jež leží, popř. neleží na jedné rovnoběžce, popř. poledniku.
- d) Urči přímou vzdálenost těchto bodů užitím programu „Měření“ v tomto systému.

EF10: Měření z leteckých snímků

Najdi si letecký snímek Brodku u Přerova. Tam na nádraží najdeš čtyři nákladní vlaky. Zjisti jejich délku dvěma způsoby:

- a) Změř délku vlaků programem „Měření“. Nezapomeň, že při největší zvolené přesnosti se ti asi nepodaří provádět celé měření jen na jednom zobrazení na monitoru.
- b) Změř souřadnice počátečního a koncového bodu každého vlaku, zjisti jejich rozdíl, a tedy změnu úhlových souřadnic odpovídající délce vlaku.
- c) Vycházej ze skutečnosti, že střední poloměr naší Země je přibližně 6371 km. Zjisti, jaká délka odpovídá jednomu délkovému stupni, jedné minutě, jedné vteřině na povrchu Země v daném místě a této skutečnosti využij ke stanovení severojižní a východo-západní změny souřadnic. Z nich pomocí Pythagorovy věty zjisti délku vlaků. Délka rovnoběžky $49,5^\circ$ je asi 26000 km.
- d) Kdyby vlaky nestály ve stanici, ale pohybovaly by se stálou rychlostí 54 km/h, potom mezi umístěním kótovací značky (křížku) na obou koncích vlaku uplyne doba alespoň 5,0 s. Jak se tato skutečnost projeví při měření délky jedoucího vlaku.

EF11: Je to možné?

Kdosi vymyslel následující přirovnání: v jednom molu plynu je za normálního tlaku tolik částic jako je zrněk písku na Sahaře. Zrnko si představíme tak, že ho právě vměstnáme do krychle o hraně 0,5 mm. Plošný obsah Sahary je 8,0 miliónu km². Počet částic v 1 molu je asi $6,0 \cdot 10^{23}$.

- a) Je uvedené přirovnání reálné, tj. jak vysoká by byla v tomto případě vrstva písku na Sahaře?
- b) Jak dlouho by tyto částice odpočítával člověk, kdyby dokázal nechat proudit písek malým otvorem a každou sekundu tak oddělit milion částic?
- c) Jaká by byla hmotnost tohoto suchého písku o hustotě $2\,000\text{ kg/m}^3$? Porovnej s molární hmotností vzduchu $0,029\text{ kg/mol}$.

EF12: Polárníci budou zachráněni

Ledová kra o rozměrech $15\text{ m} \times 12\text{ m}$ a o tloušťce 120 cm má hustotu 910 kg/m^3 , hustota okolní mořské vody je $1\,030\text{ kg/m}^3$. Na kře jsou tři polárníci s vybavením, což dohromady představuje hmotnost $1,50$ tuny. Při záchranné akci přistál na kře přesně uprostřed vrtulník BK117-B2 o hmotnosti 1800 kg , aby polárníky přesunul na záchrannou loď.

- a) Jaká část kry je ponořena pod hladinu, když na ní jsou zpočátku polárníci s vybavením?
- b) Nejsou polárníci ohroženi přistáním vrtulníku na tuto kru?
- c) Jaké zatížení by kra unesla, aniž by se ponořil její povrch pod hladinu?

EF13: Elektrický rozvod

Při renovaci starých budov je nutno vyměnit starý hliníkový elektrický rozvod za měděný. Budeme požadovat, aby průřez drátů i jejich délka se nezměnily. Hustota mědi je $8\,960\text{ kg/m}^3$ a hustota hliníku $2\,700\text{ kg/m}^3$, obsah kolmého příčného řezu vodičů je $2,5\text{ mm}^2$, odpor vodiče o délce 1 m a obsahu kolmého příčného řezu 1 mm^2 je pro měď $0,0155\text{ ohmu}$, pro hliník $0,0245\text{ ohmu}$. Odpor R drátu o délce l , obsahu kolmého příčného řezu S a měrné rezistivitě ρ se určí $R = \rho l / S$. Z praktických důvodů budeme dosazovat obsah kolmého příčného řezu v mm^2 a délku vodiče v m , potom výše uvedené hodnoty představují měrnou rezistivitu v jiných jednotkách než v SI, ale prakticky se užívají. Pro výměnu je třeba 100 m vodiče.

- a) O kolik se změní hmotnost stometrového měděného vodiče oproti hliníkovému?
- b) O kolik se změní odpor stometrového měděného vodiče oproti hliníkovému?

EF14: Největší český rybník

Největší český rybník Rožmberk má plošný obsah 489 ha a obvykle se v něm nachází 6 miliónů krychlových metrů vody. Rybář seděl na loďce

a jedl housku, na jejímž povrchu byly krystalky kuchyňské soli. Seškrábl několik krystalků soli o celkové hmotnosti 0,35 g a vhodil do vody. Kdyby bylo možno dobře, a tedy dokonale vodu v rybníce promíchat, sůl by se rozpustila a rozptýlila se po celém rybníku. Rybář pak nabral na lžičku $1,0 \text{ cm}^3$ vody.

- a) Obsahuje voda ve lžičce alespoň dva atomy sodíku, které by pocházely z krystalků soli na housce? 1 mol NaCl má hmotnost 0,0585 kg a obsahuje $6,0 \cdot 10^{23}$ molekul.
- b) Jaká je hmotnost NaCl na lžičce vody a kolik je v ní molekul pocházejících z krystalku?
- c) Jaká je hmotnost jedné molekuly NaCl?

EF15: Proč průhledné desky kloužou?

Asi jsi upozoroval, že umístíš-li papír na skloněnou plochu, pak až do určitého úhlu sklonu zůstane v klidu, a teprve potom začne klouzat. Dáleko horší je to s euroobaly, které kloužou i tehdy, když si to nepřejeme. Příčinou je tření. V této práci si sám navrhneš postup i zápis svých měření a stanovíš podmínku pro vznik klouzání papíru, papírových desek, euroobalů (jsou drsnější i hladší) po různých podložkách (deska stolu nebo lavice – dřevěná či umakart, papírová podložka, PVC). Nejlepší bude, když najdeš dostatečně dlouhé a široké prkno, s nímž budeš potom laborovat. Jako těleso si vezmi dvacet kancelářských papírů formátu A4, které vhodně spojíš do balíčku nebo umístíš do desek. Pokus prováděj v případě, že až do začátku pohybu desek se jich nebudeš dotýkat (klidové tření) nebo tělesu uděl drobný počáteční impuls (smykové tření). Při měření umístí základní podložku (prkno) o délce l jedním koncem na vodorovnou rovinu a zjišťuj výšku h druhého konce nad touto rovinou; pak podíl $h/l = \sin \alpha$, kde α je úhel sklonu. Fyzikální teorie říká (jak poznáš na střední škole), že součinitel smykového tření je roven $\tan \alpha$. K příslušným výpočtům použij svého kalkulátoru.

Každé měření alespoň pětkrát opakuji a uvedu v tabulce naměřené hodnoty i hodnotu průměrnou. Věnuji pozornost protokolu o svém měření. Všimni si, že ve fyzice při měření některých veličin musíme měřit veličiny zcela jiné, a potřebnou hodnotu potom vypočítat. Pro porovnání zjistí i úhel sklonu podložky, po které se dá do rovnoměrného pohybu kulička nebo míček od stolního tenisu. Výsledky porovnej. Poznámka: Pokusy můžeš provádět i s krabičkami od léků, naplněné pískem, které budou klouzat po prkně = nakloněné rovině.