

Fyzikální bludiště a další aktivity z doby koronavirové

Vladimír Vícha

Gymnázium, Pardubice, Dašická 1083; ÚTEF ČVUT Praha

Abstrakt

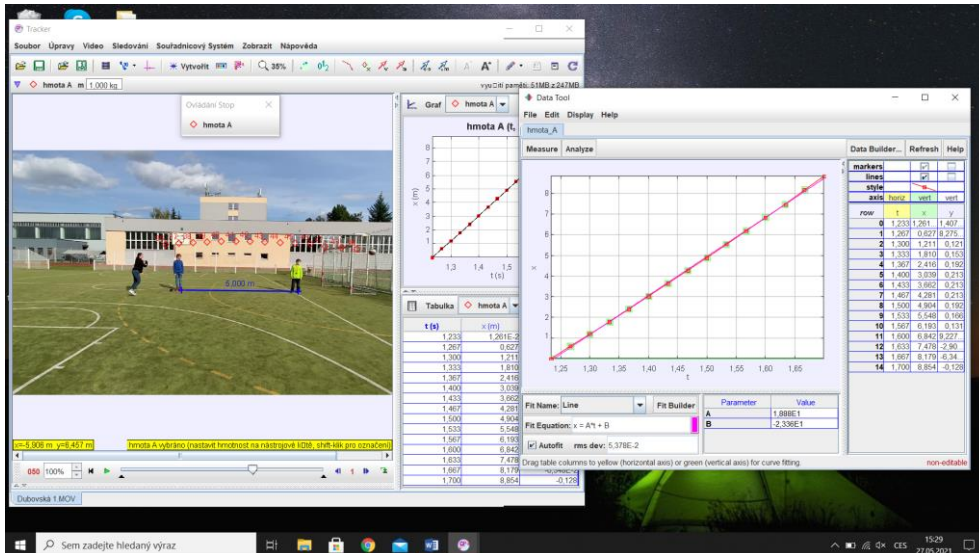
Příspěvek pojednává o aktivitách určených pro cvičení z fyziky v sekundě osmiletého gymnázia v době, kdy probíhala distanční výuka, nebo prezenční výuka s respirátory povinnými uvnitř budov. Jako domácí práci dostali žáci úkol splnit řadu fyzikálních úkolů, aby prošli třemi cestami Fyzikálního bludiště. Pro prezenční výuku jsem se snažil vymyslet takové fyzikální aktivity, abychom je mohli plnit pod širým nebem, a tudíž bez dusících respirátorů. Patří mezi ně měření rychlosti vozidel, videoměření, fyzikální vycházka, model Sluneční soustavy či měření výšek a délek.

Proč fyzika pod širým nebem?

Na našem gymnáziu si studenti během primy osmiletého studia volí mezi dvěma předměty, na které budou docházet v sekundě. Jsou jimi cvičení z fyziky a cvičení z biologie. Volitelný předmět se učí jako dvouhodinový jednou za 2 týdny. Cvičení z fyziky máme zaměřené na praktické a laboratorní práce a výuka je proto umístěna do laboratoře fyziky. Já jsem tento předmět v koronavirovém roce 2020-2021 měl v rozvrhu od 14 h do 15:30 h. Žáci byli většinou na distanční výuce, někdy na prezenční výuce, ale měli již za sebou 6 hodin výuky v respirátorech. Přemýšlel jsem, jak jim od respirátorů ulehčit, což bylo možné při výuce mimo budovy. A tak vzniklo několik nových aktivit, které jsme uskutečnili v září a prosinci 2020 a pak v květnu a červnu 2021.

Videoměření

Každý student si na školním hřišti mobilem zaznamenal tři pohyby: hozený míč, kopnutý míč a běh (házel student, natáčel kamarád). Videozáznamy si studenti uložili do školních notebooků a tím se naplnil čas jednoho cvičení. V následujícím cvičení se studenti naučili pracovat s programem Tracker – záznam stop pohybu, vytvoření grafu závislosti souřadnice x na čase, proložení grafu přímkou a určení rychlosti (ve směru x) z grafu. Do MS Teams odevzdávali printscreen obrazovky se zápisem rychlosti v jednotkách m/s a km/h (obr. 1).



Obr. 1. Videoměření programem Tracker. Dva chlapci vyznačují úsečku 5 m (kalibrační tyč), červené kroužky kopírují trajektorii míče a z rovnice v grafu lze vyčíst, že rychlost míče ve směru osy x byla 18,88 m/s.

Rychlost vozidel

Měřili jsme průměrnou rychlost dopravních prostředků, které projížděly kolem naší sportovní haly, tedy v obci kde povolená rychlost je 50 km/h. Studenti si na živém plotě dvěma barevnými fáborky vytýčili vzdálenost 60 m a na stopkách svých mobilů měřili čas, během něhož vozidlo tuto vzdálenost urazilo. Průměrnou rychlost v jednotkách m/s vypočítávali podle vztahu $v = \frac{s}{t}$ a převáděli ji na km/h. Vozidlo, které překonalo o 10 % povolenou rychlost (chyba měření) „dostalo pokutu“.

127

Měření rychlosti dopravních prostředků u haly Dašická

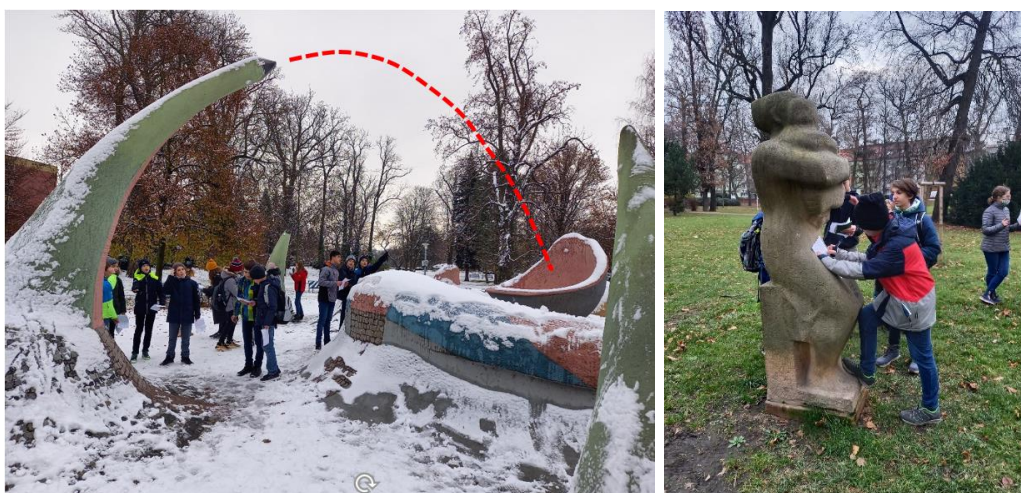
Co jelo	Dráha (m)	Čas (s)	v (m/s)	v (km/h)	
osobní	60	4,02	14,9	53,64	
autobus	60	4,98	12	43,2	
škoda osobní	60	5,73	10,5	37,8	
dodávka	60	3,45	17,4	62,64	Pokuta
osobní	60	4,89	12,3	44,28	
osobní	60	3,07	19,9	71,64	Pokuta
moped	60	4,71	12,7	45,72	
cyklista	60	11,05	5,4	19,44	
malovka	60	3,50	17,1	61,56	Pokuta
autobus	60	4,64	12,9	46,44	
bus	60	5,46	11,0	39,6	
autobus	60	4,65	12,9	46,44	Pokuta

Obr. 2. Vyplněný pracovní list k měření rychlosti dopravních prostředků. Vidíme, že třetina vozidel překročila povolenou rychlost 50 km/h o více než 10 %.

Fyzikální vycházka

Každý student dostal pracovní list s 18 otázkami, jež se vázaly ke konkrétním stanovištím v bližším i vzdálenějším okolí školy, a které tematicky spadaly do fyziky, resp. techniky. Při vycházce jsme se postupně zastavili na všech stanovištích a každý student sám za sebe písemně odpovídal. Když byli všichni s odpovědí hotovi, řekli jsme si hned řešení a student si sám zapsal bod, či nikoli. Studenti dopředu věděli, že podle dosažených bodů známkování nebudou. Zde je seznam otázek:

1. Odhadněte výšku gymnázia. Tolerance 5 m. Stanoviště: před školou
2. Jakou rychlostí by dopadl na zem kámen volně puštěný ze střechy gymnázia?
A) 22 km/h B) 47 km/h C) 68 km/h Stanoviště: před školou
3. Jaká je plocha asfaltu před gymnáziem? Vyjádřete v arech. Jeden čtverec o rozměrech 10 m × 10 m má obsah 1 ar. Tolerance 3 ary. Stanoviště: před školou
4. V běžné zásuvce je napětí 230 V. Jaké napětí je mezi dráty, které používá trolejbus?
A) 100 V B) 600 V C) 3000 V Stanoviště: Pod trolejbusovým vedením
5. Kolik kilometrů trolejbusových tratí je nataženo v Pardubicích? Tolerance 10 km. Stanoviště: Pod trolejbusovým vedením
6. Jak je dlouhý chodník v Bubeníkových sadech od zídky až ke schodům? Tolerance 20 m Stanoviště: Bubeníkovy sady
7. Za jak dlouho by uběhl nejrychlejší běžec na atletické dráze vzdálenost stejnou jako je délka chodníku? Tolerance 3 s. Stanoviště: Bubeníkovy sady
8. Jakou přibližně rychlostí musí tryskat voda z fontány, aby dopadala do mušle (obr. 3 vlevo)?
A) 20 km/h B) 40 km/h C) 60 km/h Stanoviště: Bubeníkovy sady – fontána




Obr. 3. Stanoviště Bubeníkovy sady. Vlevo fontána, vpravo socha.

9. Odhadněte hmotnost této sochy
A) 50 kg B) 200 kg C) 600 kg Stanoviště: Bubeníkovy sady – socha

10. Dětskou pružinovou houpačku (obr. 4), na které nikdo nesedí, rozkmitáme. Změřte dobu jednoho kmitu (periodu). Tolerance je 0,2 s. Stanoviště: Bubeníkovy sady



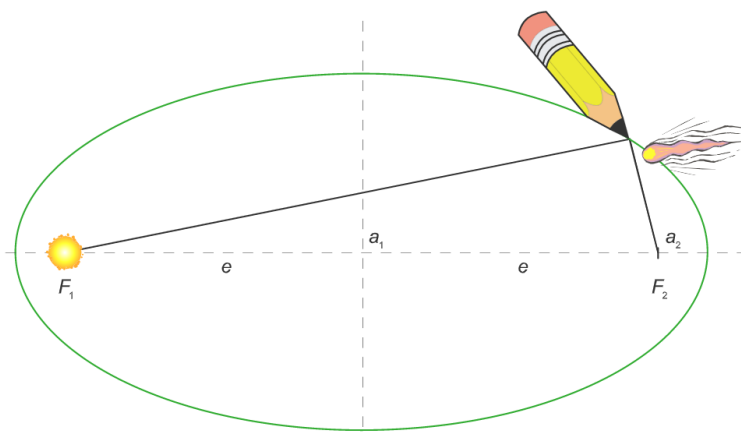
Obr. 4. Pružinová houpačka (vlevo) a nakloněná rovina (vpravo)

11. Jak se změní doba kmitu (perioda), když si na houpačku sedne člověk a my je rozkmitáme?
A) Doba kmitu se zkrátí B) Doba kmitu se prodlouží Stanoviště: Bubeníkovy sady
12. Kdyby chlapec o hmotnosti 40 kg visel na svislém laně, napínal by je silou 400 N. Jakou přibližně silou by napínal lano na naší nakloněné rovině (obr. 4 vpravo), kdyby mu nepomáhalo tření.
A) 580 N B) 280 N C) 80 N Stanoviště: Bubeníkovy sady
13. Jakou největší silou smí zatížit jedno auto Prokopův most? Stanoviště:

U Prokopova mostu, kde ještě není vidět značka
14. Jak vysoko nad mostem je trolejové vedení? Tolerance je 1 m. Stanoviště: Prokopův most
15. Jak široká je Chrudimka pod železným mostem? Stanoviště: Nábřeží Chrudimky
16. Odhadněte průtok Chrudimky pod železným mostem v metrech krychlových za sekundu. Stanoviště: Nábřeží Chrudimky
17. U železného mostu postavili vodní elektrárnu, která konečně zajistila elektrické osvětlení Pardubic. Odhadněte, dokdy se ještě v Pardubicích svítilo jen petrolejkami? Tolerance 20 let. Nábřeží Chrudimky
18. Najděte v automatických mlýnech kladku pevnou. Stanoviště: Automatické mlýny

Sluneční soustava na chodníku

V učebně jsme si nejprve pomocí dataprojektoru a appletu [1] ukázali, že planety se pohybují kolem Slunce po trajektoriích, které jsou téměř kruhové. Komety se ale pohybují po protáhlých trajektoriích, které nazýváme elipsami. Konstrukci elipsy jsme si ukázali

nejprve na appletu [2] (obr. 5) a pak také pomocí provázku na tabuli. Studenti se rozdělili na skupinky nejčastěji po třech a každá dostala pomůcky: pracovní list, křídly, kružítko na tabuli, provázek, svinovací metr. Úkoly popsané v pracovním listu prováděli studenti na asfaltové ploše před gymnáziem. Každá skupina potřebovala plochu nejméně 6 m × 6 m.



Obr. 5. Konstrukce elipsy pomocí provázku, který je uchycený ve dvou ohniskách [2].

Pracovní list – Trajektorie planet

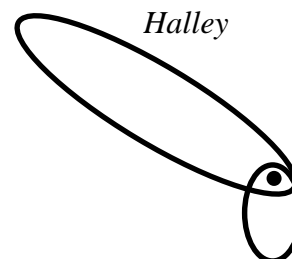
Nakreslete si Slunce (žlutý bod) a okolo něj kruhové trajektorie planet Země, Marsu, Jupiteru, Saturnu, Uranu a Neptunu. Menší kružnice sestrojte kružítkem, větší pomocí provázku. Měřítko: 10 au ≈ 1 m

Planeta	Poloměr trajektorie
Země	1,0 au
Mars	1,5 au
Jupiter	5,2 au
Saturn	9,5 au
Uran	19,2 au
Neptun	30,1 au

Pracovní list – Trajektorie komet

Ve stejném měřítku jako trajektorie planet budete kreslit trajektorie dvou komet. Potřebná délka provázku a vzdálenost ohnisek elipsy je v tabulce (již v metrech). Elipsy orientujte podobně jako na obrázku vpravo.

Kometa	Délka provázku	Vzdálenost ohnisek
Halley	3,56 m	3,44 m
Borrelly	0,72 m	0,45 m



Velikost celého modelu Sluneční soustavy můžeme vidět na obr. 6



Obr. 6. Velikost modelu Sluneční soustavy můžeme porovnat s velikostí studentů. Průměr trajektorie Neptunu je přibližně 6 m.

Pracovní list – Výpočty a měření

Do tabulek запиšte odpovědi na následující otázky.

- Jaká je nejmenší vzdálenost komet od Slunce (perihelium) a jaká je jejich největší vzdálenost od Slunce (afelium)? Výsledky uveďte v astronomických jednotkách.
- Jaká je nejmenší a největší vzdálenost Země od Marsu? Uveďte v astronomických jednotkách.
- Seřadte oběžné dráhy všech osmi těles podle délky. Od nejkratší dráhy po nejdelší.

Měření výšky

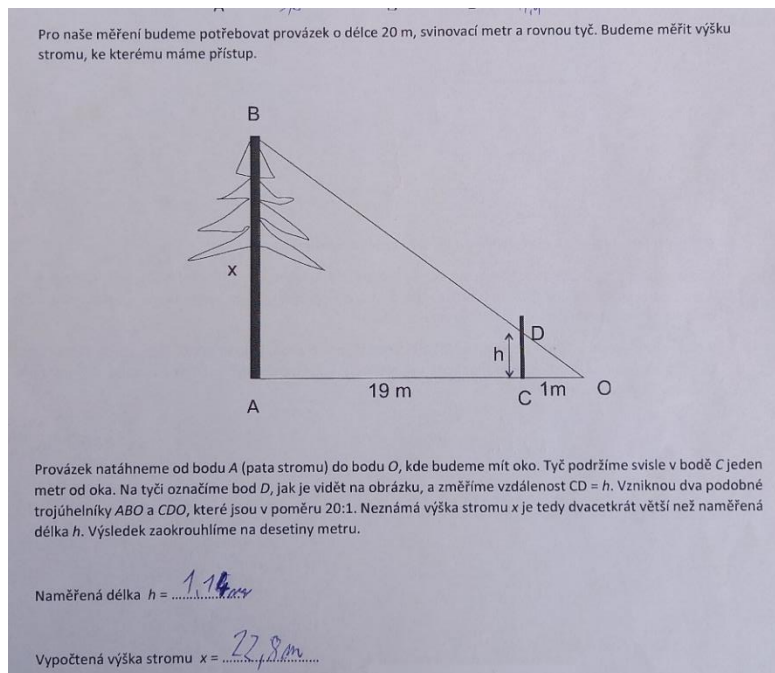
Jak určit výšku stromu, věže či jiného objektu? Na to lze využít podobnost trojúhelníků, což ale studenti v sekundě ještě neznají. Rychle však podobnost pochopí na obrázcích např. vánočních stromků, které jsou na obr. 7.



A B C

Obr. 7. Stromky A a B jsou podobné, protože B vznikl proporčním zmenšením A. Stromek C s nimi podobný není, protože je protažený ve vodorovném směru.

Podobnost jsme si ještě ukázali na dvou pravoúhlých trojúhelnících, kde si studenti změřili, že poměr každých dvou příslušných stran je 2:1. Postup pro určení výšky stromu pak mají na obr. 8.



Obr. 8. Návod pro určení výšky stromu i s údaji vyplněnými jedním týmem.

Tentýž strom měřilo 5 týmů a dosáhly výsledků, které jsou v tab. 1. Vidíme velmi dobrou shodu výsledků.

Tabulka 1. Určení výšky stromu pěti týmy studentů.

22,8 m	21,2 m	20,5 m	22,0 m	21,6 m
--------	--------	--------	--------	--------

Pokud bychom na soubor pěti hodnot použili standardní zpracování fyzikálních měření, mohli bychom zapsat výšku

$$h = (21,6 \pm 0,9) \text{ m}, \delta h = 4 \%$$

Měření vzdálenosti v terénu a na obloze

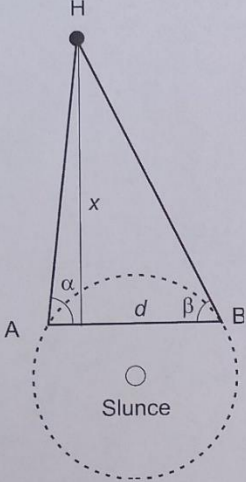
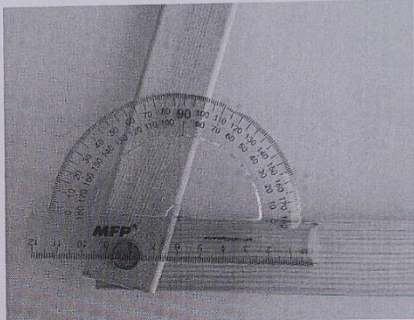
Trigonometrickou (trojúhelníkovou) metodu používají astronomové k určení vzdáleností např. planet ve Sluneční soustavě, nebo blízkých hvězd. Metoda je založena na tom, že se změří dva úhly ze dvou různých míst A, B ve vesmíru. Vzdálenost A a B potřebujeme znát. Situace je znázorněna na obr. 9.

Měření jsme prováděli na školním hřišti. Délku úsečky AB jsme zvolili 10 m a úhly jsme měřili vyrobenými dřevěnými „teodolity“ a úhlooměry. Úhly si studenti zapsali a ve škole pak na pás papíru sestrojili trojúhelník podobný tomu skutečnému a změřili v něm výšku

x. Úsečka AB měla na papíře délku 10 cm, a tak skutečná výška byla stonásobkem výšky naměřené.

2. Měření vzdálenosti hvězdy

Astronomové pro měření vzdálenosti hvězd používají trigonometrickou metodu. Ta je založena na změření dvou úhlů ze dvou různých míst ve vesmíru. Princip vysvětluje následující obrázek

Ze změřených úhlů α , β a znalosti délky d lze pak vypočítat vzdálenost x .

V našem případě nebudeme měřit vzdálenost ke hvězdě, ale vzdálenosti na školním hřišti. Vzdálenost bodů A , B odměříme provázkem a bude 10 m. Úhly se měří přístrojem zvaným teodolit, my budeme mít dřevěnou náhradu teodolitu. Dokážete určit úhel na obrázku vpravo?

Výpočet vzdálenosti x je pro sekundu ještě příliš obtížný, proto zvolíme jinou cestu. Trojúhelník ABH nakreslíme zmenšený v poměru 1:100 na papír (podobné trojúhelníky), vzdálenost x pak změříme na papíře a přepočítáme na skutečnou vzdálenost v terénu.

Měření:

Byla měřena vzdálenost k
 $d = 10 \text{ m}$, $\alpha = 85^\circ$, $\beta = 86^\circ$

x (měřené na papíře) 72,2 cm

x (ve skutečnosti) 72,2 m

Obr. 9. Návod pro určení vzdálenosti planety či hvězdy – princip paralaxy.



Obr. 10. Na leteckém snímku je trojúhelník pro určení vzdálenosti okna na budově tělocvičny od obrubníku běžecké dráhy. Vzdálenost je 54 m

Na obr. 10 vidíme jeden z možných trojúhelníků vhodných pro určení vzdálenosti okna na budově tělocvičny od obrubníku běžecké dráhy. Vzdálenost změřená z [3] byla 54 m. Tuto vzdálenost měřily 3 týmy s výsledky:

Tabulka 2. Určení vzdálenosti x okna na budově tělocvičny od obrubníku běžecké dráhy.

x	34,2 m	48,0 m	72,2 m
rel. odchylka	37 %	34 %	11 %

Relativní odchylky vycházely poměrně velké, a tak mě zajímalo, zda studenti nepřesně měřili nebo nepřesně rýsovali. Ve dvou případech byly dosti přesně změřené úhly a chyba vznikla při rýsování na papíře, v jednom případě to bylo obráceně. Nepřesnosti v rýsování se lze vyhnout využitím programu Geogebra, pokud jej studenti již znají. Když si připravíme v Geogebře soubor pro sestavení trojúhelníků při zadání úhlů a vzdálenosti AB, můžeme studentům dynamicky demonstrovat, jak změna úhlu o 1° může znamenat změnu výšky trojúhelníku např. o 8 m. Metoda je velmi citlivá na přesné měření úhlů, s čímž se odedávna museli potýkat i astronomové.

Fyzikální bludiště

Výše zmíněné aktivity jsme mohli využít jen při prezenční výuce. Při výuce distanční museli studenti pracovat doma. Na to jsem jim připravil např. Fyzikální bludiště.

Vítejte ve fyzikálním bludišti

Vypráví se, že jednou se sešli Archimedes, Pascal a Newton, a že budou hrát na schovávanou. První šel píkat Archimedes. Pascal nevěděl, kam se schovat, a tak utíkal až za nejbližší kopečky. Newton nikam nespěchal. Nakreslil do písku metrový čtverec a do něj se postavil. Archimedes odkryl oči a hned volá: „Deset, dvacet Newton!“ Newton se lišácky usmál, zavrtěl hlavou a povídá: „Kdepak...“

ARCHIMEDES

PASCAL

NEWTON

V PowerPointu jsem připravil bludiště obsahující rozcestník s úvodní historkou o těchto již v sekundě známých fyzicích a tři cesty: nejkratší Archimedovu, středně dlouhou Pascalovu a nejdelší Newtonovu. Soubor jsem vyexportoval ve formátu ppsx, který studentům neumožňuje editaci a musejí postupovat tak, že vstoupí na slide, vyřeší úkol a kliknou na odpověď. Pokud je odpověď správná, čeká je další slide s úkolem, pokud nesprávná,

narazí do zdi či na něco jiného. Úkoly na slidech byly někdy jako křížovka, vyřešení úlohy, provedení experimentu, pozorování videa s fyzikální tematikou apod. Při přípravě úkolů byla mimo jiné využívána elektronická učebnice [4].

Studenti měli doma za úkol projít během tří týdnů všechny tři cesty bludiště a zapsat čísla slidů, jak jdou za sebou. Kromě toho měli zaslat kompletní řešení některého příkladu, na který narazili. A ještě měli natočit videozáznam nějakého pokusu, na který narazili a vlastnoručně jej předvedli. Několikrát jsem jim kladl na srdce, že mi nejde o to, aby mechanicky bludiště proklikali, ale aby všechny úkoly poctivě a v klidu vyřešili, protože tak fyzice nejlépe porozumí.

Bludiště obsahuje přes 40 slidů a mohu jej zájemcům zaslat. Můj mail: vladimir.vicha@gypce.cz

Závěr

Zmíněné fyzikální aktivity jsem připravil pod vlivem epidemiologické situace ve školním roce 2020-2021. Mohou snad být inspirací pro učitele v případě, že by se složité podmínky právě uplynulého roku opakovaly, ale myslím, že mohou dobře posloužit i v době výuky standardní.

Literatura

- [1] Fyzika ve škole [cit. 27.8.2021] Dostupné online: https://www.vacak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=gp_vnitri_pla_nety&l=cz
- [2] Fyzika ve škole [cit. 27.8.2021] Dostupné online: https://www.vacak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=gp_trajektorie&l=cz
- [3] Seznam mapy [cit. 27.8.2021] Dostupné online: <https://mapy.cz/>
- [4] Hravá fyzika 6, pracovní sešit. Nakladatelství Taktik.