



INFORMATIKA V PRÍRODNÝCH VEDÁCH A MATEMATIKE – ZOŠIT FYZIKA

ZUZANA JEŠKOVÁ, MARIÁN KIREŠ



EURÓPSKA ÚNIA

Európsky sociálny fond
Európsky fond regionálneho rozvoja



OPERAČNÝ PROGRAM
ĽUDSKÉ ZDROJE



MINISTERSTVO
ŠKOLSTVA, VEDY,
VÝSKUMU A ŠPORTU
SLOVENSKEJ REPUBLIKY



it AKADEMIA



*Tento projekt sa realizuje vďaka podpore z Európskeho sociálneho fondu
v rámci Operačného programu Ľudské zdroje*

www.minedu.sk www.employment.gov.sk/sk/esf/ www.itakademia.sk

Informatika v prírodných vedách a matematike – zošit Fyzika

Spracované v rámci národného projektu IT Akadémia – vzdelávanie pre 21. storočie

Bratislava 2020

Informatika v prírodných vedách a matematike – zošit Fyzika

Spracované s finančnou podporou národného projektu IT Akadémia – vzdelávanie pre 21. storočie

Autori: Zuzana Ješková, Marián Kireš

Recenzenti: Veronika Stoffová, Božena Mannová, Juraj Ťapák

Neprešlo jazykovou úpravou.

Vydavateľ: Centrum vedecko-technických informácií SR, Bratislava

Rok vydania: 2020

Vydanie : 1. vydanie

ISBN: 978-80-89965-74-8

EAN: 9788089965748

Bratislava 2020

Obsah podlieha licencií Creative Commons BY 4.0

Tento projekt sa realizuje vďaka podpore z Európskeho sociálneho fondu v rámci Operačného programu Ľudské zdroje.

OBSAH

Úvod	5
Modelovanie vo fyzike.....	7
1 Model ako prostriedok skúmania dejov okolo nás	10
2 ako sila ovplyvňuje pohyb	17
3 Ako Felix prekonal rýchlosť zvuku?	25
4 Ako štartuje raketa?	34
5 Ako udržať optimálnu teplotu v dome?	41
Zobrazovacie metódy	50
6 Ako zvuk premeníme na obraz.....	53
7 Termografia – bezkontaktné meranie teploty	59
8 Ako fotiť pohybujúce sa objekty.....	67
Databázové systémy.....	76
9 Fermiho úlohy	78
10 Dokážeme formulovať predpoveď, potvrdiť/vyvrátiť hypotézu?	83
Bibliografia.....	89

ÚVOD

Predkladaná zbierka učebných materiálov k predmetu Informatika v Prírodných vedách a Matematike (IPVaM), zošit Fyzika je zameraná nato, akú dôležitú a nenahraditeľnú úlohu zohráva v súčasnosti informatika vo fyzike. Svojim obsahom nadväzuje na tri základné informatické koncepty, ktoré sú predstavené v zošite Informatika, a to modelovanie, tvorba a spracovanie obrazu a práca s databázami.

Prečo sme vybrali práve tieto témy? Modelovanie je súčasťou práce vedca. Problémy, ktoré veda skúma, sú často príliš komplexné a preto vedci siahajú k vytvoreniu jednoduchšej reprezentácie reálnej situácie v podobe matematického počítačového modelu, na ktorom situáciu skúmajú a dokážu predpovedať, ako sa bude objekt skúmania správať. Zobrazovacie metódy, z ktorých sú mnohé založené práve na fyzikálnych princípoch, sa tiež používajú nato, aby sme získali čo najviac informácií o objekte skúmania, pričom informácie nám pomáha získavať vhodný hardvér a spracovanie dát realizuje softvér. Za pomoci digitálnych technológií tak dokážeme premeniť napr. zvuk alebo tepelné žiarenie na obraz, ktorý nám tieto informácie sprostredkuje. Súčasná doba je dobou dátovou, z obrovského množstva zaznamenávaných dát je možné získať neuveriteľné informácie. Globálne dáta tak majú obrovský význam pri tvorbe dôležitých rozhodnutí v prospech životného prostredia, plánovaní náročných investícií, strategických rozhodnutiach národného hospodárstva, ochrane zdravia a prevencii a pod.

Cieľom zošita Fyzika je ukázať žiakom zaujímavé problémy z fyziky, na riešenie ktorých sa dajú vyššie uvedené informatické koncepty využiť a poukázať tak na význam informatiky pri štúdiu prírodných vied, s čím súvisia obdobné zbierky ponúkané aj v predmetoch chémia, biológia, geografia a matematika.

Za predmet Fyzika predstavujeme spolu 10 vyučovacích jednotiek (každá v rozsahu 2 vyučovacích hodín) zaradených do troch kapitol. Kapitola Modelovania zahŕňa päť vyučovacích jednotiek, kapitola Zobrazovacie metódy tri a kapitola Databázové systémy dve vyučovacie jednotky. Pre zvládnutie časti Modelovanie je nutné zaradiť najskôr prvú a druhú vyučovaciu jednotku za sebou a až potom zaradiť nasledujúce vyučovacie jednotky podľa vlastného výberu. Kapitoly Zobrazovacie metódy a Databázové systémy zahŕňajú témy, ktoré sa dajú zaradiť aj samostatne, pričom na ich poradí nezáleží, dôležitá je však väzba na osvojený fyzikálny obsah.

Predložený učebný materiál je určený predovšetkým pre učiteľa a predstavuje podrobný metodický postup ako má vo výučbe postupovať. Každá vyučovacia jednotka obsahuje sériu žiackych aktivít, ktoré sú navrhnuté tak, aby žiaci riešili stanovené problémy bádateľským spôsobom s využitím vyššie opísaných informatických konceptov. Ku každej vyučovacej jednotke je pripravený titulný list so základnými charakteristikami, za ktorým nasleduje podrobný metodický postup implementácie s ukážkami očakávaných výsledkov. Súčasťou metodických materiálov sú aj pracovné listy s otázkami a úlohami ako aj súbory pre počítač pre žiacke aktivity. Táto zbierka obsahuje titulné listy a metodické postupy k jednotlivým vyučovacím jednotkám. Pracovné listy pre žiakov, vzorovo vypracované pracovné listy ako aj súbory pre počítač sú dostupné v elektronickej verzii.

Veríme, že predložený materiál si nájde svoje využitie, predovšetkým v triedach so zameraním na informatiku. Vybrané aktivity môžu byť zaradené aj do štandardnej výučby fyziky, resp. v rámci seminárov pre žiakov pripravujúcich sa na maturitu z fyziky.

MODELOVANIE VO FYZIKE

MODELOVANIE VO FYZIKE

V rámci časti Modelovanie chceme žiakom predstaviť ako funguje veda a ako pracujú vedci, napr. fyzici, keď skúmajú svet okolo nás. Začiatkom, motiváciou vedeckého bádania je vždy nejaký problém, vychádzajúci z reálnej situácie, ktorý je častokrát príliš zložitý nato, aby sa skúmal priamo. Preto vedci pristupujú k vytvoreniu modelu, ktorý je zjednodušenou reprezentáciou reálnej situácie. Modely môžu byť realizované rozličným spôsobom. V súčasnej modernej dobe vedci využívajú predovšetkým počítačové modely. Počítačové modely vedci programujú na základe matematických rovníc, ktoré opisujú správanie sa objektu alebo javu. Pri riešení matematických rovníc sa využívajú rozličné matematické metódy, ktoré často vyúsťia do náročných alebo dlhotrvajúcich výpočtov, ktoré vykonáva počítačový program. Potom vedci s modelom manipulujú, sledujú jeho výsledky, na základe ktorých dokážu vysvetliť správanie sa objektu, resp. jeho správanie predpovedať. Najskôr sa však musí model otestovať a porovnať, či výsledky vyplývajúce z modelu odpovedajú reálnej situácii. Pokiaľ zhoda nenastáva, model je potrebné upraviť tak aby nastala zhoda s reálnym experimentom.

Naším cieľom je, aby žiaci zažili podobný cyklus vedeckého bádania samozrejme na jednoduchých im blízkych situáciách, ktorých fyzikálne princípy dokážu opísať. Dostanú problém, ktorý majú riešiť, naučia sa vytvoriť matematické modely jednoduchých situácií až po modely komplexnejších javov, pričom modely programujú vo vhodnom programovacom prostredí. Hotový model vždy otestujú porovnaním s výsledkami experimentu. V prípade, že model nekorešponduje s výsledkami experimentu, upravia ho tak, aby nastala zhoda, čím sa cyklus uzavrie.

Pri modelovaní ide o modelovanie dynamických systémov, t. j. systémov, ktoré sa vyvíjajú v čase. Takéto dynamické systémy sú opísané väčšinou pomocou diferenciálnych rovníc, ktorých riešenie je v mnohých prípadoch žiakom pre ich nedostatočný matematický aparát nedostupné. Preto budeme využívať metódu dynamického modelovania (Van Buuren, Uyilings, & Ellermeijer, 2010) (Ješková, a iní, 2010). Modelom vytvoreným touto metódou budeme rozumieť matematický model, ktorý je založený na numerickom riešení diferenciálnych rovníc opisujúcich daný dynamický systém, kedy sa počítajú hodnoty veličín opisujúcich vlastnosti systému v postupnosti malých krokov. Ide o univerzálnu metódu, ktorá sa využíva nielen v prírodných vedách ale aj v ekonomike, ekológii, biológii, sociológii a iných oblastiach. Počas dynamického vývoja systému sa veličiny s časom menia, napr. počet áut na parkovisku, dráha prejdená vlakom, objem vody v nádrži, počet obyvateľov, počet chorých detí na chrípku, rýchlosť auta, počet stromov v lese, teplota vody pri ochladzovaní a pod. Aktuálna hodnota veličiny je pritom určená rýchlosťou zmeny tejto veličiny, t. j. napr. počtom áut, ktoré prichádzajú na parkovisko za hodinu, rýchlosťou pohybu vlaku, prítokom – objemom, ktorý vtečie do nádrže za minútu, počtom narodení (úmrtí) za rok, počtom ochorení (ale aj uzdravených detí) za deň, zrýchlením auta, výrubom (výsadbou) a pod. Rýchlosť zmeny pritom môže závisieť od ďalších parametrov, ktoré môžu byť v modeli zahrnuté. Výhodou dynamického modelovania je to, že touto metódou je možné na úrovni strednej školy opísať reálne deje komplexnejšieho charakteru, ktoré žiaci pri aktuálnych matematických znalostiach opísať nedokážu.

Modely môžu byť programované v rozličných programovacích prostrediach. Vzhľadom na matematickú náročnosť žiaci model programujú využívajúc ikonografické modelovanie, kedy

sú jednotlivé premenné modelu a vzťahy medzi nimi reprezentované ikonami. Model v ikonografickom móde predstavuje konceptuálnu mapu sledovaného javu, čo výrazne napomáha jeho pochopeniu. Naprogramovaný model žiaci následne porovnávajú s výsledkom reálneho experimentu a model upravujú dovtedy, kým nenastane zhoda s experimentom.

Na tvorbu modelov ako aj experimentovanie využívame komplexný počítačový systém COACH (<https://cma-science.nl/homepage>) (CMA, Centre for Microcomputer Applications). Žiak v jednom a tom istom prostredí vytvára model ako aj realizuje experiment, kedy dáta získava z vopred nasnímaného videozáznamu alebo z reálneho merania pomocou senzorov, čo zjednodušuje prácu predovšetkým pri testovaní modelov, kedy žiak v jednom prostredí porovnáva experimentálne a teoretické dáta. Dynamické modely je možné vytvárať aj v profesionálnom programovacom prostredí Python, prípadne aj v MS Excel, avšak v takomto prípade žiak musí pri testovaní modelov importovať do programovacieho prostredia dáta z reálneho experimentu získané pomocou iného nato určeného systému.

Časť Fyzika/Modelovanie obsahuje spolu päť vyučovacích jednotiek. Jednotlivé vyučovacie jednotky na seba nadväzujú, pričom nastolené problémy vychádzajú z reálnej fyzikálnej situácie. Žiak sa pri riešení problému naučí vytvoriť model jednoduchej situácie a postupne prechádza ku komplexnejším situáciám. Prvé štyri aktivity sú zamerané na modelovanie pohybov. V poslednej aktivite žiaci poznatky a zručnosti z modelovania pohybov aplikujú pri riešení problému súvisiaceho so šírením tepla. V nasledujúcej tabuľke je uvedený prehľad vyučovacích jednotiek spolu s návrhom úloh zameraných na projektovú činnosť žiakov, ktoré slúžia na hodnotenie získaných vedomostí a zručností žiakov pri tvorbe modelov.

Každá vyučovacia jednotka obsahuje súbory vytvorené v prostredí COACH, ktoré sú dvojakého druhu. Súbor s príponou cma (resp. cma7, nazývaný tiež aktivita) žiak otvorí a pracuje s ním podľa pokynov v pracovnom liste, resp. priamo v súbore cma. Súbor s príponou cmr (resp. cmr7, nazývaný tiež result, alebo výsledok) predstavuje vzorový výsledok meraní, resp. simulácií, ktorý je očakávaný ako žiacky výstup.

1 MODEL AKO PROSTRIEDOK SKÚMANIA DEJOV OKOLO NÁS

V rámci tejto aktivity sa žiaci oboznámia so základmi modelovania v ikonografickom móde a premennými, ktoré do modelu vstupujú. Začínajú pritom modelom napúšťania nádrže, ktorý je relatívne ľahko pochopiteľný. Na základe analógie zostavia modely pohybu dopravných prostriedkov (rovnomerného pohybu vlaku a rozbiehajúceho sa cyklistu). Modely pohybov porovnávajú s výsledkom, ktorý získajú meraním na videozázname reálneho pohybu vlaku, resp. cyklistu.

2 AKO SILA OVPLYVNÍ POHYB?

Táto aktivita smeruje k tvorbe modelu skoku človeka z lietadla a k riešeniu problému aké fyzikálne princípy využíva parašutista k tomu, aby bezpečne dopadol na zem. Na základe analógie s pohybom cyklistu žiaci modelujú pád telesa vo vzduchu, pričom analyzujú príčiny, ktoré pohyb spôsobujú. Žiaci model dopĺňajú a rozširujú až sa dopracujú k modelu skoku parašutistu. Výsledky modelu porovnávajú s reálnym skokom parašutistu, ktorého pád je nasnímaný na videozázname.

3 AKO FELIX PREKONAL RÝCHLOSŤ ZVUKU?

Táto aktivita je rozšírením predchádzajúcej aktivity. Videozáznam rekordného skoku Felixa Baumgartnera slúži ako motivácia k tomu, aby žiak skúmal a vysvetlil, ako je možné, že skokan pri páde z veľkej výšky dokázal prekonať rýchlosť zvuku. Modelovaním pohybu Felixa pri zohľadnení všetkých faktorov, ktoré na pohyb vplývajú žiaci dospejú k podobným výsledkom, aké dosiahol rekordér počas pádu.

4 AKO ŠTARTUJE RAKETA?

Táto aktivita je zameraná na tvorbu modelu štartu rakety a opäť rozširuje predchádzajúcu aktivitu, keďže pribúdajú ďalšie parametre, ktoré pohyb rakety ovplyvňujú. Keďže ide o pomerne komplikovaný dej, žiaci jednoduchý hotový model pohybu rakety postupne upravujú pridávaním ďalších relevantných parametrov do modelu, čím model spresňujú a približujú realite.

5 AKO UDRŽAŤ OPTIMÁLNU TEPLOTU V DOME?

Na základe znalostí a zručností získaných pri predchádzajúcich aktivitách žiaci analyzujú parametre, ktoré ovplyvňujú teplotu v budove. Najskôr však vytvoria jednoduchý model ochladzovania, ktorý porovnávajú s výsledkom reálneho experimentu chladnutia šálky s čajom. Následne model upravujú pridávaním ďalších relevantných parametrov do modelu, čím model spresňujú a približujú realite.

HODNOTENIE

Žiakom zadáme niektorú z nasledujúcich úloh, ktorú riešia ako žiacky projekt.

1. Zostavte model pádu guľôčky s hmotnosťou 0,13 g, ktorá počas pádu prechádza dvoma kvapalinami rozličnej viskozity, najprv cez vrstvu oleja hrúbky 15 cm, potom cez vrstvu glycerolu hrúbky 10 cm. Predpokladajte, že na guľôčku pôsobí okrem tiažovej sily aj kvapalina odporovou silou $F_o = k \cdot v$, pričom konštanta úmernosti oleja $k_{olej} = 0,004 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^2$ a konštanta glycerolu $k_{glycerol} = 0,04 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^2$.
2. Lyžiar hmotnosti 76 kg sa šmýka dole svahom so sklonom $\alpha = 30^\circ$. Modelujte pohyb lyžiara, ak predpokladáme, že okrem tiažovej sily na lyžiara pôsobí trecia sila (súčiniteľ trenia medzi lyžami a svahom je 0,05) a odpor vzduchu (čelný prierez lyžiara je $0,3 \text{ m}^2$, hustota vzduchu $1,3 \text{ kg/m}^3$ a súčiniteľ odporu $C = 0,3$). Predpokladajte, že odporová sila sa mení s rýchlosťou podľa vzťahu $F_o = 0,5 \cdot C \cdot \rho \cdot S \cdot v^2$ a trecia sila je úmerná kolmej tlakovej sile, ktorou pôsobí lyžiar na svah $F_t = f \cdot F_G \cdot \cos(\alpha)$.
3. Modelujte ohrievanie kvapaliny pomocou variča so známym výkonom (voda v rýchlovarnej kanvici). Výsledok porovnanie s meraním teploty kvapaliny.
4. Modelujte pohyb bedmintonového košíka, ktorý necháme padať zvislo nadol. Potrebne parametre vyhľadajte. Nasnímajte videozáznam pohybu košíka a výsledok videomerania porovnajte s modelom.
5. Loptu vyhodíme zvislo nahor. Modelujte jej pohyb a porovnanie výsledky modelu s výsledkom videomerania pohybu lopty. Porovnajte pohyb ťažkej a ľahkej lopty.

1 MODEL AKO PROSTRIEDOK SKÚMANIA

DEJOV OKOLO NÁS

<i>Tematický celok/ Téma</i>	<i>ISCED/Odporúčaný ročník</i>
Modelovanie/ Úvod do modelovania	3.ročník, ISCED 3A
Ciele	
Žiakom osvojované vedomosti a zručnosti	Žiakom rozvíjané spôsobilosti
<ul style="list-style-type: none"> • Dokázať zostaviť jednoduchý dynamický model situácie • Na príklade napúšťania vane pochopiť význam elementov modelu, a to konkrétne, veličín opisujúcich stav sústavy (stavová premenná – objem vane) a veličín opisujúcich rýchlosť zmeny stavovej veličiny (premenná tok – prítok, resp. výtok) • Na základe analógie zostaviť jednoduchý model rovnomerného pohybu • Zostaviť model rovnomerne zrýchleného, resp. spomaleného pohybu (rozbiehajúci, resp. zastavujúci sa cyklista) • Porovnať výsledky modelu s výsledkom merania 	<ul style="list-style-type: none"> • Identifikovať veličiny, ktoré budú v modeli reprezentované nezávislou premennou, stavovou premennou, premennou toku, pomocou premennou, konštantou • Navrhnuť model, t. j. určiť vzájomné vzťahy medzi premennými, nastavenie začiatkových hodnôt a konštánt. • Predpovedať výsledok modelu • Manipulovať so softvérom a skonštruovať model • Transformovať výsledky do štandardných foriem (napr. tabuľky, grafy). • Určovať vzťahy medzi premennými veličinami, na základe údajov v grafe • Zovšeobecniť výsledky
Požiadavky na vstupné vedomosti a zručnosti	
<ul style="list-style-type: none"> • Poznať a rozumieť fyzikálny zmysel veličín dráha, rýchlosť, zrýchlenie 	
Riešený didaktický problém	
<p>Vyučovanie fyziky je často presýtené množstvom rovníc, opisujúcich ten ktorý fyzikálny dej. Na hodinách fyziky žiaci často riešia kvantitatívne problémy, kedy využívajú matematické rovnice, do ktorých zadávajú konkrétne číselné hodnoty k tomu, aby sa dopracovali k odpovedi ale častokrát chýba hlbšie konceptuálne porozumenie. Dynamické modelovanie je založené na pochopení kľúčových veličín a súvislostí, ktoré daný jav popisujú, pričom žiak, skôr než pracuje s konkrétnymi hodnotami veličín, vytvára na základe kvalitatívnej analýzy konceptuálnu mapu, reprezentujúcu daný jav. Výsledkom konceptuálnej mapy je model situácie, ktorá žiakom umožňuje testovať svoje hypotézy o tom, ako daný jav funguje a zároveň výsledky porovnať s výsledkami experimentu. Navyše, dynamické modely zdanlivo odlišných dejov (modely biologických, ekologických, ekonomických systémov) fungujú na podobných princípoch.</p>	
Dominantné vyučovacie metódy a formy	Príprava učiteľa a pomôcky
<ul style="list-style-type: none"> • Potvrdzujúce bádanie • Skupinová forma (žiaci pracujú v skupinách po dvoch pri počítači) 	<ul style="list-style-type: none"> • Počítač, systém COACH (alebo iný systém umožňujúci dynamické modelovanie) • Súborný pre modelovanie: <i>Uvod do modelovania.cma</i>, <i>Model pohybu_1.cma (cmr)</i>, <i>Model pohybu_2.cma (cmr)</i> • Výsledky videomerania: <i>Pohyb vlaku.cmr</i>, <i>Rozbiehanie cyklistu_videomeranie.cma (cmr)</i>, <i>Model cyklistu_porovnanie s experimentom.cmr</i> • Videozáznam: https://www.youtube.com/watch?v=g3pq1Pn_Mag

- Simulácia: ejs_galis_mech_Bungee Jumping.jar
(<https://www.compadre.org/osp/items/detail.cfm?ID=11637>)

Diagnostika splnenia vzdelávacích cieľov

Formatívne hodnotenie (úlohy na záver aktivít)



ÚVOD

Žiaci sa v tejto aktivite oboznamujú so základmi dynamického modelovania a naučia sa vytvoriť jednoduché modely pomocou ikonografického modelovania. Postupne prechádzajú jednotlivými fázami:

- 1) Štúdium hotového modelu napúšťania vane a pochopenie veličín stavová premenná (objem vody vo vani) a premenná toku (prítok a výtok vody), konštanty (konštantná hodnota prítoku a výtok), nezávislá premenná (čas), prepojenia premenných. Simulácia modelu pre rozličné hodnoty parametrov prítok, výtok, začiatočná hodnota objemu vody vo vani. Úprava modelu - zavedenie pomocnej premennej – výtok závisí od množstva vody vo vani.
- 2) Zostavenie modelu pohybu vlaku, ktorý sa pohybuje konštantnou rýchlosťou.
- 3) Zostavenie modelu cyklistu, ktorý sa rozbieha (zastavuje).



PRIEBEH VÝUČBY

Zapojenie (motivácia) – 5 minút

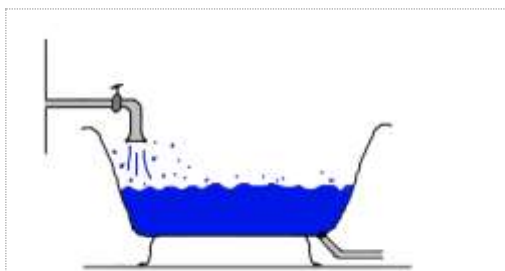
Učiteľ na začiatku aktivity ukáže žiakom videoklip bungee skokana (napr. https://www.youtube.com/watch?v=g3pq1Pn_Mag). Navodí pritom diskusiu, aké sú podmienky bezpečného pádu. Žiaci komentujú parametre, ktoré ovplyvňujú pád bungee skokana. Učiteľ pritom očakáva odpovede: výška veže, z ktorej skokan skáče, hmotnosť skokana, vlastnosti lana, napr. dĺžka, tuhosť lana.

Zrejme skôr, než sa táto adrenalínová atrakcia uvedie do prevádzky, je nutné teoreticky spočítať aké podmienky musia byť splnené, aby skokan dosiahol bezpečnú hĺbku pádu. K tomu je potrebné najskôr vytvoriť teoretický model pádu, na základe ktorého je možné predpovedať ako bude za daných podmienok skokan reálne padať. Učiteľ môže otvoriť simuláciu bungee skoku, ktorá je voľne prístupná na <https://www.compadre.org/osp/items/detail.cfm?ID=11637> (súbor ejs_galis_mech_Bungee Jumping.jar). Poukáže pritom na vplyv parametrov na priebeh skoku a upozorní, že za simuláciou sa skrývajú matematické rovnice, ktoré opisujú tento dej.

Modely reálnych situácií sa pritom používajú nielen vo fyzike, ale aj v iných oblastiach nášho života, napr. ekonomické modely, modely ekologických systémov, biologických systémov, napr. model vývoja populácie ľudí, zvierat v nejakom ekosystéme (model predátor - korisť), rastu stromov, spotreby paliva, a pod. V rámci diskusie so žiakmi sa učiteľ pýta, ktoré parametre ovplyvňujú tieto deje a upozorní, že ide o komplexné problémy, ktorých riešenie si už dnes bez

použitia počítača a vhodného softvéru nevieme predstaviť. V každom prípade ide o vytvorenie dynamického modelu situácie, ktorý umožňuje predpovedať správanie sa reálneho systému.

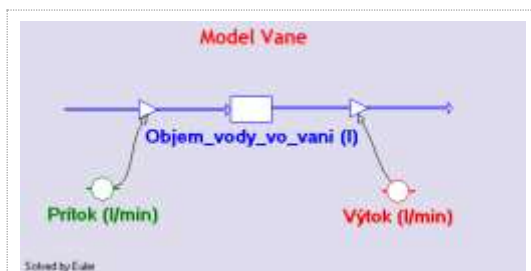
V rámci nasledujúcich vyučovacích hodín sa naučíme vytvárať dynamické modely od najjednoduchších až po komplexné modely reálnych situácií.



Obrázok 1
Napúšťanie vane, obrázok prevzatý z COACH7.

Skúmanie 1 – Ako sa napúšťa voda do nádrže - 10 minút

V prvej fáze žiaci v skupinách pri počítači skúmajú model napúšťania nádrže. Otvoria súbor *Uvod_do_modelovania.cma*. Ako model nádrže slúži vaňa, ktorá získava vodu z kohútika a stráca vodu cez odtok. V tomto jednoduchom modeli je hodnota prítoku a výtoku konštantná. Na začiatku necháme žiakov manipulovať s modelom (v prípade potreby žiakom pomôžeme). Stlačením tlačidla ŠTART sa spustí simulácia pre nastavené hodnoty parametrov modelu, pričom žiaci sledujú ako sa mení objem vody vo vani. Žiaci spúšťajú simuláciu pre rozličné hodnoty parametrov (začiatočná hodnota objemu vody, prítok, resp. výtok). Žiakov necháme model skúmať samostatne pri počítačoch.



Obrázok 2
Jednoduchý model napúšťania a vypúšťania vody.

Vysvetlenie 1 – 15 minút

Následne učiteľ vedie interaktívnu diskusiu o jednotlivých prvkoch modelu:

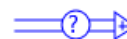
Objem vody vo vani – veličina, ktorá sa počas deja mení, t. j. charakterizuje aktuálny stav vane, resp. objemu vody v nej. Preto sa nazýva stavová premenná.



Prítok – veličina, ktorá opisuje množstvo vody, ktorá pritečie do vane za jednu minútu, t. j. rýchlosť pritekania vody do vane. Nazýva sa premenná toku. Učiteľ žiakom zdôrazní, že táto veličina predstavuje ako rýchlo pribúda objem vody vo vani a v tomto prípade je to konštanta.



Výtok – veličina, ktorá opisuje množstvo vody, ktorá odtečie z vane za jednu minútu, t. j. rýchlosť odtekania vody z vane.



Konštanta - v našom prípade predstavuje rýchlosť pritekania vody do vane, t. j. číselnú hodnotu prítoku (resp. výtoku).



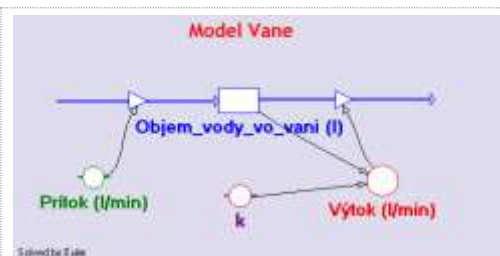
Pomocná premenná – môže reprezentovať napr. rýchlosť vytekania vody z vane, ktorej hodnota sa počas deja mení.



Následne zadá žiakom úlohu upraviť model tak, že prítok je nulový (kohútik je zavretý) a voda z vane odteká, pričom na začiatku bol objem vody vo vani 80 l a voda odteká rýchlosťou 2 l/min. Žiaci najskôr predpovedajú časový priebeh objemu vody vo vani, ktorý následne porovnávajú s výsledkom simulácie, ktorý predstavuje lineárnu závislosť.

Následne učiteľ žiakom položí otázku, či je tento model reálny, t. j. či pokles objemu je naozaj lineárny. Môže pritom ukázať reálne meranie výšky hladiny, ktoré ukazuje nelineárny pokles, t. j. experiment funguje inak ako to model predpovedá. Opýta sa žiakov, čo je potrebné v modeli upraviť, aby sa model priblížil realite. Učiteľ na základe žiackych nápadov usmerní diskusiu

k tomu, že rýchlosť vytekania závisí od objemu vody vo vani, t. j. výtok nie je konštantný ale sa mení s objemom vody vo vane. Preto veličina výtok už nie je konštantná. Preto ju treba v modeli zmeniť na pomocnú premennú, ktorá závisí od objemu. Žiaci premennú prepoja so stavovou premennou – objem a zadefinujú vzťah, napr. $výtok = k \cdot \text{objem_vody_vo_vani}$, pričom do modelu vložia konštantu k , ktorej hodnotu nastavia na 0,1. Žiaci následne model upravia a spustením modelu sledujú, že pokles objemu nie je lineárny.



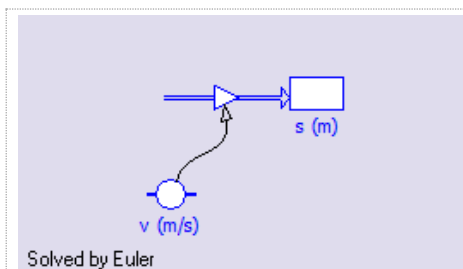
Obrázok 3
Model napúšťania a vypúšťania vody s premennou hodnotou výtoku.

vani.
túto

Uvod do modelovania.cma

Skúmanie 2 – Ako sa pohybuje vlak - 10 minút

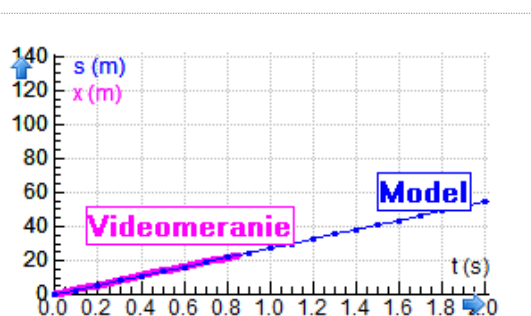
Učiteľ prostredníctvom dataprojektora ukáže žiakom videozáznam pohybu vlaku, z ktorého boli získané dáta o dráhe, ktorú vlak postupne prechádza. V druhom kroku žiaci na základe analógie s napúšťaním vane zostavia model pohybu vlaku. Otvoria súbor *Model pohybu_1.cma*. Najskôr konštruujú model rovnomerného pohybu vlaku, ktorý sa pohybuje rýchlosťou 108 km/h.



Obrázok 4
Model rovnomerného pohybu vlaku.

Učiteľ kladie žiakom nasledujúce otázky. Ktorá veličina predstavuje stavovú premennú v modeli? Očakáva pritom odpoveď – dráha. Ktorá veličina predstavuje premennú tok v modeli? Očakáva pritom odpoveď – rýchlosť. Zdôrazní pritom, že rýchlosť pohybu určuje ako rýchlo bude dráha narastať (čo veličina analogická s prítokom v modeli napúšťania vane). Model zostavia najskôr

tabuli, resp. v pracovnom liste. Následne žiaci model programujú, pričom zadajú začiatočnú hodnotu dráhy na 0 m a veľkosť rýchlosti vlaku v m/s a do okien vložia zatiaľ prázdne grafy závislosti dráhy, resp. rýchlosti od času. Skontrolujú nastavenie rozsahov osí a prípadne upravujú maximálnu hodnotu časovej osi, resp. osi dráhy a rýchlosti. Skôr, než začne výpočet modelu pre stanovené parametre, žiaci do grafov zakreslia svoju predpoveď, ktorú následne porovnávajú s výsledkom simulácie.



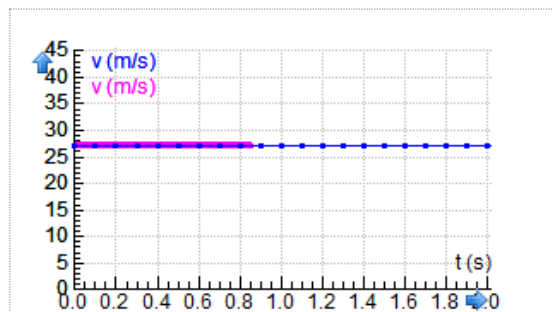
Graf 1
Výsledok modelu dráhy pohybu vlaku porovnaný s výsledkom videomerania.

je

na

Vysvetlenie 2 – 15 minút

Učiteľ vedie interaktívnu diskusiu o tom, ako by vyzeral model pohybu, ak sa vlak pohybuje inou rýchlosťou, resp. ak má na začiatku už prejdenu nejakú dráhu. Žiaci simulujú model pre iné hodnoty týchto parametrov, pričom sledujú, že vyššia rýchlosť znamená väčší sklon grafu dráhy. To, či je tento model správny, však potvrdí až porovnanie s reálnou situáciou, a to pohybom vlaku. Učiteľ prostredníctvom dataprojektora zobrazí výsledok merania dráhy prejdenej vlakom na videozázname *Pohyb vlaku.cmr*. Videomeranie spolu s nameranými dátami prehrá v spomalenom režime. Tieto dáta žiaci importujú do svojho modelu, t. j. do grafu dráhy získaného modelovaním zobrazia aj graf získaný videomeraním. Z porovnania žiaci usúdia, že rýchlosť v modeli nie je správna a upravujú ju na hodnotu, pri ktorej sa oba grafy prekrývajú. Učiteľ v spoločnej diskusii so žiakmi vyvodzuje záver, že model je správny, keďže korešponduje s experimentálnymi výsledkami.

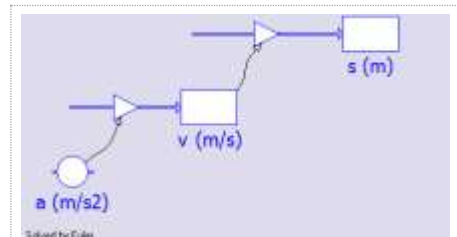


Graf 2
Výsledok modelu rýchlosti pohybu vlaku porovnaný s výsledkom videomerania.

Pohyb vlaku.cmr, Model pohybu_1.cma, Model pohybu_1.cmr

Skúmanie 3 – Ako sa rozbieha cyklista - 10 minút

Teraz učiteľ prostredníctvom dataprojektora ukáže žiakom videozáznam rozbiehajúceho sa cyklistu, z ktorého boli získané dáta o dráhe, ktorú cyklista postupne prechádza. Úlohou žiakov je zostaviť model pohybu cyklistu. Učiteľ v interaktívnej diskusii komunikuje so žiakmi o tom, čo je potrebné v modeli upraviť. Žiaci na základe videomerania usudzujú, že pohyb cyklistu rovnomerný nie je ale rýchlosť pohybu postupne narastá. Preto rýchlosť už nebude v modeli konštantná ale sa bude s časom meniť, t. j. stane sa z nej stavová premenná, do ktorej vstupuje premenná tok. Model najskôr na základe spoločnej diskusie upravujú na tabuli, resp. v pracovnom liste. Následne žiaci model programujú v aktivite *Model pohybu_2.cma*, pričom nastavujú začiatočnú hodnotu stavovej premennej rýchlosť napr. 0 m/s. Učiteľ sa teraz opýta žiakov, ktorá veličina bude teraz reprezentovať premennú toku. Čo je mierou zmeny rýchlosti, t. j. určuje, ako rýchlo rýchlosť rastie (či sa napr. zmení za 1 s o 2 m/s alebo o 20 m/s)? Očakáva pritom odpoveď zrýchlenie, keďže táto veličina je definovaná ako zmena rýchlosti za časovú jednotku. Preto do modelu žiaci vložia konštantu, ktorú spoja s premennou toku. Konštantu, t. j. zrýchlenie označia a a zadajú jej hodnotu, ktorú odhadnú (napr. 1 m/s^2). Učiteľ sa pýta na žiacke odhady. Skôr, než začne výpočet pre nastavené hodnoty parametrov modelu, žiaci do grafov zakreslia svoju predpoveď, ktorú následne porovnávajú s výsledkom simulácie.



Obrázok 5
Model rovnomerného pohybu vlaku.

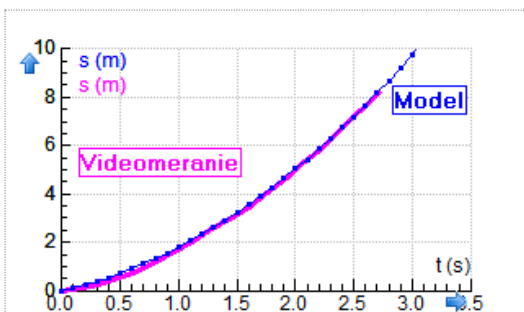
Rozbiehanie cyklistu_videomeranie.cma, Rozbiehanie cyklistu_videomeranie.cmr
Model pohybu_2.cma, Model pohybu_2.cmr

Vysvetlenie 3 – 15 minút

Učiteľ vedie interaktívnu diskusiu o tom, ako by vyzeral model pohybu, ak sa cyklista rozbieha s iným zrýchlením, resp. má na začiatku nejakú začiatočnú rýchlosť. simulujú model pre iné hodnoty týchto parametrov, pričom sledujú, že väčšie zrýchlenie znamená väčší sklon grafu rýchlosti. To, či je tento model správny, potvrdí až porovnanie s reálnou situáciou, s pohybom cyklistu.

Učiteľ prostredníctvom dataprojektora zobrazí výsledok merania dráhy, resp. rýchlosti rozbiehajúceho sa cyklistu *Cyklista_rozbiehanie.cmr*.

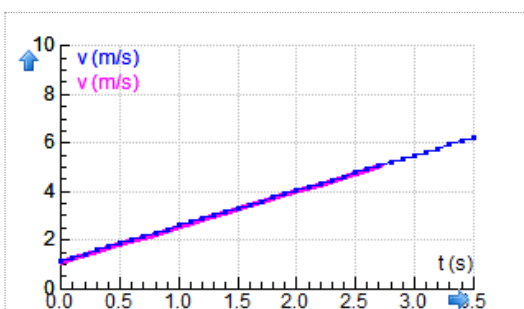
Videomeranie spolu s nameranými dátami prehrá v spomalenom režime. Tieto dáta importujú do svojho modelu, t. j. do grafu dráhy ako aj rýchlosti získaného modelovaním zobrazia aj grafy získané videomeraním. Z porovnania žiaci usúdia, zrýchlenie v modeli nie je správne a upravujú ho na hodnotu, pri ktorej sa oba grafy prekrývajú. Učiteľ v spoločnej diskusii žiakmi vyvodzuje záver, že model je správny, keďže korešponduje s experimentálnymi výsledkami.



Graf 3
Výsledok modelu dráhy pohybu cyklistu
porovnaný s výsledkom videomerania.

ak
Žiaci

však
a to



Graf 4
Výsledok modelu rýchlosti pohybu cyklistu
porovnaný s výsledkom videomerania.

žiaci

že

so

Model pohybu_cyklistu_porovnanie s experimentom.cmr

(V prípade dostatku času na vyučovacej hodine môžu žiaci riešiť na hodine aj nasledujúcu úlohu: Ako by vyzeral model pohybu cyklistu, ktorý postupne zastavuje?)

Vyhodnotenie – 5 minút

Na záver učiteľ v spoločnej diskusii so žiakmi vyhodnotí aktivitu a jej výsledky. Žiaci riešia nasledujúce úlohy ako domáce zadanie:

- 1) Zostavte model pádu loptičky za predpokladu, že padá voľným pádom.
- 2) Predpovedajte akú rýchlosť by získala loptička pri dopade na zem, ak by bola pustená z teplovzdušného balóna, ktorý je vo výške 3000 m nad zemou?



POSTREHY A ZISTENIA Z VÝUČBY

Realizácia vyučovacej jednotky môže prevýšiť čas stanovený v metodickom postupe. V tejto vyučovacej jednotke je dôležité, aby žiaci pochopili metódu dynamického modelovania na príklady napúšťania vody do vane a vedeli ju použiť analogicky pre modelovanie pohybov. Preto je potrebné dôkladne prejsť všetkými úlohami v pracovnom liste.

Na vyučovacích hodinách je možné postupovať aj bez pracovného listu s využitím pokynov uvedených v jednotlivých úlohách priamo v súbore COACH. V takom prípade sú výstupmi žiaka dosiahnuté výsledky merania, resp. modelovania, ktoré postupne ukladá do súborov s príponou cmr (cmr7).

2 AKO SILA OVPLYVŇUJE POHYB

Tematický celok/ Téma		ISCED/Odporúčaný ročník
Modelovanie/ Ako sila ovplyvňuje pohyb		3.ročník, ISCED 3A/ 2 vyučovacie hodiny
Ciele		
Žiakom osvojované vedomosti a zručnosti		Žiakom rozvíjané spôsobilosti
<ul style="list-style-type: none"> • zostaviť dynamický model pádu telesa v postupnosti od jednoduchého modelu voľného pádu až po pád so započítaním odporu vzduchu • porovnať model voľného pádu s výsledkom experimentu • porovnať model pádu ovplyvneného odporom vzduchu s výsledkom experimentu • na základe vyššie uvedených modelov zostaviť model pádu parašutistu • chápať dynamický model ako konceptuálnu mapu situácie, ktorej základom v prípade modelovania pohybov je II. Newtonov zákon 		<ul style="list-style-type: none"> • Identifikovať veličiny, ktoré budú v modeli reprezentované nezávislou premennou, stavovou premennou, premennou toku, pomocou premennou, konštantou • Navrhnuť model, t. j. určiť vzájomné vzťahy medzi premennými, nastavenie začiatkových hodnôt a konštant. • Predpovedať výsledok modelu • Manipulovať so softvérom a skonštruovať model • Transformovať výsledky do štandardných foriem (napr. tabuľky, grafy). • Určovať vzťahy medzi premennými veličinami, na základe údajov v grafe • Zovšeobecniť výsledky
Požiadavky na vstupné vedomosti a zručnosti		
<ul style="list-style-type: none"> • Poznať a rozumieť fyzikálny zmysel veličín dráha, rýchlosť, zrýchlenie • Poznať a rozumieť fyzikálny zmysel veličiny sila ako miera vzájomného pôsobenia telies • Dokázať určiť výslednú silu, ak na teleso pôsobí viacero síl • Poznať a rozumieť zákon sily, t. j.: <ul style="list-style-type: none"> ○ že na zmenu pohybového stavu je potrebná sila ○ zmenu pohybového stavu určuje výsledná sila, ktorá na teleso pôsobí ○ od čoho závisí veľkosť a smer zrýchlenia, ktoré výsledná sila telesu udelí • Poznať základy dynamického modelovania pre kinematické veličiny, dráha, rýchlosť, zrýchlenie 		
Riešený didaktický problém		
<p>Na úrovni strednej školy častokrát nedokážeme opísať reálne fyzikálne deje kvôli nedostatočnému matematickému aparátu žiakov. Typickým príkladom je štúdium pohybov a pádov telies, ktoré je obmedzené len na pohyby pri pôsobení konštantnej výslednej sily. Reálne pohyby sú však oveľa zložitejšie. Dynamické modelovanie na počítači umožňuje priniesť do triedy a skúmať realistickejšie situácie. Podstatou je rozdelenie deja na malé časové intervaly, na ktorých je možné považovať niektoré veličiny za konštantné vzhľadom na veľkosť časového intervalu. Navyše, pri dynamickom modelovaní v ikonografickom móde sú veličiny a kauzálne vzťahy medzi nimi reprezentované vizuálne, čím sa výrazne podporuje konceptuálne pochopenie modelovaného deja. Simulovaním modelu pre rozličné parametre sledovaného deja je možné sledovaný dej detailne preskúmať. Prepojenie modelu s výsledkom reálneho experimentu potvrdí korektnosť modelu.</p>		
Dominantné vyučovacie metódy a formy		Príprava učiteľa a pomôcky
<ul style="list-style-type: none"> • Potvrdzujúce a riadené bádanie 		<ul style="list-style-type: none"> • Počítačová učebňa, systém COACH (alebo iný systém umožňujúci dynamické modelovanie)

- | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • Skupinová forma (žiaci pracujú v skupinách po dvoch pri počítači) | <ul style="list-style-type: none"> • Súbory pre počítač: aktivity <i>Model padu.cma</i>, <i>Pad_gumenej_lopticky_video.cma</i>, <i>Pad_lahkej_lopticky_video.cma</i> • Súbory - vzorové výsledky uvedené v texte • Videozáznamy pádu parašutistov a úryvok z Bondovky |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Diagnostika splnenia vzdelávacích cieľov

- Formatívne hodnotenie (úlohy na záver aktivít)



ÚVOD

Táto metodika nadväzuje na metodiku Model ako prostriedok skúmania dejov okolo nás, v rámci ktorej sa žiaci naučili modelovať jednoduché pohyby pomocou kinematických veličín dráha, rýchlosť, zrýchlenie. Táto metodika je zameraná na uvedomenie si čo je príčinou toho, že sa teleso pohybuje tým ktorým pohybom a čo zmenu pohybového stavu spôsobuje. Postupne prechádzajú jednotlivými fázami:

- 1) Modelovanie pádu gumenej loptičky.
- 2) Modelovanie pádu ľahkej loptičky vo vzduchu.
- 3) Modelovanie pádu parašutistu.



PRIEBEH VÝUČBY

Zapojenie (motivácia) – 10 minút

Učiteľ na začiatku hodiny nadviaže na domáce zadanie z predchádzajúcej vyučovacej hodiny:

- 1) Zostavte model pádu loptičky za predpokladu, že padá voľným pádom.
- 2) Predpovedajte akú rýchlosť by získala loptička pri dopade na zem, ak by bola pustená z teplovzdušného balóna, ktorý je vo výške 3000 m nad zemou?

Úlohou žiakov bolo zostaviť model voľného pádu. Na základe už vytvoreného modelu rovnomerne zrýchleného pohybu cyklistu mali žiaci upraviť model úpravou hodnoty zrýchlenia na tiažové zrýchlenie $g = 9,81 \text{ m/s}^2$. Učiteľ vyzve žiakov k tomu, aby skomentovali riešenie domáceho zadania, pričom každá skupina otvorí model pádu na svojom počítači. Model vytvorený vybraným žiakom zobrazí pomocou dataprojektora. V spoločnej diskusii zdôrazní, že na základe modelu je možné napr. predpovedať ako dlho teleso padá, resp. akú rýchlosť dosiahne pri dopade na zem.

Teraz učiteľ diskutuje so žiakmi o druhej úlohe. Ak by človek padal rovnako ako loptička, ako dlho by trval zoskok človeka z výšky 3000 m nad zemou (čo je výška, z ktorej skáču parašutisti) a akú rýchlosť by skokan získal pri dopade na zem? Z modelu (ale aj z analytických rovníc pre dráhu, resp. rýchlosť voľného pádu) vyplýva, že skokan by padal asi 25 s, pričom na zem by dopadol obrovskou rýchlosťou viac než 850 km/h (240 m/s), čo by malo na skokana fatálne následky. Hodnoty času pádu a rýchlosti pri dopade žiaci odčítajú prezeraním grafov.

K tomu je potrebné najskôr zmeniť čas výpočtu (cez ikonu hodínok prestaviť čas výpočtu na 25s) a tiež upraviť rozsah osi dráhy na 3200 m, resp. osi rýchlosti na 300 m/s.

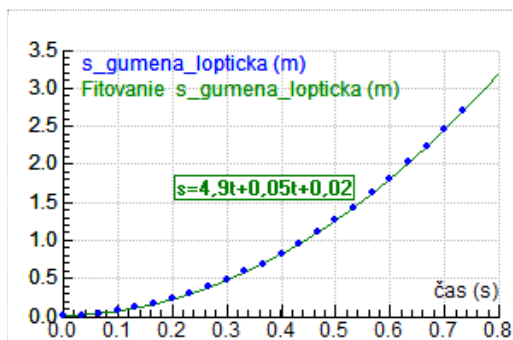
Učiteľ následne ukáže videozáznam pádu skokanov, ktorí vyskočia z lietadla z výšky 3000m (<https://www.youtube.com/watch?v=EabUUrZFfE>) a najprv letia s vystretým telom bruchom otočeným k zemi a neskôr s otvoreným padákom (Terminal velocity on a skydiver, 2014). Na videozázname sú uvedené hodnoty rýchlosti počas pádu, z ktorých vidieť, že rýchlosť skokana bez padáka sa ustáli na hodnote okolo 55 m/s a po otvorení padáka klesne na 5 m/s. Učiteľ vedie interaktívnu diskusiu smerom k analýze síl, ktoré na skokana počas pádu pôsobia. Očakáva od žiakov odpovede: tiažová sila a odpor vzduchu, ktorý pohyb skokana spomaľuje. Pre spomalenie pohybu parašutisti využívajú padák, ktorý odpor vzduchu výrazne zväčší tak, aby nakoniec bezpečne dopadol na zem. To ako sa teleso bude pohybovať, určuje výsledná sila, ktorá na teleso pôsobí.

Túto motivačnú situáciu učiteľ využije k zapojeniu žiakov do skúmania jednoduchších pohybov, ktoré vieme realizovať aj v laboratóriu až k vytvoreniu modelu pádu parašutistu

Skúmanie 1 – Pád gumenej loptičky - 15 minút

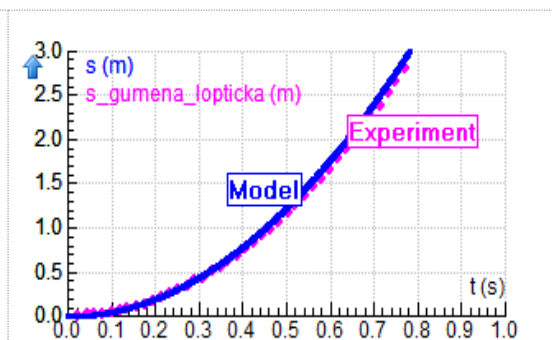
V prvej fáze žiaci skúmajú model pádu telesa, ktorý vytvorili v rámci domáceho zadania z predchádzajúcej hodiny. Ide o model voľného pádu, t. j. rovnomerne zrýchleného pohybu, pomocou kinematických veličín. Je tento model správny? Existujú telesá, ktoré padajú tak, ako predpovedá model? Model si ešte raz zostavia v súbore *Model padu.cma*.

Správnosť modelu žiaci overia porovnaním výsledkov modelu s reálnym pádom loptičky. Žiaci v skupinách pri počítači skúmajú pád loptičky na videozázname (*Pad_gumenej_lopticky_video.cma*). Meraním na videozázname získajú dáta o dráhe prejdenej loptičkou počas pádu, ktorá sa zobrazí v grafe závislosti dráhy od času. Tieto výsledky si žiaci uložia (v prípade nedostatku času môžu použiť hotový výsledok *Pad_gumenej_lopticky_video.cmr*).



Graf 5

Závislosť dráhy od času pre pád gumenej loptičky získaný videomeraním fitovaná kvadratickou funkciou.



Graf 6

Výsledok modelu dráhy pádu gumenej loptičky porovnaný s výsledkom videomerania.

Následne otvoria model voľného pádu. Do modelu, resp. grafu dráhy importujú dáta získané z videomerania pádu loptičky. Žiaci porovnávajú dáta získané z modelu s dátami získanými z reálneho experimentu. Na základe zhody modelu s experimentálnymi dátami usudzujú, že model odpovedá pádu loptičky, t. j. loptička padá voľným pádom.

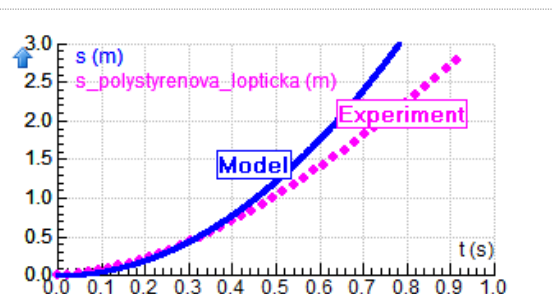
Pad_gumenej_lopticky_video.cma, Pad_gumenej_lopticky_video.cmr, Model padu.cma, Model padu_gumena_lopticka.cmr, Model padu_gumena_lopticka_porovnanie_s_experimentom.cmr

Vysvetlenie 1 – 5 minút

Učiteľ diskutuje so žiakmi o silách, ktoré na loptičku počas pádu pôsobia. Očakáva odpoveď, že na loptičku pôsobí gravitačná (resp. tiažová) sila. Aký vplyv na pohyb loptičky má prostredie, v ktorom loptička padá? Z výsledkov porovnania model vs. experiment vyplýva, že odpor vzduchu pohyb loptičky výrazne neovplyvňuje a jedinou silou pôsobiaceou počas pohybu je gravitačná (tiažová) sila, ktorá loptičke udeľuje zrýchlenie na základe II. Newtonovho zákona $a = \frac{F_g}{m} = \frac{m \cdot g}{m} = g$.

Skúmanie 2 – Pád ľahkej loptičky - 10 minút

V druhej fáze žiaci skúmajú pád polystyrénovej loptičky (*Pad_ľahkej_lopticky_video.cma*). Meraním na videozázname získajú dáta o dráhe prejdenej loptičkou počas pádu, ktorá sa zobrazí v grafe závislosti dráhy od času. Tieto výsledky si žiaci uložia. Následne otvoria model voľného pádu. Teraz do modelu, resp. grafu dráhy importujú dáta získané z videomerania pádu polystyrénovej loptičky. Dáta získané z modelu porovnávajú s dátami získanými z reálneho experimentu. Na základe porovnania usudzujú, že model neodpovedá pádu polystyrénovej loptičky, t. j. loptička nepadá voľným pádom.



Graf 7
Výsledok modelu dráhy voľného pádu porovnaný s výsledkom videomerania pádu ľahkej loptičky.

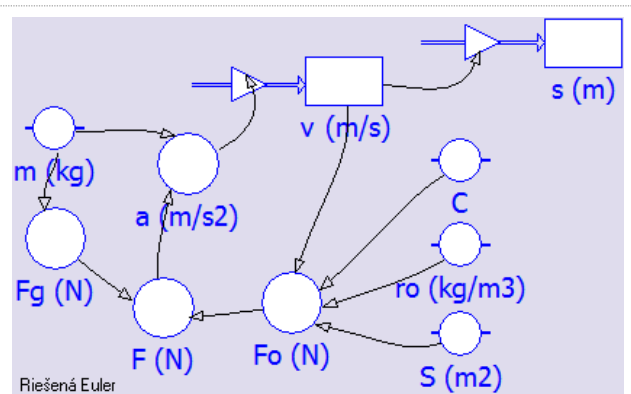
Pad_ľahkej_lopticky_video.cma, Pad_ľahkej_lopticky_video.cmr, Model padu.cma, Model padu_gumena_lopticka.cmr

Vysvetlenie 2 – 5 minút

Učiteľ opäť diskutuje so žiakmi o silách, ktoré pôsobia počas pádu na polystyrénovú loptičku. Je gravitačná sila jedinou pôsobiaceou silou? Aký vplyv má teraz prostredie, v ktorom loptička padá, na jej pohyb? Očakáva odpoveď, že na loptičku pôsobí okrem tiažovej sily ešte odpor vzduchu. Z výsledkov porovnania model vs. experiment vyplýva, že odpor vzduchu teraz pohyb loptičky dosť výrazne ovplyvňuje. Výsledná pôsobiaca sila je teraz zložená z tiažovej a odporovej sily, pričom pre jej veľkosť platí $F = F_g - F_o$. Táto sila udeľuje teraz loptičke zrýchlenie, pričom na základe II. Newtonovho zákona platí $a = \frac{F}{m} = \frac{F_g - F_o}{m}$.

Skúmanie 3 – Pád ľahkej loptičky - 10 minút

Na základe predchádzajúcich výsledkov je potrebné model pádu polystyrénovej loptičky upraviť. Keďže zrýchlenie loptičky je určené silou a hmotnosťou loptičky, žiaci do modelu doplnia premennú sila (ikona pomocnej premennej) a hmotnosť (ikona konštanty). Tieto veličiny prepoja s veličinou zrýchlenie, ktoré už nemá hodnotu tiažového zrýchlenia ale je určené vzťahom $a = \frac{F}{m}$, ktorý doplnia do modelu. V ďalšom špecifikujú

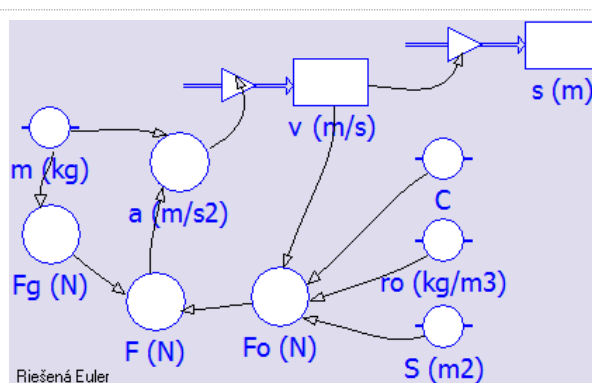


Obrázok 6
Model pádu ľahkej loptičky pri pôsobení tiažovej a odporovej sily.

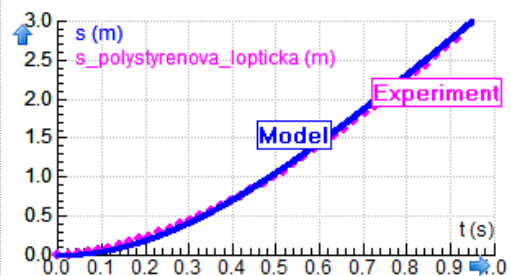
veľičiny sila a hmotnosť. Keďže výsledná sila je zložená z dvoch síl F_g a F_o , tieto sily vložia do modelu a prepoja ich s ďalšími veličinami, s ktorými súvisia, t. j. $F_g = m \cdot g$. V prípade odporovej sily učiteľ diskutuje o tom, od akých parametrov odporová sila závisí. Od žiakov očakáva odpoveď: rýchlosť, prierez telesa, hustota vzduchu, tvar telesa. Tieto veličiny žiaci vložia do modelu a prepoja s odporovou silou. Učiteľ uvedie, že Newton odviedol pre odporovú silu vzťah $F_o = \frac{1}{2} \cdot C \cdot S \cdot \rho \cdot v^2$, ktorý vložia do modelu. Všetky parametre vstupujúce do odporovej sily sú známe ($S = 0,1 \text{ m}^2$, $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$) až na parameter C , ktorý súvisí s tvarom telesa. Žiaci na začiatok nastavlia napr. $C = 1$.

Teraz žiaci skúmajú vytvorený model a porovnávajú jeho výsledky s dátami z experimentu. Zmenou parametra C sa snažia dosiahnuť zhodu, čo sa im podarí pre $C = 0,65$.

Model padu_lahka_lopticka.cmr, Model padu_lahka_lopticka_porovnanie_s_experimentom.cmr



Obrázok 7
Model pádu ľahkej loptičky pri pôsobení tiažovej a odporovej sily.



Graf 8
Výsledok modelu pádu ľahkej loptičky porovnaný s výsledkom videomerania.

Vysvetlenie 3 – 5 minút

Učiteľ diskutuje so žiakmi o vytvorenom modeli, ktorý predstavuje konceptuálnu mapu modelovaného pohybu, ktorá v sebe zahŕňa kľúčové veličiny a vzťahy medzi nimi. Dôležité je, aby žiaci porozumeli koncepcii modelu, ktorá vychádza z II. Newtonovho zákona – výsledná sila udeľuje telesu zrýchlenie a následných vzťahov medzi kinematickými veličinami zrýchlenie, rýchlosť dráha. Keď má teleso zrýchlenie, znamená to, že sa rýchlosť mení (do stavovej premennej rýchlosť „niečo vteká“. To, ako rýchlo sa rýchlosť mení určuje práve zrýchlenie, preto

vstupuje do premennej rýchlosti ako premenná toku, t. j. ako miera zmeny rýchlosti). Keď má teleso rýchlosť, znamená to, že sa mení dráha (do stavovej premennej dráha „niečo vteká“. To, ako rýchlo sa dráha mení určuje práve rýchlosť, preto vstupuje do premennej dráha ako premenná toku, t. j. ako miera zmeny dráhy). Pre pohyb je vždy určujúca výsledná sila, ktorá na teleso pôsobí. Ak v modeli zmeníme silu, menia sa aj závislosti rýchlosti, resp. dráhy telesa od času.

Rozšírenie – Pád parašutistu

Teraz môžu žiaci pristúpiť k modelovaniu pádu skokana, ktorý videli na videozázname na začiatku hodiny. Skokan vyskočil z lietadla vo výške 3000 m. Padá vo vzduchu, ktorého priemerná hustota je cca 1 kg/m^3 ($1,23 \text{ kg/m}^3$ na hladine mora, $0,91 \text{ kg/m}^3$ vo výške 3000 m). Žiaci môžu upraviť model pádu ľahkej loptičky. Najskôr zmenia čas výpočtu modelu pomocou ikony hodín na hornej lište, kde nastaví čas 190 s a krok času $dt = 0,005 \text{ s}$. Potom zmenia rozsahy osi dráhy na 3000 m, resp. osi rýchlosti na 60 m/s a následne upraví hodnoty parametrov modelu pre pád skokana. Veľkosť priečného rezu človeka v polohe bruchom k zemi je cca $0,7 \text{ m}^2$ (v polohe hlavou k zemi $0,18 \text{ m}^2$), hmotnosť človeka s príslušenstvom je 90 kg a súčiniteľ odporu môžu žiaci nastaviť napr. na hodnotu $C = 1$. Rýchlosť dosiahnutú skokanom vo videozázname porovnajú s rýchlosťou dosiahnutou v modeli. Pri hore uvedených parametroch skokan dosiahne konečnú rýchlosť asi 50 m/s. Voľbou súčiniteľa odporu ($C = 0,85$) skokan dosiahne konečnú rýchlosť asi 55 m/s. Pri takýchto podmienkach by dopadol na zem za 60 s, čo by pri rýchlosti 55 m/s malo na skokana fatálne následky (Wikipédia, Speed skydiving, 2020), (Starr, 2013), (Burke, 2011).

V druhej časti môžu žiaci doplniť model o fázu, v ktorej skokan otvorí padák. Skúsení skokani otvárajú padák zhruba vo výške 760m (pri našej výške zoskoku tomu odpovedá prejde dráha 2240 m). Plocha priečného rezu padáka je zvyčajne okolo 7-12 m^2 . Keďže model bude mať dve fázy (bez a s padákom), do modelu žiaci doplnia podmienku. Pôvodne konštantnú hodnotu S zmenia na pomocnú premennú a doplnia podmienku: *if $s > 2240$ then $S = 12$ else $S = 0,7$* . Pri tejto podmienke predpokladáme, že sa padák otvorí okamžite, čo v skutočnosti nie je pravda a toto zjednodušenie si treba uvedomiť. Za predpokladu plochy priečného rezu padáka $S = 12 \text{ m}^2$ skokan dosiahne s otvoreným padákom rýchlosť asi 13 m/s.

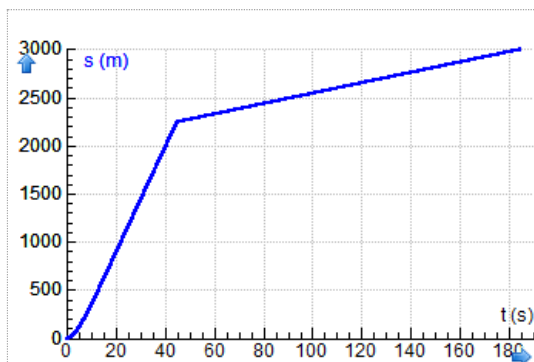
Úlohou žiakov môže byť určiť hodnotu súčiniteľa odporu, keď vieme, že skokan mal pred dopadom na zem rýchlosť okolo 5 m/s. K tomu opäť stanoví podmienku. Pôvodne konštantnú hodnotu C zmenia na pomocnú premennú a doplnia podmienku: *if $s > 2240$ then $C = 4,2$ else $C = 0,85$* .

Žiaci môžu eventuálne pridať ďalšiu podmienku pre hustotu vzduchu: *if $s > 2240$ then $ro = 1,2$ else $ro = 0,99$* , keďže hustota vzduchu sa mení. Pri takto stanovených parametroch sa model svojimi výsledkami blíži hodnotám z videozáznamu.

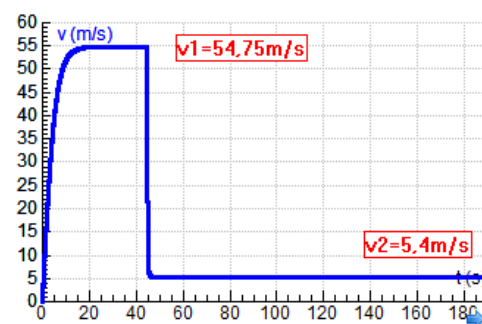
$h \text{ (m)}$	$\rho \text{ (kg/m}^3\text{)}$
0	1,226
500	1,168
1000	1,112
1500	1,058
2000	1,007
2500	1,957
3000	0,909

Tabuľka 1
Hustota vzduchu v závislosti od nadmorskej výšky.

V poslednej úlohe žiaci zakresľujú vektorový diagram síl pôsobiacich počas pádu na skokana v jednotlivých časoch. Dôležité je uvedomiť si veľkosti pôsobiacich síl, t. j. ako sa mení veľkosť odporovej sily a tým pádom aj výslednej sily pôsobiacej na skokana počas pádu.



Graf 9
Výsledok modelu dráhy pádu parašutistu pred a po otvorení padáka.



Graf 10
Výsledok modelu rýchlosti pádu parašutistu pred a po otvorení padáka.

Model padu_parasutista.cmr

Vyhodnotenie – 5 minút

Na záver učiteľ v spoločnej diskusii so žiakmi vyhodnotí aktivitu a jej výsledky. Kladie žiakom otázky:

- Ako padajú telesá vo vzduchu a čím je pád ovplyvnený?
- Aké sily na skokana počas pádu pôsobia?
- Od čoho tieto sily závisia?
- Akú maximálnu rýchlosť skokan dosiahne a čo vtedy platí o silách, ktoré na neho pôsobia?

Očakáva pritom odpoveď, že pohyb je okrem gravitačnej (tiažovej) sily ovplyvnený aj odporom vzduchu. Keďže odpor vzduchu rastie s rýchlosťou, pri istej rýchlosti sa gravitačná (tiažová) sila pôsobiaca na teleso vyrovná s odporom vzduchu a od toho okamihu teleso padá rovnomerným pohybom. Odpovede na tieto otázky sú základom pre sformulovanie záveru, ktorý žiaci zapisujú do pracovného listu.

Na záver môže učiteľ pustiť úryvok zo známej Bondovky (<https://www.youtube.com/watch?v=IBk62CWsGok>), kde James Bond bojuje s nepriateľom letiac vo vzduchu (James Bond and terminal velocity, 2013). Žiaci pri sledovaní môžu riešiť nasledujúce úlohy formatívneho charakteru:

- Ako padá zločinec po vyskočení z lietadla? Ako padá neskôr, keď je už v ustálenej polohe bruchom k zemi?
- Po chvíli z lietadla vypadne aj James Bond. Prečo zločinca nevie Bond dobehnúť? Ako sa mu to nakoniec podarí?
- Ako sa snaží James Bond zločincovi uniknúť? Na čom je založená naháňačka vo vzduchu?
- Nakoniec sa Jamesovi Bondovi podarí otvoriť padák a v tej chvíli sa zdá, že Bond vyletí prudko nahor, čím nepriateľovi unikne. Naozaj Bond po otvorení padáka letí smerom nahor?

Túto úlohu žiaci doriešia v rámci domáceho zadania. Vyplnený pracovný list žiaci odovzdajú na nasledujúcej vyučovacej hodine. Učiteľ venuje predovšetkým pozornosť formulácii záverov a odpovediam na otázky súvisiace s riešením doplňujúcej úlohy. V rámci formatívneho hodnotenia odpovede žiakov slovne skomentuje. Pracovný list môže zhodnotiť známku.

Učiteľ môže zadať skupine 3 žiakov úlohu nasnímať videozáznam pádu bedmintonového košíka a vytvoriť odpovedajúci model pádu. Druhá možnosť je pripraviť hotový videozáznam pádu a domáce zadanie pre všetkých: Vytvoriť teoretický model pádu bedmintonového košíka, ktorý by korešpondoval s dátami nasnímanými na videozázname.



POSTREHY A ZISTENIA Z VÝUČBY

Pre realizácii tejto vyučovacej jednotky sa môžu u žiakov vynoriť mnohé otázky, napr. ako by prebiehal pád, ak by som bol parašutistom ja (človek s nižšou hmotnosťou) alebo ak by namiesto parašutistu padal napr. tank (teleso s obrovskou hmotnosťou). Na tieto otázky žiaci môžu hľadať odpoveď zmenou parametrov a opakovaným spustením simulácie. Tým pádom sa môže stať, že časový harmonogram určený pre túto vyučovaciu jednotku sa nemusí dodržať tak, ako je navrhnutý. V takomto prípade môžeme niektoré úlohy riešiť na ďalšej vyučovacej hodine, resp. učiteľ si môže pracovný list a postup vyučovacej hodiny prispôbiť svojim podmienkam.

Na vyučovacích hodinách je možné postupovať aj bez pracovného listu s využitím pokynov uvedených v jednotlivých úlohách priamo v súbore COACH. V takom prípade sú výstupmi žiaka dosiahnuté výsledky merania, resp. modelovania, ktoré postupne ukladá do súborov s príponou cmr (cmr7).

3 AKO FELIX PREKONAL RÝCHLOSŤ ZVUKU?

Tematický celok/ Téma		ISCED/Odporúčaný ročník
Modelovanie/ Ako môže človek prekonať rýchlosť zvuku		3.ročník, ISCED 3A/ 2 vyučovacie hodiny
Ciele		
Žiakom osvojované vedomosti a zručnosti	Žiakom rozvíjané spôsobilosti	
<ul style="list-style-type: none">• Prehliadnuť porozumenie zákona sily na reálnom príklade pohybu, ktorý je ovplyvnený viacerými silami, ktoré nemusia byť konštantné• Zostaviť dynamický model pádu v postupnosti od najjednoduchšieho modelu k viac a viac komplexnejšiemu modelu, ktorý sa blíži reálnemu pohybu skokana• Porovnať dáta získané z modelu s výsledkami, ktoré dosiahol rekordér Felix Baumgartner	<ul style="list-style-type: none">• Identifikovať veličiny, ktoré budú v modeli reprezentované nezávislou premennou, stavovou premennou, premennou toku, pomocou premennou, konštantou• Navrhnuť model , t. j. určiť vzájomné vzťahy medzi premennými, nastavenie začiatkových hodnôt a konštánt.• Predpovedať výsledok modelu• Manipulovať so softvérom a skonštruovať model• Transformovať výsledky do štandardných foriem (napr. tabuľky, grafy).• Určovať vzťahy medzi premennými veličinami, na základe údajov v grafe• Zovšeobecniť výsledky	
Požiadavky na vstupné vedomosti a zručnosti		
<ul style="list-style-type: none">• Poznať a rozumieť fyzikálny zmysel veličín dráha, rýchlosť, zrýchlenie, hustota• Poznať pojmy gravitačná sila a vedieť od čoho gravitačná sila závisí• Poznať pojem odpor vzduchu a vedieť od čoho odpor vzduchu závisí• Poznať a rozumieť zákon sily• Poznať základné postupy tvorby dynamických modelov pohybov založených na zákone sily, mať skúsenosti s tvorbou modelu pádu telies v odporujúcom prostredí		
Riešený didaktický problém		
<p>Hlavný didaktický problém spočíva v tom, že na základe aktuálnych matematických schopností žiakov gymnázia nedokážeme riešiť úlohy z mechaniky, ktoré opisujú pohyb, pri ktorých výsledná pôsobiacia sila nie je konštantná. Metódou dynamického modelovania môžeme detailne analyzovať aj taký komplikovaný pohyb aký vykonával Felix Baumgartner počas zoskoku z balóna vo výške 39km, kedy prekonal rýchlosť zvuku. Podstatou je rozdelenie deja na malé časové intervaly, na ktorých je možné považovať niektoré veličiny za konštantné vzhľadom na veľkosť časového intervalu. Navyše, pri dynamickom modelovaní v ikonografickom móde sú veličiny a kauzálne vzťahy medzi nimi reprezentované vizuálne, čím sa výrazne podporuje konceptuálne pochopenie modelovaného deja. Simulovaním modelu pre rozličné parametre sledovaného deja je možné sledovaný dej detailne preskúmať. Porovnanie výsledkov modelu s výsledkom reálneho pohybu potvrdí korektnosť modelu.</p>		
Dominantné vyučovacie metódy a formy		Príprava učiteľa a pomôcky
<ul style="list-style-type: none">• Potvrdzujúce bádanie• Skupinová forma (žiaci pracujú v skupinách po dvoch pri počítači)	<ul style="list-style-type: none">• Počítačová učebňa, systém COACH (alebo iný systém umožňujúci dynamické modelovanie)• Súbor pre počítač: aktivita <i>Model_Baumgartner.cma</i>, súbory: vzorové výsledky uvedené v texte• Videozáznam pádu Felixa Baumgartnera	
Diagnostika splnenia vzdelávacích cieľov		
<ul style="list-style-type: none">• Formatívne hodnotenie (úlohy na záver aktivít)		



ÚVOD

Žiaci v tejto aktivite prostredníctvom modelovania riešia komplexný problém súvisiaci s pádom Felixa Baumgartnera, ktorý dosiahol svetový rekord v rýchlosti pádu (Di Sipio, 2012), (Colino & Barbero, Quantitative model of record stratospheric freefall, 2013), (Colino, Barbero, & Tapiador, Dynamics of a skydiver's epic free fall, 2014), (Earth Atmosphere Model, 2015), (Wolchover, 2012), (Mission to the edge of space, 2020), (Aerodynamics for Students, 1995-2019), (Theilmann & Apolin, 2013), (Greeing, 2013), (Njock Libii, dátum neznámy), (Felix Baumgartner's skydiving simulation, 2012). Postupným programovaním modelu pohybu skokana od najjednoduchšieho modelu cez jeho postupnú úpravu model pohybu Felixa zdokonaľujú. Uvedomovaním si reálnych podmienok modelu žiaci skonštruujú model, ktorý sa viac a viac blíži reálnemu pohybu skokana. Celá aktivita je rozdelená do niekoľkých častí, pričom v každej fáze žiaci porovnávajú výsledky získané modelovaním s reálnym výsledkom, ktorý pri skoku dosiahol Felix Baumgartner:

- 1) Model 1 – model vychádzajúci z pôsobenia tiažovej sily pri zanedbaní ostatných síl.
- 2) Model 2 – model so započítaním odporu vzduchu pri konštantnej hustote vzduchu.
- 3) Model 3 – model so započítaním odporu vzduchu s premennou hustotou vzduchu.
- 4) Model 4 – model bez padáku/ s padákom.
- 5) Model 5 – model so započítaním odporu vzduchu s premennou gravitačnou silou.

V každom prípade, skôr než žiaci začnú programovať učiteľ v spoločnej interaktívnej diskusii so žiakmi vytvorí model situácie na tabuľu s analýzou pôsobiacich síl a až následne žiaci pristúpia k jeho naprogramovaniu.



PRIEBEH VÝUČBY

Zapojenie (motivácia) – 10 minút

Učiteľ na začiatku hodiny nadviaže na domáce zadanie z predchádzajúcej vyučovacej hodiny súvisiace s naháňačkou Jamesa Bonda. Nechá vybraných žiakov prečítať odpovede na otázky z pracovného listu. Potom pracovné listy pozbiera a žiacke odpovede v pracovnom liste slovné skomentuje. Pracovný list môže ohodnotiť známku.



Obrázok 8
Felix Baumgartner pri zoskoku z kapsule. Obrázok prevzatý z <https://felixbaumgartner.com/>

Následne učiteľ ukáže žiakom videoklip pádu Felixa Baumgartnera. <https://www.youtube.com/watch?v=vvbN-cWe0A0I>, resp. <https://www.redbull.com/sk-sk/felix-baumgartner-prekonal-r%C3%BDchlos%C5%A5-zvuku>. Zaujímavé je tiež video pádu legového panáčka <https://www.youtube.com/watch?v=yFU774q6eVM>

Rakúsky skokan 14. októbra 2012 počas niekoľko desiatok sekúnd dosiahol nadzvukovú rýchlosť 1342,8 km/h a svojím zoskokom zo stratosféry tak posunul hranice ľudských možností. Felix bol vynesенý do výšky 39 km v kapsule za pomoci héliového stratosférického balóna. Po vyskočení z kapsule otvoril padák po 4 minútach 16 sekundách. Počas prvej minúty pádu dosiahol nadzvukovú rýchlosť 1342,8 km/h, čím prekonal dovtedy platný Kittingerov rekord z roku 1960 (988 km/h pri zoskoku z výšky 31 km).

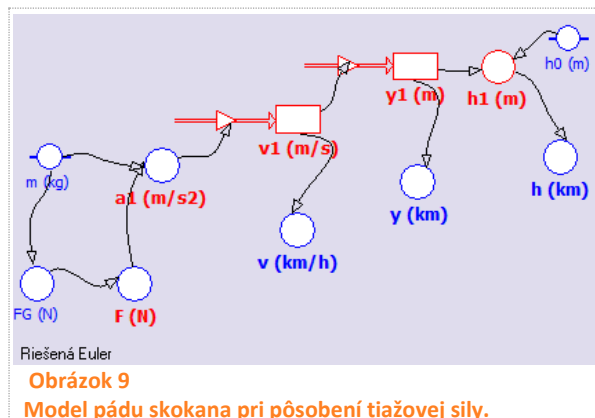
Detaily pádu skokana:

- rýchlosť zvuku dosiahol po 34 sekundách pádu,
- maximálnu rýchlosť 1342,8 km/h dosiahol po 50 sekundách,
- padák sa naplno otvoril po 4 minútach 16 sekundách (259 sekundách) vo výške 2,5 km.

Učiteľ v tejto fáze vyvolá diskusiu o tom, ako je možné dosiahnuť nadzvukovú rýchlosť. Interaktívnu diskusiu vedie smerom k faktorom, ktoré ovplyvňujú pohyb skokana. Vychádzajúc zo zákona sily, ktorý žiaci poznajú a mali by mu rozumieť, žiaci postupne identifikujú sily, ktoré na skokana počas pádu pôsobia: tiažovú silu, príp. odpor vzduchu,... Necháme pritom žiakov formulovať ich návrhy. Žiaci na základe spoločnej analýzy pôsobiacych síl postupne v skupinách programujú modely pohybu pri postupnom pridávaní pôsobiacych síl.

Skúmanie 1 – 10 minút

Najjednoduchší model vychádza z pôsobenia tiažovej sily $F_G = m \cdot g$ (hmotnosť skokana so skafandrom $m = 118$ kg), ktorá je počas pohybu konštantná, pričom pôsobenie ostatných síl neberieme do úvahy. Žiaci otvoria súbor *Model_Baumgartner.cma*, v ktorom programujú model voľného pádu (pád voľne pusteného telesa vo vákuu) a zisťujú, akú rýchlosť by skokan dosiahol v takomto prípade.



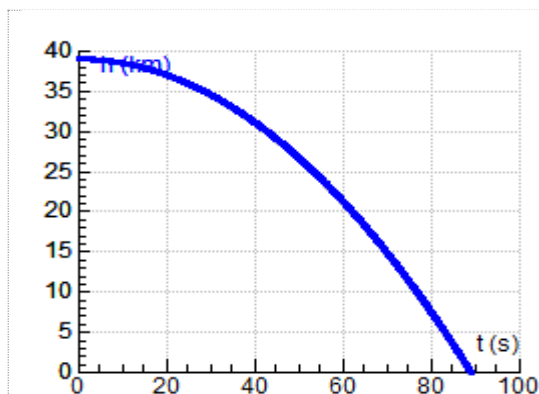
Obrázok 9
Model pádu skokana pri pôsobení tiažovej sily.

Model_Baumgartner_1.cmr

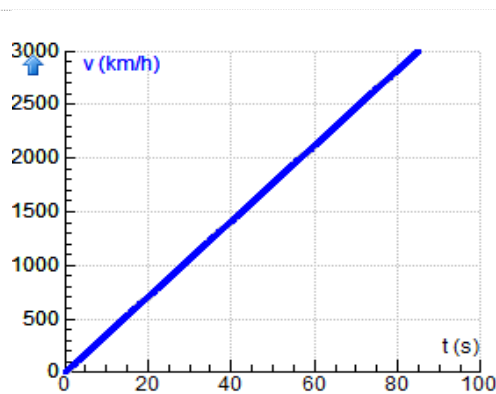
Vysvetlenie 1 – 2 minúty

Učiteľ kladie žiakom otázky: Čo môžeme usúdiť z výsledkov modelu? Akú rýchlosť skokan dosiahne pri dopade na zem? Je tento model reálny?

Na základe výsledkov modelu žiaci usudzujú, že ak do modelu nezapočítame odpor vzduchu, Felix by pristál na zemi behom 90 sekúnd obrovskou rýchlosťou okolo 3000 km/h.



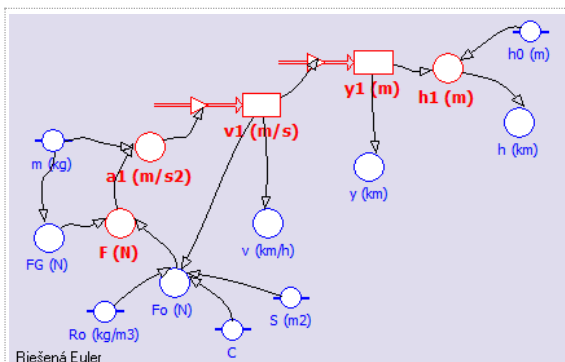
Graf 11
Závislosť nadmorskej výšky skokana od času pri pôsobení tiažovej sily.



Graf 12
Závislosť rýchlosti skokana od času pri pôsobení tiažovej sily.

Skúmanie 2 – 10 minút

V druhom kroku žiaci diskutujú o potrebe model upraviť a započítať ďalšiu silu, ktorá počas pádu na Felixu pôsobí. Žiaci z predchádzajúcich vyučovacích hodín fyziky vedia, že odporová sila závisí od tvaru telesa (súčiniteľ odporu C), hustoty prostredia ρ , kolmého prierezu telesa S a rýchlosti pohybu v podľa vzťahu $F_o = 0,5 \cdot C \cdot \rho \cdot S \cdot v^2$. Aj v tomto prípade samotnému programovaniu predchádza spoločná diskusia so zápisom pôsobiacich síl na tabuľu. Žiaci následne doplnia model o odporovú silu, v ktorej je potrebné zadať hodnoty súčiniteľa odporu C , ktorý závisí od tvaru telesa, plochu prierezu S skokana a hustoty prostredia, v ktorom sa pohyb realizuje. Skokana môžeme modelovať ako



Obrázok 10
Model pádu skokana pri pôsobení tiažovej a odporovej sily.

teleso tvaru valca ($C = 0,82$) s pričným rezom $S = 0,8 \text{ m}^2$ (berúc do úvahy telo skokana aj so skafandrom). Hustota vzduchu sa však s rastúcou výškou nad zemou mení, v prvom priblížení môžeme použiť priemernú hustotu vzduchu $\rho = 0,2 \text{ kg/m}^3$.

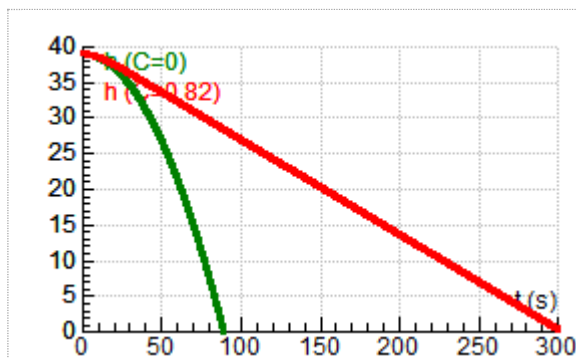
	Nadmorská výška (km)	Hustota vzduchu ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	Priemerná hustota vzduchu ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)
Troposféra	0-11	0,36-1,2	0,73
Tropopauza (dolná stratosféra)	11-18	0,12-0,37	0,22
Stratosféra	18-48	0,0014-0,13	0,027
Troposféra-tropopauza-stratosféra	0-48	0,0014-1,2	0,2

Tabuľka 2
Model pádu skokana pri pôsobení tiažovej sily.

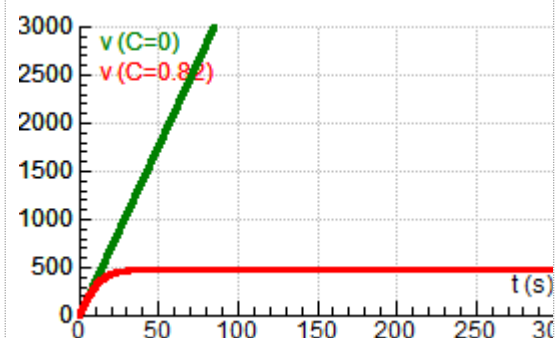
Vysvetlenie 2 – 3 minúty

Učiteľ kladie žiakom otázky: Čo môžeme usúdiť z výsledkov modelu? Akú rýchlosť skokan dosiahne pri dopade na zem? Je tento model reálny?

Ani táto úprava modelu však neprináša očakávané výsledky. Pri zadaní priemernej hustoty vzduchu $\rho = 0,2 \text{ kg/m}^3$ by Felix dopadol na zem približne za 300 sekúnd rýchlosťou asi 500 km/h. Žiaci môžu predpovedať výslednú rýchlosť pri väčšej, resp. menšej hustote vzduchu. Simulovaním zistia, že hustota vzduchu zohráva pri páde dôležitú úlohu.



Graf 13
Závislosť nadmorskej výšky skokana od času pre model bez a so započítaním odporu vzduchu.



Graf 14
Závislosť rýchlosti skokana od času pre model bez a so započítaním odporu vzduchu.

Skúmanie 3a – 5 minút

Keďže ani model 2 neprináša výsledky odpovedajúce reálnemu skoku, v ďalšom učiteľ so žiakmi diskutuje o tom, čím môže byť spôsobená taká obrovská rýchlosť, ktorú skokan v prvej časti pádu dosiahol. Pri výskoku v stratosfére je hustota vzduchu malá, t. j. odpor vzduchu je malý.

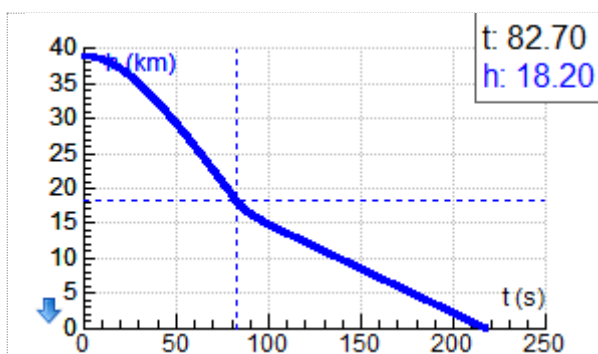
Hustota vzduchu s nadmorskou výškou klesá, pričom táto závislosť nie je jednoduchá. V prvom kroku môžeme použiť priemerné hustoty jednotlivých vrstiev, v ktorých sa pohyb realizuje.

Model_Baumgartner_3a.cmr

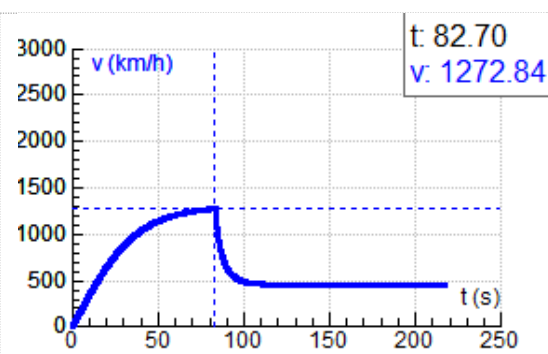
Vysvetlenie 3a – 5 minút

Učiteľ kladie žiakom otázky: Čo môžeme usúdiť z výsledkov modelu? Akú maximálnu rýchlosť skokan dosiahne teraz? Kedy túto maximálnu rýchlosť dosiahne? Odpovedá táto rýchlosť skutočnému pádu skokana? Je model hustoty vzduchu správny? Žiaci môžu v modeli zohľadniť zmenu hustoty vzduchu. K tomu je potrebné zmeniť veličinu hustota z konštanty na pomocnú premennú a vložiť podmienku pre nadmorskú výšku väčšiu ako 18 km, kedy je priemerná hustota vzduchu veľmi nízka (približne $0,027 \text{ kg/m}^3$). Vo zvyšnej vrstve môžu žiaci zadať hodnotu $0,22 \text{ kg/m}^3$, čo je priemerná hustota tropopauzy. Pri použití týchto konštantných hodnôt dosiahne skokan maximálnu rýchlosť približne 1273 km/h tesne pred vstupom do tropopauzy, kde rýchlosť skokana výrazne poklesne v dôsledku prudkého skokovitého nárastu hustoty vzduchu a následného nárastu odporovej sily. Ani tento model však neodpovedá realite, keďže hustota vzduchu sa plynule mení.

Túto fázu modelovania s diskretnými hodnotami hustoty vzduchu je možné vynechať a priamo modelovať plynule sa meniacu hustotu vzduchu.



Graf 15
Závislosť nadmorskej výšky skokana od času pre model so započítaním skokovito sa meniacej hustoty vzduchu.

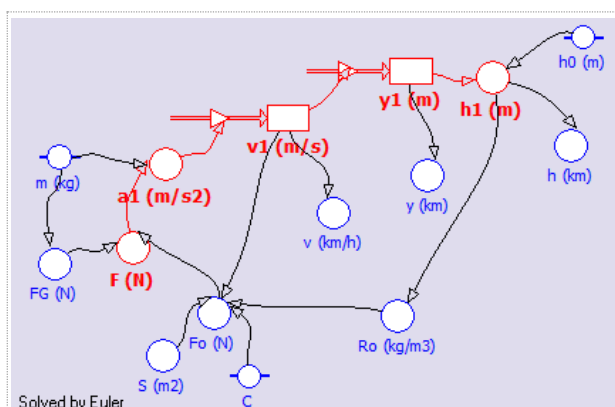


Graf 16
Závislosť rýchlosti skokana od času pre model so započítaním skokovito sa meniacej hustoty vzduchu.

Skúmanie 3b – 10 minút

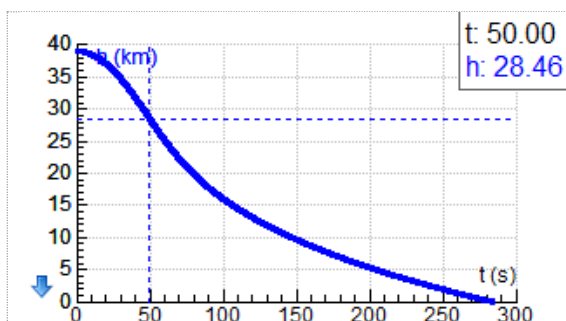
Učiteľ vedie interaktívnu diskusiu so žiakmi smerom k vytvoreniu modelu, ktorý by zohľadňoval plynule sa meniacu hustotu vzduchu s rastúcou nadmorskou výškou. Existuje niekoľko modelov, ako sa mení hustota vzduchu s rastúcou výškou. Tieto modely zohľadňujú zmeny teploty, resp. tlaku s nadmorskou výškou. My použijeme

vzťah $\rho = 1,29 \cdot 0,88^{0,001 \cdot h_1}$ (kde h_1 je nadmorská výška v metroch), ktorý pomerne dobre korešponduje s reálnymi dátami o hustote vzduchu.

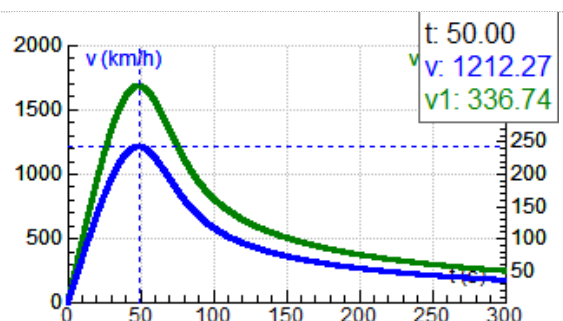


Obrázok 11

Model pádu skokana pri pôsobení tiažovej a odporovej sily.



Graf 17
Závislosť nadmorskej výšky skokana od času pre model so započítaním plynule sa meniacej hustoty vzduchu pre $S = 0,8 \text{ m}^2$ a $C = 0,8$.

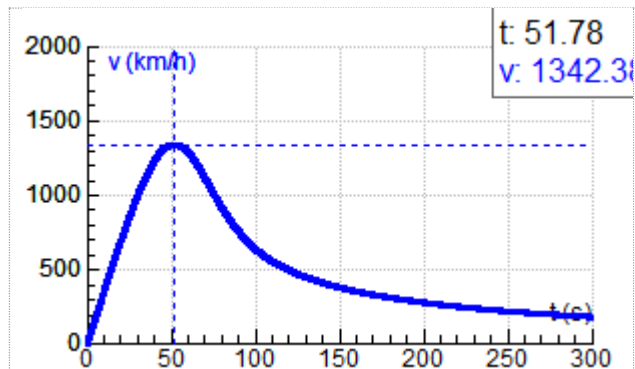


Graf 18
Závislosť nadmorskej výšky skokana od času pre model so započítaním plynule sa meniacej hustoty vzduchu pre $S = 0,8 \text{ m}^2$ a $C = 0,8$.

Model_Baumgartner_3b.cmr

Vysvetlenie 3b – 5 minút

Učiteľ kladie žiakom otázky: Čo môžeme usúdiť z výsledkov modelu? Aká je hustota vzduchu a s akým zrýchlením skokan padá počas prvého kilometra pádu? Akú maximálnu rýchlosť skokan dosiahne teraz? Kedy túto maximálnu rýchlosť dosiahne? Odpovedá táto rýchlosť skutočnému pádu skokana?



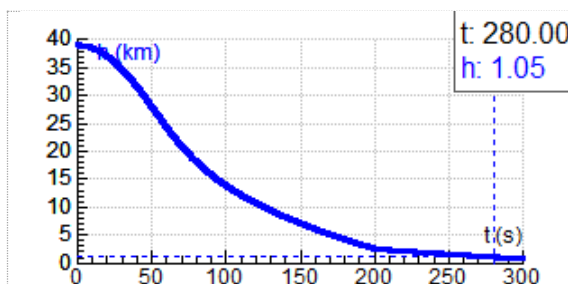
Graf 19

Závislosť rýchlosti skokana od času pre $C=0,53$.

Z výsledkov modelu vidieť, že pre súčiniteľ odporu $C = 0,8$ skokan dosiahne rýchlosť asi 1200 km/h, čím prekročil rýchlosť zvuku. Tento model pomerne dobre korešponduje s reálnym pádom skokana, ktorý dosiahol maximálnu rýchlosť 1342,8 km/h. Model môžu žiaci simulovať pre rozličné hodnoty súčiniteľa odporu.

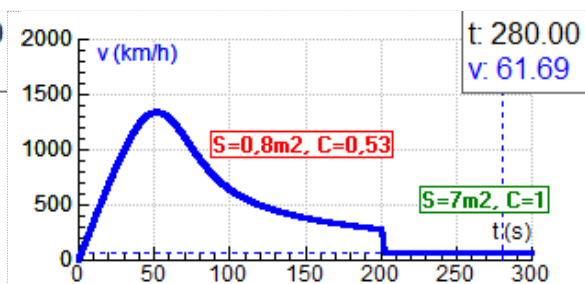
Skúmanie 4 – 5 minút

Posledný model zohľadňuje otvorenie padáka. Felix otvorí padák približne vo výške 2,5 km. Do modelu žiaci vložia podmienku, pre ktorú sa vo výške 2,5 km zmení plocha pričného rezu skokana z $S = 0,8 \text{ m}^2$ na hodnotu $S = 7 \text{ m}^2$. Môžu eventuálne zmeniť aj súčiniteľ odporu pre padák.



Graf 20

Závislosť nadmorskej výšky skokana od času s otvorením padáka.



Graf 21

Závislosť rýchlosti skokana od času s otvorením padáka.

Model_Baumgartner_4_parachute.cmr

Vysvetlenie 4 – 5 minút

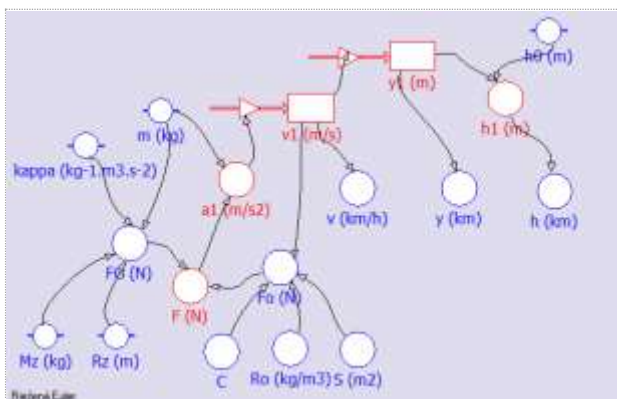
Spustením modelu, v ktorom je zahrnutá aj oblasť po otvorení padáka získame grafy, z ktorých vidieť, že tesne po otvorení padáka rýchlosť prudko klesá v dôsledku rastúcej odporovej sily, ktorá sa výrazne zmení (takmer dvojnásobne), čím pohyb výrazne zbrzdí. Rýchlosť skokana tým prudko klesá a skokan nakoniec dopadne na zem bezpečnou rýchlosťou.

Rozšírenie – 5 minút

Ďalšia otázka môže viesť k diskusii o tom, či tiažová sila pôsobiaca na skokana je počas pohybu konštantná alebo sa mení s nadmorskou výškou. Žiaci môžu v ďalšom testovať model, v ktorom nahradia tiažovú silu $F_G = m \cdot g$ gravitačnou silou $F_g = \kappa \cdot m \cdot Mz / (R_z + h_1)^2$. Testovaním modelu zistia, že táto zmena nemá vplyv na pád skokana.

Vyhodnotenie – 10 minút

Na záver učiteľ v spoločnej diskusii so žiakmi vyhodnotí aktivitu a jej výsledky. Žiaci formulujú záver, ktorý zapíšu do pracovného list. V prípade dostatku času žiaci môžu hľadať odpovede na nasledujúce otázky na vyučovacej hodine, v opačnom prípade tieto doplňujúce otázky budú pre žiakov domácim zadaním:



Obrázok 12

Model pádu skokana pri započítaní premennej gravitačnej sily

- Ako je možné, že skokan dosiahol tak obrovskú rýchlosť?
- Ako sa mení zrýchlenie skokana počas pádu? Padal skokan voľným pádom? Ak áno, v ktorej fáze pádu?
- Existujú fázy pádu, kde padá skokan konštantnou rýchlosťou, t. j. rovnomerným pohybom?
- Ako ovplyvňuje odporovú silu hustota vzduchu? V ktorých fázach skoku je odpor vzduchu maximálny a v ktorých je minimálny?
- Akým pohybom sa skokan pohybuje v poslednej fáze pohybu po otvorení padáka?
- Na základe Newtonovho gravitačného zákona sa gravitačná sila mení so vzájomnou vzdialenosťou telies. Ako tento fakt ovplyvní model pádu skokana?
- Ktoré ďalšie parametre mohli skok Felixa ovplyvniť.

V diskusii žiakov vedieme k pochopeniu, že vytvorený model je zjednodušeným pohľadom na reálny pád skokana. Otázkami ich vedieme k uvedomeniu si toho, kde sme sa dopustili zjednodušení, resp. ktoré parametre sme nebrali počas modelovania do úvahy.

- Použitý model hustoty vzduchu je jedným z modelov závislosti hustoty od nadmorskej výšky. Závislosť je pomerne zložitá, s nadmorskou výškou sa mení tlak ale aj teplota a vlhkosť vzduchu, ktoré ovplyvňujú jeho hustotu.
- Skokan sa počas pádu otáča, čo vidieť aj na videozázname. Preto plocha jeho priečného rezu nie je počas pádu konštantná. Otáčanie skokana má vplyv aj na súčiniteľ odporu. Ten sa líši, ak je skokan v polohe hlavou nadol ($S = 0,25 \text{ m}^2$), resp. bruchom otočeným k zemi ($S = 0,8 \text{ m}^2$). (Colino, Barbero, & Tapiador, 2014)
- Navyše, súčiniteľ odporu je závislý aj od rýchlosti pohybu. Pri rastúcich rýchlostiach výrazne rastie, hlavne v oblasti blízkych rýchlosti zvuku v danom prostredí. Pre rýchlosti prekračujúce rýchlosť zvuku $C = 2,0 - 2,4$.
- Pohyb skokana bol po vyskočení z kapsule vertikálny avšak neskôr mal skokan zložku rýchlosti aj v horizontálnom smere.

Žiaci odovzdajú vyplnený pracovný list na nasledujúcej vyučovacej hodine. Učiteľ slovné skomentuje predovšetkým záver a odpovede na otázky, resp. prezrie vyplnený sebahodnotiaci hárok, ktorý mu dá informáciu o tom, do akej miery bola aktivita pre žiakov zrozumiteľná.



POSTREHY A ZISTENIA Z VÝUČBY

Realizácia vyučovacej jednotky môže prevýšiť čas stanovený v metodickom postupe. Časť 3a (kde sa pracuje s diskretnými hodnotami hustoty vzduchu) je možné vynechať a zamerať sa priamo na časť 3b, kde do modelu žiaci vložia rovnicu popisujúcu závislosť hustoty vzduchu od nadmorskej výšky.

Na vyučovacích hodinách je možné postupovať aj bez pracovného listu s využitím pokynov uvedených v jednotlivých úlohách priamo v súbore COACH. V takom prípade sú výstupmi žiaka dosiahnuté výsledky merania, resp. modelovania, ktoré postupne ukladá do súborov s príponou cmr (cmr7).

4 AKO ŠTARTUJE RAKETA?

Tematický celok/ Téma		ISCED/Odporúčaný ročník
Modelovanie/ Ako sa pohybuje raketa		3.ročník, ISCED 3A/ 2 vyučovacie hodiny
Ciele		
Žiakom osvojované vedomosti a zručnosti		Žiakom rozvíjané spôsobilosti
<ul style="list-style-type: none"> Identifikovať konkrétne parametre modelu na základe existujúceho modelu Upraviť model na základe známych vzťahov medzi veličinami modelu, vedieť uplatniť II. Newtonov zákon Identifikovať sily pôsobiace počas pohybu na raketu Určiť veľkosti jednotlivých síl, ktoré na raketu pôsobia (ťah rakety, gravitačná sila, odpor vzduchu) Určiť ako sa mení hmotnosť rakety počas pohybu <p>V postupnosti krokov zostaviť čo najvernejší model pohybu rakety</p>		<ul style="list-style-type: none"> Identifikovať veličiny, ktoré budú v modeli reprezentované nezávislou premennou, stavovou premennou, premennou toku, pomocou premennou, konštantou Navrhnuť model, t. j. určiť vzájomné vzťahy medzi premennými, nastavenie začiatkových hodnôt a konštant. Predpovedať výsledok modelu Manipulovať so softvérom a skonštruovať model Transformovať výsledky do štandardných foriem (napr. tabuľky, grafy). Určovať vzťahy medzi premennými veličinami, na základe údajov v grafe Zovšeobecniť výsledky
Požiadavky na vstupné vedomosti a zručnosti		
<ul style="list-style-type: none"> Poznať a rozumieť fyzikálny zmysel veličín dráha, rýchlosť, zrýchlenie, hustota Poznať pojmy gravitačná sila a vedieť od čoho gravitačná sila závisí Poznať pojem odpor vzduchu a vedieť od čoho odpor vzduchu závisí Poznať a rozumieť zákon sily Poznať a rozumieť III. Newtonov zákon a vedieť ho aplikovať na pohyb rakety Poznať základy dynamického modelovania pre kinematické veličiny, dráha, rýchlosť, zrýchlenie 		
Riešený didaktický problém		
<p>Žiaci so stredoškolským matematickým aparátom dokážu riešiť len jednoduché úlohy súvisiace s pohybom pod vplyvom konštantnej výslednej pôsobiacej sily, ktorá pôsobí na teleso s nemennou hmotnosťou. Náročnejšie úlohy, v ktorých na teleso pôsobí premenná sila, resp. sa počas pohybu mení aj hmotnosť telesa zostávajú tak žiakom nedostupné. Typickým príkladom takejto situácie je štart rakety, ktorý sa väčšinou vo vyučovaní využíva len ako príklad uplatnenia III. Newtonovho zákona ale samotný pohyb rakety žiaci nedokážu matematicky opísať. Metóda dynamického modelovania však umožňuje žiakom priblížiť aj takéto situácie. Pri znalosti tejto metódy je možné v postupnosti malých časových krokov počítať aktuálnu hodnotu výslednej sily ako aj hmotnosti rakety na základe známych konkrétnych parametrov a zobraziť časový priebeh kinematických (poloha, rýchlosť, zrýchlenie) a dynamických veličín (sila) opisujúcich jej pohyb. Tým žiakom priblížime aj dôležitosť programovania pre modelovanie takýchto zložitých a komplexných dejov, ktorých správanie dokážeme na základe modelu dopredu predpovedať a testovať ešte skôr než sa dej reálne uskutoční.</p>		
Dominantné vyučovacie metódy a formy		Príprava učiteľa a pomôcky
<ul style="list-style-type: none"> riadené bádanie skupinová forma (žiaci pracujú v skupinách po dvoch pri počítači) 		<ul style="list-style-type: none"> Počítač, systém COACH (alebo iný systém umožňujúci dynamické modelovanie) Videozáznamy pohybov rakiet

- Súbory COACH: aktivita *Model_raketa.cma*,
súbory: vzorové výsledky uvedené v texte

Diagnostika splnenia vzdelávacích cieľov

- Formatívne hodnotenie (úlohy na záver aktivít)



ÚVOD

Táto metodika je zameraná na vytvorenie modelu štartu rakety. Ide opäť o modelovanie pomerne zložitého pohybu, počas ktorého sa mení hmotnosť rakety, na ktorú pôsobí sila (Fuchs H. , 2007), (Fuchs L. , 2007), Na základe predchádzajúcich modelov (model pohybu telesa s konštantnou hmotnosťou pod vplyvom konštantnej, resp. časovo premennej sily) prechádzame k modelovaniu pohybu, pri ktorom sa mení aj hmotnosť telesa, na ktorý výsledná sila pôsobí. Žiaci do modelu pridávajú postupne veličiny, ktoré pohyb rakety ovplyvňujú. Postupne prechádzajú jednotlivými fázami:

- 1) Modelovanie pohybu rakety pri pôsobení reaktívnej sily.
- 2) Modelovanie pohybu rakety so započítaním gravitačnej sily.
- 3) Modelovanie pohybu rakety so započítaním odporovej sily.
- 4) Modelovanie pohybu rakety so započítaním premennej hustoty vzduchu.



PRIEBEH VÝUČBY

Zapojenie (motivácia) – 5 minút

Učiteľ na začiatku venuje čas krátkej diskusii o modelovaní skoku Felixa Baumgartnera. Pozbiera žiakmi vyplnené pracovné listy k tejto aktivite.

Následne učiteľ ukáže videozáznam štartujúcej rakety, napr. Falcon Heavy (<https://youtu.be/wbSwFU6tY1c>), ktorá je aktuálne najvýkonnejšou raketou na svete (<https://www.spacex.com/falcon-heavy>). Úspešný test rakety bol vykonaný 6.2.2018. Raketa dokáže vyniesť na obežnú dráhu náklad takmer 64 t, čo je hmotnosť väčšia ako 737 prúdových lietadiel. Jedine raketa Saturn V (naposledy vyletela v roku 1973, https://en.wikipedia.org/wiki/Saturn_V) vyniesla na orbitu väčší náklad než dokáže raketa Falcon Heavy. So žiakmi rozvinie diskusiu o tom, že rakety vynášajú satelity na obežnú dráhu a ako to celé funguje.

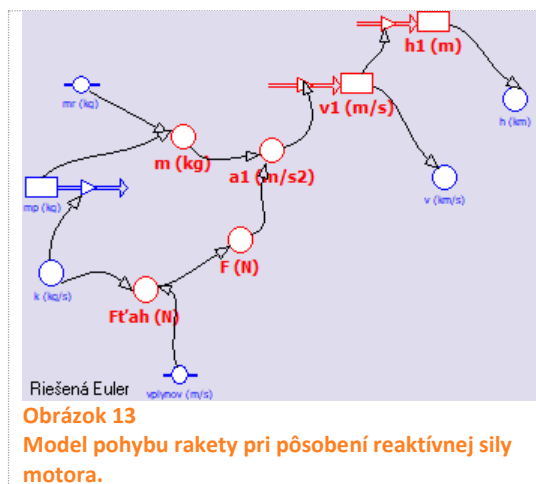
Učiteľ v tejto chvíli rozvinie interaktívnu diskusiu o tom, ako vzniká obrovská sila, ktorá dokáže raketu vyniesť do výšky niekoľko stoviek kilometrov. Žiaci do pracovného listu zapíšu svoje predstavy o tom, aká sila poháňa raketu vpred. Potom so žiakmi diskutuje o ich návrhoch a spoločne upresňujú základné princípy raketového letu. Žiaci by mali na základe znalostí III. Newtonovho zákona vedieť, že raketa funguje na princípe reaktívneho motora. Ťah rakety je tvorený plynmi, ktoré vznikajú spaľovaním paliva a sú vypudzované z rakety obrovskou rýchlosťou. Reakcia poháňa raketu opačným smerom. Veľkosť tejto sily je daná rýchlosťou, ktorou plyny opúšťajú raketu a rýchlosťou spaľovania paliva, t. j. koľko paliva odchádza z rakety za jednotku času. V závislosti od intelektuálnej úrovne žiakov môže učiteľ pristúpiť k odvodeniu veľkosti reaktívnej sily (pozri Dodatok na konci textu).

Túto motivačnú situáciu spojenú s raketou Falcon Heavy (Raketa Falcon Heavy, 2019) učiteľ využije k zapojeniu žiakov do skúmania, ktoré vedie k vytvoreniu modelov rakety od jednoduchších až k realistickejším modelom pohybu rakety. Žiaci modelujú štart rakety, ktorá smeruje na Medzinárodnú Vesmírnu Stanicu ISS, ktorá obieha okolo zeme vo výške 355km. Použijú pritom nasledujúce parametre rakety (Engelhardt, 2011), ktoré môžu neskôr meniť a simulovať pre pohyb iných rakiet:

- Hmotnosť samotnej rakety (bez paliva a nákladu): 10 000 kg
- Maximálna hmotnosť paliva: 10 000 kg
- Výtoková rýchlosť plynov: 7000 m/s
- Rýchlosť spaľovania: 100 kg/s
- Plocha priečného rezu rakety: 10 m²
- Súčiniteľ odporu: 0,5

Skúmanie 1 – Modelovanie pohybu rakety pri pôsobení reaktívnej sily - 10 min

Žiaci študujú hotový model pohybu rakety. Tento najjednoduchší model predpokladá, že raketa štartuje v medziplanetárnom priestore, kde na raketu nepôsobí žiadna gravitačná sila, len reaktívna sila motora. Úlohou žiakov je model preštudovať a upraviť. Žiaci najskôr definujú chýbajúce veličiny a dopĺňajú prepojenia. Model doplnia o podmienku, pre rýchlosť spaľovania plynov k , ktorá sa po spotrebovaní celého paliva zmení na nulu (if $mp > 0$ then $k = 100$ else $k = 0$). Túto podmienku môžu nastaviť ak zmenia konštantnú veličinu k na pomocnú premennú.



Vysvetlenie 1 - 10 min

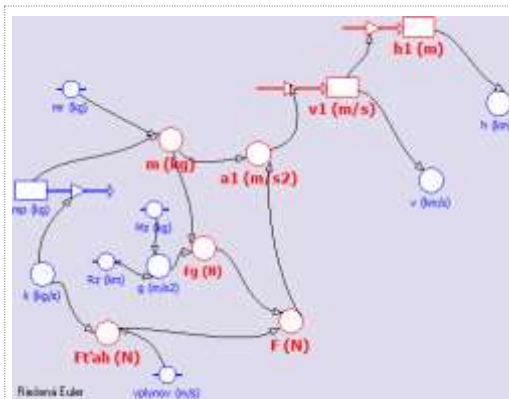
Učiteľ venuje pozornosť odpovediam na otázky v pracovnom liste. Na základe výstupov v podobe grafov závislosti hmotnosti paliva, rýchlosti rakety a výšky rakety nad zemou žiaci odpovedajú na otázky a vysvetľujú výstupy. Na záver usúdia, že tento model by fungoval iba v medziplanetárnom priestore a pre raketu štartujúcu zo zeme je potrebné doplniť do modelu gravitačnú silu, ktorá na raketu okrem ťahu pôsobí.

Model_raketa_1.cmr

Skúmanie 2 – Modelovanie pohybu rakety so započítaním gravitačnej sily – 10 min

V tejto časti žiaci doplnia model o gravitačnú silu, pričom predpokladajú najjednoduchší model, kedy je gravitačná sila konštantná. V tejto časti žiaci doplnia podmienku pre zastavenie modelu pre výšku menšiu ako 0, ktorú nastaví cez ikonu hodiniek na hornej lište.

Potom model upraví pre gravitačnú silu, ktorá sa s rastúcou silou mení na základe Newtonovho gravitačného zákona.



Obrázok 14
Model pohybu rakety so započítaním gravitačnej sily.

Vysvetlenie 2 – 10 min

Učiteľ venuje pozornosť odpovediam na otázky v pracovnom liste. Na základe výstupov v podobe grafov závislosti výslednej pôsobiacej sily, rýchlosti rakety a výšky rakety nad zemou žiaci odpovedajú na otázky a vysvetľujú výstupy. Na záver usúdia, že tento model by fungoval tiež neodpovedá skutočnosti a pre raketu štarutjúcu zo zeme je potrebné doplniť do modelu odpor vzduchu.

Model_raketa_2a.cmr, Model_raketa_2b.cmr

Skúmanie 3 – Modelovanie pohybu rakety so započítaním odporovej sily – 10 min

V tejto časti žiaci doplnia model o pôsobenie odporovej sily. Najskôr použijú v modeli konštantnú hustotu vzduchu a skúmajú, ako sa model správa.

Vysvetlenie 3 – 10 min

Učiteľ venuje pozornosť odpovediam na otázky v pracovnom liste. Na základe výstupov v podobe grafov závislosti výslednej pôsobiacej sily, rýchlosti rakety a výšky rakety nad zemou žiaci odpovedajú na otázky a vysvetľujú výstupy. Na záver usúdia, že tento model tiež neodpovedá skutočnosti, pretože hustota vzduchu s výškou nad zemou výrazne klesá, čím výrazne ovplyvňuje aj odpor vzduchu.

Model_raketa_3.cmr

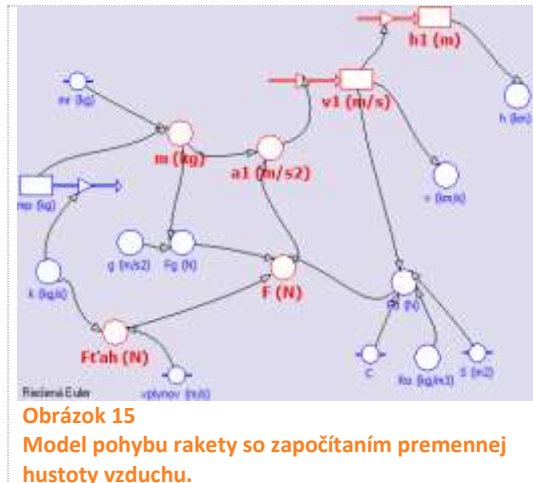
Skúmanie 4 – Modelovanie pohybu rakety so započítaním premennej hustoty vzduchu – 10 min

V tejto časti žiaci doplnia model o pôsobenie odporovej sily s premennou hodnotu hustoty vzduchu. Použijú pritom rovnicu, ktorá pomerne dobre opisuje zmenu hustoty vzduchu s výškou $\rho = 1,290,88^{0,001h1}$. Po doplnení modelu skúmajú ako sa model správa.

Vysvetlenie 4 – 10 minút

Učiteľ venuje pozornosť odpovediam na otázky v pracovnom liste. Na základe výstupov v podobe grafov závislosti výslednej pôsobiacej sily, rýchlosti rakety a výšky rakety nad zemou žiaci odpovedajú na otázky a vysvetľujú výstupy. Na záver odpovedajú na otázku aký náklad by raketa dokázala uniesť, aby sa dostala na obežnú dráhu.

Model_raketa_4.cmr



Vyhodnotenie – 5 min

Po zodpovedaní všetkých otázok v pracovnom liste učiteľ v spoločnej diskusii so žiakmi vyhodnotí aktivitu a jej výsledky. Žiaci formulujú záver. V závere sformulujú, čo v rámci tejto aktivity robili, v postupnosti akých krokov model pohybu rakety vytvárali a aké výsledky poskytuje posledný model.

V prípade dostatku času môžu žiaci simulovať **model pre parametre inej rakety** (Fuchs L., 2007): hmotnosť samotnej rakety (bez paliva a nákladu): 10 000 kg, maximálna hmotnosť paliva: 110000 kg, výtoková rýchlosť plynov: 3000 m/s, rýchlosť spaľovania: 400 kg/s, plocha priečného rezu rakety: 3 m², súčiniteľ odporu: 0,5

Model_raketa_4_parametre 2.cmr

Žiaci pracovný list dokončia doma, pričom odpovedajú na doplňujúce otázky. Taktiež vyplnia sebahodnotiaci hárok, ktorý dá učiteľovi informáciu o tom, do akej miery boli jednotlivé kroky modelovania pohybu rakety pre žiakov zrozumiteľné.

V rámci doplňujúcich otázok je úlohou žiakov predpovedať na základe manipulácie s modelom správanie sa rakety s inými parametrami. Môžu pritom použiť napr. nasledujúce rakety:

Raketa V2 použitá v 2. svetovej vojne, viac na [https://sk.wikipedia.org/wiki/V2_\(raketa\)](https://sk.wikipedia.org/wiki/V2_(raketa)). (V2 (Raketa), 2020) Parametre rakety podľa rozličných zdrojov sa môžu mierne odlišovať. Môžu použiť príp. parametre, ktoré uvádza Lepil (Lepil & Richterek, 2007): hmotnosť rakety pri štarte 13000 kg, z toho hmotnosť paliva 8750 kg. Palivo sa spaľovalo rýchlosťou 120 kg/s, rýchlosť plynov odchádzajúcich z rakety 2200 m/s, priemer rakety 1,65m, motor rakety pracoval približne 73 s.

Za týchto podmienok raketa pri zvislom pohybe dosiahla rýchlosť približne 1,8 km/s a motor prestal pracovať vo výške 48 km. Po zhasnutí motora raketa pokračuje v pohybe až do výšky približne 210 km.

Žiaci môžu použiť parametre z web stránky. Web stránka uvádza parametre rakety iným spôsobom. Pri týchto parametroch sa v rôznych zdrojoch môžu výsledky mierne odlišovať.

- Hmotnosť samotnej rakety (celková vzletová): 12 805 kg
- Ťah motora: 270 kN

- Hmotnosť paliva: 4 900 kg kvapalného kyslíka a 3 800 kg metanolu
- Doba horenia paliva: 68 s
- Výtoková rýchlosť plynov: 3000 m/s
- Rýchlosť spaľovania: 400 kg/s
- Priemer rakety: 1,65 m
- Súčiniteľ odporu: 0,5

Z uvedených údajov vyplýva, že rýchlosť spaľovania $k = 8700 \text{ kg}/68 \text{ s} = 128 \text{ m/s}$, z čoho vyplýva výtoková rýchlosť $v_{\text{plynov}} = 270\,000 \text{ N}/(128 \text{ kg/s}) = 2109,3 \text{ m/s}$.

Pokiaľ majú žiaci záujem, môžeme zadať vybraným žiakom pripraviť krátky referát o najvýkonnejších raketách: napr. Raketa Saturn V (trojstupňová raketa) (Saturn V, 2020), Raketa Falcon Heavy (dvojstupňová raketa).

Keďže ide o viacstupňové rakety, ich modelovanie je pomerne náročné a navyše, parametre týchto rakiet sa v rozličných zdrojoch mierne odlišujú.



POSTREHY A ZISTENIA Z VÝUČBY

Táto aktivita je pomerne náročná, preto je možné skrátiť aktivitu len na tvorbu modelu so započítaním ťahu rakety a gravitačnej sily, pričom ostatné parametre ovplyvňujúce pohyb rakety necháme len na diskusiu.

Na vyučovacích hodinách je možné postupovať aj bez pracovného listu s využitím pokynov uvedených v jednotlivých úlohách priamo v súbore COACH. V takom prípade sú výstupmi žiaka dosiahnuté výsledky merania, resp. modelovania, ktoré postupne ukladá do súborov s príponou cmr (cmr7).



DODATOK

Rakety fungujú na princípe raketového motora. Ide o reaktívny motor, ktorý pracuje na základe III. Newtonovho zákona. Ťah rakety je tvorený plynmi, ktoré vznikajú spaľovaním paliva a sú vypudzované z rakety obrovskou rýchlosťou. Reakcia na silu, ktorou pôsobí raketa na plyny, poháňa raketu opačným smerom.

Dôležitým parametrom rakety je rýchlosť, ktorou sú plyny spaľované.

$$k = \Delta m / \Delta t \quad (1)$$

t. j. napr. ak $k = 100 \text{ kg/s}$ a na začiatku raketa obsahuje 10 kg paliva, palivo sa spotrebuje za 0,1 s.

Pohyb rakety sa dá opísať na základe II. Newtonovho zákona.

$$F = \Delta p / \Delta t \quad (2)$$

kde F predstavuje výslednú silu pôsobiacu na teleso, p je hybnosť telesa a t je čas, pričom pohybovú rovnicu vo vektorom tvare sme prepísali do skalárneho tvaru, keďže predpokladáme priamočiary pohyb rakety vo vertikálnom smere.

$$\Delta p = F \Delta t \quad (3)$$

Pri štarte rakety sa pohne raketa nahor, zatiaľ čo malé množstvo paliva sa pohybuje nadol. Tým sa zmení hybnosť rakety ale aj hybnosť plynov. Ale keďže na základe III. Newtonovho zákona je sila, ktorou pôsobí raketa na plyny rovnako veľká ako sila, ktorou pôsobia plyny na raketu, musí byť aj zmena hybnosti rakety Δp_{rakety} rovnako veľká ako zmena hybnosti plynov Δp_{plynov} .

$$\Delta p_{\text{rakety}} = \Delta p_{\text{plynov}}$$

To znamená, že ak určíme zmenu hybnosti plynov, zároveň poznáme aj zmenu hybnosti rakety.

Za malý časový interval Δt opustí raketu $\Delta m = k \cdot \Delta t$ plynov, ktoré odchádzajú rýchlosťou v_{plynov} , preto zmena hybnosti plynov je:

$$\Delta p_{\text{plynov}} = \Delta m \cdot v_{\text{plynov}} = k \cdot \Delta t \cdot v_{\text{plynov}} \quad (4)$$

čo je zároveň rovné zmene hybnosti rakety

$$\Delta p_{\text{rakety}} = \Delta p_{\text{plynov}} = \Delta m \cdot v_{\text{plynov}} = k \cdot \Delta t \cdot v_{\text{plynov}} \quad (5)$$

Na základe II. Newtonovho zákona musela túto zmenu hybnosti vyvolať sila, ktorá na raketu pôsobila, ktorú nazývame ťah rakety:

$$F = \Delta p_{\text{rakety}} / \Delta t = \Delta p_{\text{plynov}} / \Delta t = k \cdot v_{\text{plynov}} \quad (6)$$

Z rovnice (6) vyplýva, že ťah rakety je určený rýchlosťou spaľovania plynov k (koľko plynov, t. j. aká hmotnosť plynov je vypudená za jednotku času) a rýchlosťou v_{plynov} , ktorou plyny raketu opúšťajú.

5 AKO UDRŽAŤ OPTIMÁLNU TEPLOTU V DOME?

Tematický celok/ Téma		ISCED/Odporúčaný ročník
Modelovanie/ Šírenie tepla		3.ročník, ISCED 3A/ 2 vyučovacie hodiny
Ciele		
Žiakom osvojované vedomosti a zručnosti		Žiakom rozvíjané spôsobilosti
<ul style="list-style-type: none">• Rozumieť, že teleso môže meniť vnútornú energiu napr. dodaním tepla• rozumieť šíreniu tepla vedením• Porozumieť Newtonovmu zákonu ochladzovania• Identifikovať konkrétne parametre modelu na základe existujúceho modelu• Upraviť model na základe známej rýchlosti ohrievania, resp. ochladzovania• Určiť na základe modelu požadované hodnoty veličín teplota, resp. čas		<ul style="list-style-type: none">• Identifikovať veličiny, ktoré budú v modeli reprezentované nezávislou premennou, stavovou premennou, premennou toku, pomocou premennou, konštantou• Navrhnuť model , t. j. určiť vzájomné vzťahy medzi premennými, nastavenie začiatočných hodnôt a konštant.• Predpovedať výsledok modelu• Manipulovať so softvérom a skonštruovať model• Transformovať výsledky do štandardných foriem (napr. tabuľky, grafy).• Určovať vzťahy medzi premennými veličinami, na základe údajov v grafe• Zovšeobecniť výsledky
Požiadavky na vstupné vedomosti a zručnosti		
<ul style="list-style-type: none">• Poznať a rozumieť pojmy teplota, teplo, tepelná kapacita, šírenie tepla vedením, prúdením a žiarením• Poznať základy dynamického modelovania		
Riešený didaktický problém		
<p>Žiaci so stredoškolským matematickým aparátom dokážu riešiť len jednoduché úlohy súvisiace s tepelnou výmenou. Už pri jednoduchom deji ochladzovania kávy v šálke sa však teplo zo šálky do okolia nešíri rovnomerne. Tento nelineárny dej sa dá jednoduchým spôsobom namodelovať metódou dynamického modelovania, podobným spôsobom ako rozličné reálne úlohy súvisiace s pohybom telies pod vplyvom síl. Modelovanie ochladzovania kávy v šálke sa tak môže stať východiskom pre modelovanie teploty v dome, ktorý sa ochladzuje, resp. ohrieva od okolia podobným spôsobom. Pridaním ďalších parametrov sa model približuje reálnej situácii, ktorá je ovplyvnená mnohými parametrami. Vytvorením pomerne jednoduchého modelu v ikonografickej podobe tak žiaci uvedomujú, ktoré veličiny zohrávajú pri udržaní teploty v dome dôležitú úlohu. Takto žiakom priblížime dôležitosť programovania pre modelovanie takýchto zložitých a komplexných dejov, ktorých správanie dokážeme na základe modelu dopredu predpovedať a testovať.</p>		
Dominantné vyučovacie metódy a formy		Príprava učiteľa a pomôcky
<ul style="list-style-type: none">• riadené bádanie• skupinová forma (žiaci pracujú v skupinách po dvoch pri počítači)	<ul style="list-style-type: none">• Počítač, systém COACH (alebo iný systém umožňujúci dynamické modelovanie)• Súborny COACH: <i>Ochladzovanie vody_experiment.cma</i>, <i>Ochladzovanie vody_model.cma</i>, <i>Model_teplota v dome.cma</i>• súborny: vzorové výsledky uvedené v texte	
Diagnostika splnenia vzdelávacích cieľov		
<ul style="list-style-type: none">• Formatívne hodnotenie (úlohy na záver aktivít)		



ÚVOD

Táto metodika je zameraná na vytvorenie modelu z inej oblasti ako mechanika, na ktorej chceme ukázať, že metódou dynamického modelovania sa dajú modelovať aj zdanlivo odlišné deje. Ide o modelovanie pomerne zložitého deja, súvisiaceho s udrжанím optimálnej teploty v dome. Žiaci opäť postupne prechádzajú od jednoduchších modelov k sofistikovanejším modelom ohrievania, resp. ochladzovania systému. Postupne prechádzajú jednotlivými fázami:

- 1) Modelovanie ochladzovanie šálky s kávou
- 2) Modelovanie teploty v dome s kúrením
- 3) Modelovanie teploty v dome s klimatizáciou
- 4) Modelovanie teploty počas jedného dňa

Žiaci z veľkej časti pracujú s hotovými modelmi, ktoré dopĺňajú na základe konkrétnej sledovanej situácie. V prvej fáze študujú hotový model ochladzovania kávy, na základe ktorého by mali porozumieť Newtonovmu zákonu ochladzovania. Tento model prispôbujú modelovaniu teploty v dome bez kúrenia využívajúc analógiu s ochladzovaním kávy. Následne model dopĺňajú o kúrenie, resp. klimatizácia pri konštantnej teplote okolia. V poslednej fáze analyzujú model teploty v dome pri teplote okolia, ktorá sa počas dňa mení.



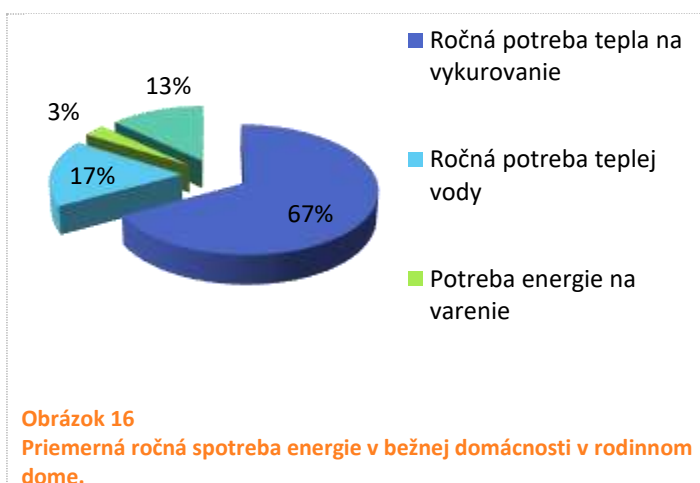
PRIEBEH VÝUČBY

Zapojenie (motivácia) – 5 minút

Učiteľ na začiatku venuje čas krátkej diskusii o modelovaní rakety z domáceho zadania a žiakmi vyplnené pracovné listy k tejto aktivite.

Následne učiteľ rozvinie interaktívnu diskusiu na tému energia a potrebe efektívneho využívania energie. Energia je stále drahšia a vzácnejšia a navyše jej výroba poškodzuje životné

prostredie. Spaľovaním fosílnych palív sa zvyšuje v ovzduší podiel oxidu uhličitého čo prispieva k tzv. skleníkovému efektu a následným klimatickým zmenám. Problém výroby a spotreby energia sa tak týka nás všetkých. Okrem úsilia vedcov hľadať nové zdroje energie je rovnako dôležité rozumné hospodárenie s energiami a využívanie všetkých možností jej šetrenia. Ak sa pozrieme na spotrebu energie v domácnostiach, na spotrebe energie sa najviac podieľa kúrenie, resp. dodávka tepla (67%), až potom nasleduje teplá voda (17%), varenie (3%) a ostatná spotreba ako pranie, chladenie, žehlenie, osvetlenie, a pod. (13%) (Priemerná ročná spotreba v rodinnom dome za rok 2017, ako uvádza na svojich stránkach SPP) (Ročné náklady na palivo a energiu pre rodinný dom vrátane investícií v €, 2017) .



Z toho vyplýva, že najúčinnějšíe šetrenie súvisí s kúrením. Učiteľ v tejto chvíli rozvinie interaktívnu diskusiu o tom ako energetickú spotrebu domu znížiť a čím sa vyznačujú nízkoenergetické domy (CRH The Energy Efficient Building) . Žiakov sa opýta, či sa stretli s týmto pojmom a čo tento pojem reprezentuje. Vo vzájomnej diskusii žiaci identifikujú parametre, ktoré ovplyvňujú teplotu v dome a jeho energetickú spotrebu. Očakávame odpovede, že teplotu v dome ovplyvňujú nasledujúce parametre:

- Vonkajšie prostredie a jeho teplota
- Tepelná izolácia domu
- Kúrenie v dome
- Klimatizácia v dome

Táto úvodná diskusia slúžia k tomu, aby sme žiakov vtiahli do modelovania teploty v dome (Whelan, 1994), (Engdahl & Wallgren, 2013) Skôr než sa pustíme do modelovania teploty v dome, so žiakmi rozoberieme jednoduchšiu situáciu ochladzovania šálky s kávou.

Skúmanie 1 – Modelovanie ochladzovania kávy v šálke – 15 min

Najskôr zostavíme model ochladzovania kávy v šálke. Ide o situáciu analogickú s teplotou v dome, ktorá sa znižuje v dôsledku prenosu tepla zo sústavy do okolia. Pomôžeme si analógiou so šálkou, do ktorej sme naliali horúcu kávu a nechali sme ju chladnúť v miestnosti. Žiaci si prezrú hotový výsledok merania teploty kávy v súbore *Ochladzovanie_kavy_experiment.cmr* (príp. môžu teplotu vody merať aj samostatne v súbore *Ochladzovanie_kavy_experiment.cma*). Žiaci analyzujú výsledky merania teploty a odpovedajú na otázky v pracovnom liste. Z výsledkov merania by mali usúdiť ako sa mení teploty kávy a kedy chladne káva rýchlejšie. Tu učiteľ predstaví Newtonov zákon ochladzovania.

Teplota kávy (teplota v dome) sa mení v dôsledku prijímania tepla od okolia alebo odovzdávania tepla okoliu. Newtonov zákon ochladzovania predpokladá, že rýchlosť zmeny teploty je priamoúmerná rozdielu teplôt medzi vonkajším a vnútorným prostredím:

$$\frac{\Delta t}{\Delta \tau} \sim (t_{\text{vonkajšia}} - t_{\text{vnútorná}}) \quad (1)$$

kde t predstavuje teplotu, τ čas. Rovnica (1) je len zjednodušenou verziou Newtonovho zákona pre prenos tepla, podľa ktorej je rýchlosť, ktorou sa teplo šíri, priamoúmerná rozdielu vonkajšej a vnútornej teploty:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta \tau} = -k \cdot (t_{\text{vonkajšia}} - t_{\text{vnútorná}}) \quad (2)$$

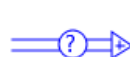
kde k je konštanta úmernosti, ktorá súvisí s veľkosťou plochy, hrúbkou a materiálom, cez ktorý teplo prechádza.

Žiaci následne otvoria model chladnutia kávy *Ochladzovanie_kavy_model.cma* a sledujú zmysel jednotlivých veličín v modeli.





Stavová premenná – teplo Q . Táto veličina sa bude počas vykonávania modelu meniť, teplo môže prichádzať alebo odchádzať, v dôsledku čoho sa bude meniť teplota sledovanej sústavy. Keďže nás budú zaujímať iba zmeny energie, začiatočnú

hodnotu veličiny Q , ktorá predstavuje vnútornú energiu obsiahnutú vo vnútornom prostredí (v našom prípade v káve), môžeme nastaviť na akúkoľvek hodnotu, napr. nastavíme $Q=0$ pre začiatočnú teplotu kávy $zac_teplota_kavy = 90\text{ }^{\circ}\text{C}$. Aktuálna hodnota tepla Q bude predstavovať teplo vzhľadom na teplo obsiahnuté v sústave pri teplote $90\text{ }^{\circ}\text{C}$. Danej hodnote tepla obsiahnutého v káve odpovedá istá hodnota teploty kávy, ktorú určíme nasledujúcim spôsobom. Ak káva prijme/odovzdá teplo Q , jej teplota sa zmení o $\Delta t = \frac{Q}{m \cdot c}$. Tým sa jej teplota zmení na $t = t_{začiatočná} + \frac{Q}{m \cdot c}$. Takto je v modeli určená aktuálna hodnota teploty $t_{kavy} = zac_teplota_kavy + \frac{Q}{m \cdot c}$.

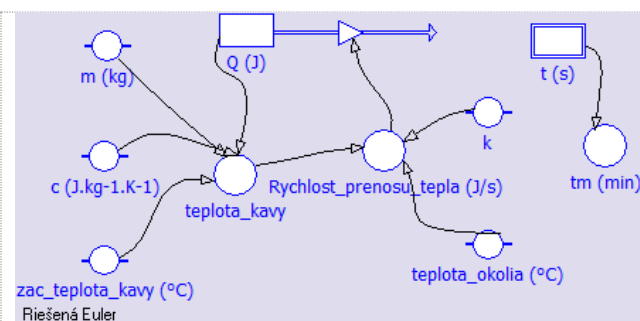
 **Velčina tok – rýchlosť prenosu tepla** $\frac{\Delta Q}{\Delta \tau}$. Táto velčina je ovplyvnená rozdielom teplôt medzi vonkajším a vnútorným prostredím a konštantou úmernosti k . Keďže ide o chladnutie kávy, velčina tok bude zo stavovej velčiny Q vystupovať. Rýchlosť prenosu tepla je určená pomocnou premennou *Rychlost_prenosu tepla* vzťahom

$$Rychlost_prenosu_tepla = k \cdot (teplota_{kavy} - teplota_{okolía}).$$

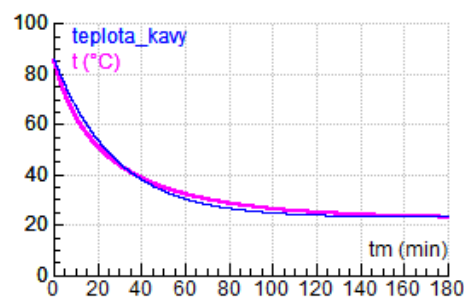
 **Konštanty modelu** – konštanta úmernosti k (jej hodnota je nastavená na $k = 1$), ktorá vstupuje do velčiny tok, začiatočná teplota vnútorného prostredia (kávy) $zac_teplota_kavy$ ($90\text{ }^{\circ}\text{C}$) a teplota vonkajšieho prostredia $teplota_okolía$ ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$), ktorá tiež vstupuje do velčiny tok. Do modelu vstupujú aj konštanty *hmotnosť* m ($0,1\text{ kg}$) a *hmotnostná tepelná kapacita* c ($4186\text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$).

 **Nezávislá premenná čas** je tiež zobrazená v okne modelu. Je to preto, že celý výpočet **t (min)** je realizovaný v základných jednotkách, ale keďže chladnutie je pomerne dlhý proces, v modeli je čas v sekundách premenený na minúty.

Žiaci zapisujú do tabuľky parametre modelu a predpovedajú správanie sa modelu za týchto podmienok. Sledujú pritom, ako ovplyvní hodnotu parametra k výsledok. Na záver žiaci importujú do modelu výsledok reálneho experimentu, pričom nastaví hodnotu konštanty a ostatných parametrov tak, aby odpovedali výsledkom merania. Zhoda nastane pri nastavení hmotnosti vody $m = 0,2\text{ kg}$, začiatočnej teploty $86,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, teploty okolia $23,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ pri hodnote $k = 0,5\text{ J} \cdot \text{s}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$. (*Ochladzovanie_model_porovnanie_s_experimentom.cmr*)



Obrázok 17
Model chladnutia kávy.



Graf 22
Výsledok modelu chladnutia kávy.

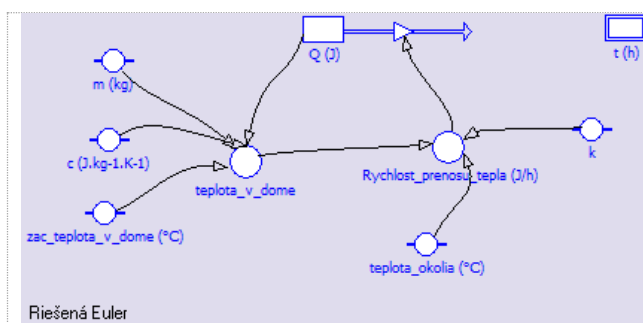
Vysvetlenie 1 – 10 min

Učiteľ venuje pozornosť odpovediam na otázky v pracovnom liste. Otázky sú zamerané na analýzu výsledkov reálneho merania a na pochopenie modelu chladnutia kávy. Na základe zhody medzi experimentálnymi výsledkami a výsledkami modelu žiaci usudzujú o správnosti modelu.

*Ochladzovanie_kavy_experiment.cmr, Ochladzovanie_kavy_model.cma,
Ochladzovanie_model_porovnanie_s_experimentom.cmr*

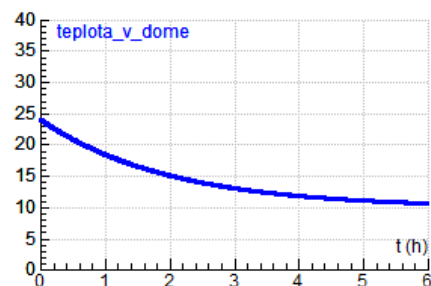
Skúmanie 2 – Modelovanie teploty v dome bez kúrenia - 10 min

Žiaci v tejto fáze na základe modelu chladnutia kávy zostavia jednoduchý model teploty v dome. Otvoria pritom súbor *Model_teplota_v_dome.cma*, v ktorom dopĺňujú chýbajúce parametre. Tento model počíta hodnoty teploty počas 6 hodín. Odhadnú hmotnosť vzduchu v dome pri pôdoryse 50 m² a výške 2 m na 100 kg (cca 100 kg) a zapíšu hmotnostnú tepelnú kapacitu vzduchu (cca 1000 J.kg⁻¹.K⁻¹). Predpokladajú pritom, že pri teplote 24 °C a vonkajšej teplote 10 °C sa vypne v dome kúrenie a teplota v dome klesne o 10 °C za 2,5 °C. Pri týchto parametroch zistia, že hodnota konštanty $k = 50\,000 \text{ J} \cdot \text{h}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$.



Obrázok 18

Model teploty v dome bez kúrenia.



Graf 23

Výsledok modelu teploty v dome.

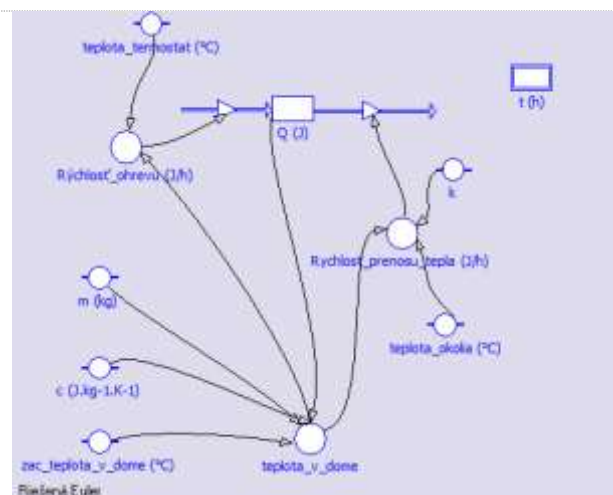
Vysvetlenie 2 – 10 min

Učiteľ venuje pozornosť odpovediam na otázky v pracovnom liste. Na základe výstupov v podobe grafov závislosti teploty v dome od času žiaci odpovedajú na otázky a vysvetľujú výstupy, pričom usudzujú, že teplota v dome by za týchto podmienok klesla pod optimálnu hodnotu. Z toho vyplynie potreba model doplniť o kúrenie.

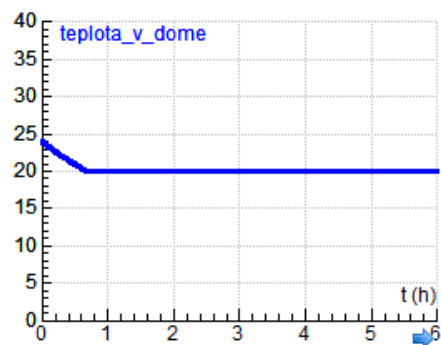
Model_teplota_v_dome_01.cmr

Skúmanie 3 – Modelovanie teploty v dome s kúrením – 10 min

V tejto časti žiaci doplnia pôvodný model (kde $k = 50\,000 \text{ J} \cdot \text{h}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$) o kúrenie, ktoré dodáva do domu teplo. Do modelu vložia ďalšiu premennú Rýchlosť ohrevu, ktorá vteká do stavovej premennej Q , pričom nastaví jej hodnotu na 1 MJ/h. Pri doplnení kúrenia sa teplota v dome bude zvyšovať tak, že počas 6 hodín dosiahne hodnotu približne 30 °C. Potom model doplnia o termostat, na ktorom nastaví podmienku, že kúrenia sa zapne ak teplota klesne pod hodnotu 20 °C.



Obrázok 19
Model teploty v dome s kúrením s termostatom.



Graf 24
Výsledok modelu teploty v dome.

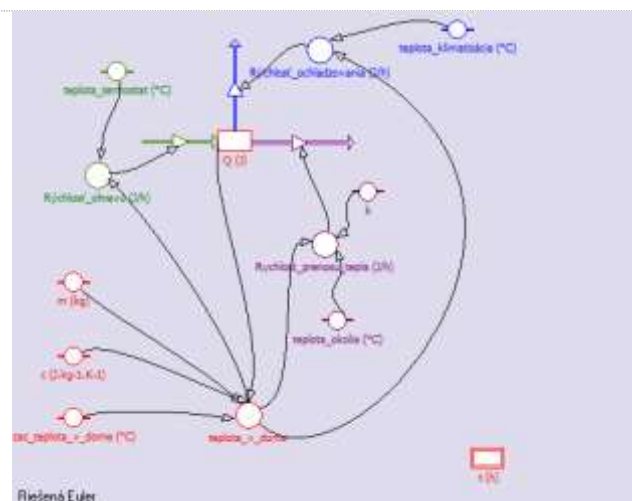
Vysvetlenie 3 – 5 min

Učiteľ venuje pozornosť odpovediam na otázky v pracovnom liste. Žiaci v odpovediach na otázky vysvetľujú, ako vonkajšia teplota (10 °C, resp. 0 °C) ovplyvní čas, kedy sa zapne v dome kúrenie. Pri vonkajšej teplote 35 °C začne teplota narastať nad optimálnu hodnotu. Z toho vyplynie potreba model doplniť o klimatizáciu

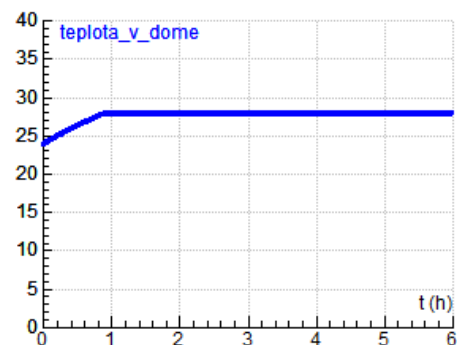
Model_teplota_v_dome_02a.cmr, Model_teplota_v_dome_02b.cmr, Model_teplota_v_dome_02c.cmr, Model_teplota_v_dome_02d.cmr

Skúmanie 4 – Modelovanie teploty v dome s klimatizáciou - 10 min

V tejto časti žiaci vypnú kúrenie a doplnia model o klimatizáciu, ktorá odoberá z domu teplo. Nastavia pritom teplotu okolia na 35 °C a do modelu vložia ďalšiu premennú Rýchlosť ochladzovania (Q), pričom jej hodnotu nastavia na 1 MJ/h. Pri doplnení klimatizácie sa teplota v dome bude znižovať tak, že počas 6 hodín klesne na hodnotu približne 15,5 °C. Potom model doplnia o podmienku pri ktorej sa má klimatizácia zapnúť. Klimatizácia sa spustí, ak teplota v dome narastie nad 28 °C.



Obrázok 20
Model teploty v dome s klimatizáciou.



Graf 25
Výsledok modelu teploty v dome.

Vysvetlenie 4 – 10 min

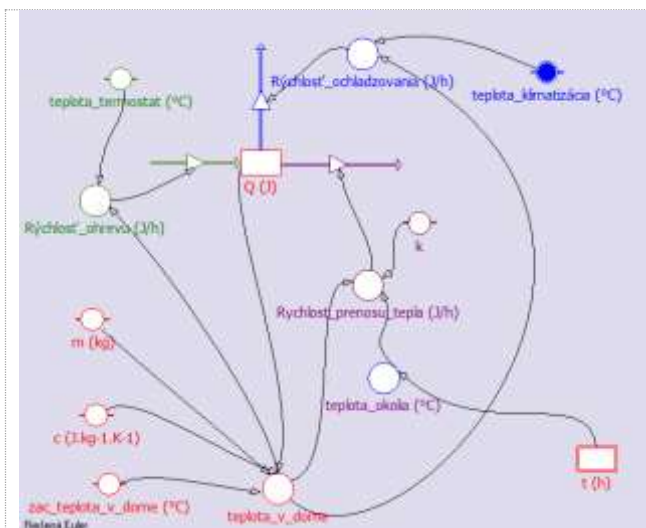
Učiteľ venuje pozornosť odpovediam na otázky v pracovnom liste. Žiaci v odpovediach na otázky vysvetľujú ako klimatizácia ovplyvňuje časový priebeh teploty v dome. Sledujú pritom, ako vonkajšia teplota (35 °C, 30 °C) ovplyvňuje čas, kedy sa spustí klimatizácia.

Sledujú, ako sa bude správať teplota v dome pri zapnutej klimatizácii aj kúrení, keď teplota v dome náhle poklesne na 18 °C a vonkajšia teplota je 30 °C.

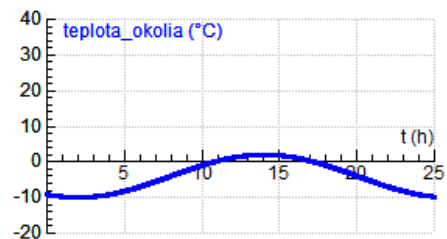
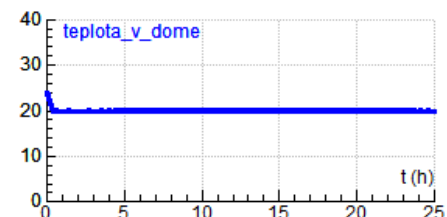
Model_teplota v dome_03a.cmr, Model_teplota v dome_03b.cmr, Model_teplota v dome_03c.cmr, Model_teplota v dome_03d.cmr

Skúmanie 5 – Modelovanie teploty v dome počas jedného dňa

V tejto časti žiaci upravujú model teploty v dome tak, aby zohľadňoval zmeny teploty počas dňa. Najskôr zvažujú, ako sa teplota okolia počas dňa mení, kedy dosahuje teplota maximálnu a kedy minimálnu hodnotu. Usudujú pritom, že teplota sa periodicky mení s periódou 24h a zvažujú, ktorou funkciou by sa časový priebeh teploty okolia dal opísať. Otvoria súbor *Model_teplota v dome_04a.cmr*. Tento model opisuje letný deň, kedy sa teplota mení v rozpätí od 15 °C v čase 2 h do 30 °C v čase 14 h.



Obrázok 21
Model teploty v dome počas zimného dňa.



Graf 26
Výsledky modelu teploty v dome.

Vysvetlenie 5

Učiteľ venuje pozornosť odpovediam na otázky v pracovnom liste. Žiaci v odpovediach na otázky vysvetľujú na základe hotového modelu ako sa mení teplota okolia počas letného dňa a ako sa mení teplota v dome. Následne model upravujú na zimný deň s maximálnou teplotou +2 °C a minimálnou teplotou -10 °C. Zistia pritom, že pri takýchto vonkajších teplotách klesne teplota v dome pod 20 °C. Žiaci následne testujú, ako treba zvýšiť výkon pece, resp. zlepšiť kvalitu izolácie tak, aby teplota vnútri domu neklesla pod 20 °C.

Model_teplota v dome_04a.cmr, Model_teplota v dome_04b.cmr, Model_teplota v dome_04c.cmr, Model_teplota v dome_04d.cmr

Vyhodnotenie – 5 min

Po zodpovedaní všetkých otázok v pracovnom liste učiteľ v spoločnej diskusii so žiakmi vyhodnotí aktivitu a jej výsledky. Žiaci formulujú záver. V závere popíšu model (ktoré parametre do modelu zahrnuli). V závere žiaci doplnia ďalšie parametre, ktoré v modeli nebrali do úvahy, napr. rozdielne rozhrania medzi vnútornou a vonkajšou časťou domu (okná, steny, strecha, podlaha a pod.), ľudia a predmety, ktoré sa v dome nachádzajú. Slnéčné žiarenie, ktoré prechádza oknami (okná tak môžu prispieť k ohrievaniu domu počas chladnejších dní a naopak, môžu zvýšiť chladenie počas teplých dní, preto v lete používame rolety aby sme znížili vplyv slnečného žiarenia na teplotu v dome), vetranie, úmyselné (otváranie okien, dverí) aj neúmyselné (prenikanie vzduchu do domu cez škáry, a pod.).

Učiteľ môže pracovné listy pozbierať a ohodnotiť. Pozornosť venuje predovšetkým hodnoteniu záveru a aktivite žiakov počas vyučovania.



POSTREHY A ZISTENIA Z VÝUČBY

Táto aktivita je pomerne náročná, preto navrhujeme realizovať len časti Skúmanie 1 – 4. Časť Skúmanie 5 môže slúžiť ako dobrovoľná domáca úloha.

Na vyučovacích hodinách je možné postupovať aj bez pracovného listu s využitím pokynov uvedených v jednotlivých úlohách priamo v súbore COACH. V takom prípade sú výstupmi žiaka dosiahnuté výsledky merania, resp. modelovania, ktoré postupne ukladá do súborov s príponou cmr (cmr7).

ZOBRAZOVACIE METÓDY

ZOBRAZOVACIE METÓDY

Zmyslové vnímanie v digitálnom svete

Ľudské telo využíva na vnímanie vonkajšieho prostredia zmysly ako zrak, sluch, hmat, čuch a chuť. Naš organizmus však dokáže vnímať aj ďalšie podnety ako napr.: polohu jednotlivých častí tela, rovnováhu tela, zrýchlenie, teplotu, hlad, smäd, bolesť a pod.. V rôznych častiach tela na to využívame špecifické receptory, ktoré sprostredkujú mozgu potrebné informácie. Sú situácie, keď náš mozog získa od receptorov nesprávne informácie alebo informácie nesprávne vyhodnotí.

V digitálnom svete, sa na technológie spracovania vonkajších podnetov, môžeme pozrieť analogicky ako na zmyslové vnímanie v našom organizme. Ľudský receptor je nahradený senzorom, prenos informácie namiesto nervovej sústavy rieši hardvér a spracovanie má namiesto mozgu na starosti softvér. Aby sme vedeli takéto zariadenia navrhovať, vyrábať a spoľahlivo využívať, je potrebné rozumieť ich princípom, dôkladne poznať rozsah ich možností a uvedomovať si obmedzenia. Ak nás niektorá zo súčiastok „klame“, môže to mať za následok naše nesprávne závery a reakcie.

Takmer 80% podnetov z vonkajšieho prostredia pre náš organizmus získavame prostredníctvom zraku. Aj pri komunikácii s počítačom dominantne využívame zrak. Rozhodli sme sa preto poukázať na potrebu porozumenia procesov súvisiacich so spracovaním obrazu a využívaním zobrazovacích metód.

Fyzikálne princípy zobrazovacích metód

Fyzikálne princípy tvoria základ mnohých zobrazovacích metód. Okom rozlišujeme viditeľné svetlo, vysielané, prejdené alebo odrazené od okolitých objektov. Ako sa však dá nazrieť do vnútra napr. brušnej dutiny, bez jej porušenia? Kam sa nedostane svetlo, pošleme napr. zvuk. Pozrieme sa bližšie ako dokážeme vidieť pomocou zvuku, čo našlo široké využitie v medicíne v podobe ultrazvukového zobrazovania. Zvuk ako mechanické vlnenie prechádza prostredím, odráža sa na rozhraniach a vracia so zníženou intenzitou. Z takto zachyteného zvukového signálu je možné rekonštruovať tvar snímaných orgánov. Zvuk premeníme na obraz.

Príjemný pocit sálavého tepla kachľovej pece oceníme najmä po návrate z lyžovačky, či zimnej prechádzky. Receptory tepla nás o tom spoľahlivo informujú. Aká je však teplota na povrchu kachľovej pece? Každé teleso pri aktuálnej teplote vyžaruje určité množstvo energie a to pri rôznych vlnových dĺžkach. Z odmerania celkového množstva vyžiarenej energie dokážeme určiť teplotu telesa. Aby však bezkontaktné meranie teploty bolo presné, je potrebné poznať a nastaviť správnu hodnotu emisivity povrchu materiálov a zohľadniť ďalšie vplyvy. Čím detailnejšie zosnímame zdroj tepla, dokážeme identifikovať úniky tepla z budov, lokalizovať zdroje požiaru, prehrievajúce sa časti strojov, nájsť človeka strateného v lese, či rozlíšiť pasažierov nastupujúcich do lietadla, ktorí majú zvýšenú teplotu. Aj žiarenie neviditeľné pre ľudské oko premeníme na obraz.

Aby nás senzor ani nechtiac neoklamal

Pri zobrazovaní si musíme byť vedomí aj prípadných technických či technologických obmedzení, najmä ak ovplyvňujú výsledný obraz. Pri sledovaní televízneho záznamu ste iste mali možnosť pozorovať kolesá auta, točiace sa akoby dozadu, alebo letiaci vrtuľník s rotorom

točiacim sa len veľmi pomaly. Kde v celom procese zobrazovania nastáva chyba? Pri fotografovaní pohybujúcich sa objektov musíme brať do úvahy fakt, že počas spracovania obrazu, je objekt neustále v pohybe. Ak navyše spracovanie zachyteného svetla na senzore má svoje trvanie a priebeh, výsledný obraz bude značne odlišný od reality. Ako odstrániť nežiadúce efekty vznikajúce pri zobrazovaní pohybujúcich sa objektov si objasníme pri aktivite s bežným digitálnym fotoaparátom.

6 AKO ZVUK PREMENÍME NA OBRAZ

V tejto aktivite žiaci objavujú echolokáciu. Na základe merania času medzi vyslaným a po odraze od prekážky získaným signálom určujú vzdialenosť prekážky od zdroja zvuku. Zvuk sa od povrchu rôznych materiálov odráža s rôznou intenzitou v porovnaní s intenzitou dopadajúceho signálu. Žiaci skúmajú intenzitu signálov odrazených od povrchu rôznych materiálov. Pomocou počítačovej animácie žiaci odhaľujú ako zo zachyteného zvuku vytvárame A – mód a B – mód zobrazenia objektov.

7 TERMOVÍZNA KAMERA/BEZKONTAKTNÉ MERANIE TEPLoty

Žiaci sa oboznámia s fyzikálnymi princípmi vyžarovania absolútne čierneho telesa. Rozšíria si teoretické poznatky o praktické aplikácie, osvojený je pojem šedé teleso. Sprístupnená je problematika faktorov ovplyvňujúcich termografické merania. Vlastné merania povrchových teplôt materiálov s rôznou emisivitou sú porovnané s hodnotami odmeraných infračerveným teplomerom alebo termovíznou kamerou. Hodnoty emisivity vybraných materiálov sú porovnané s tabuľkovými hodnotami. Na overenie získaných vedomostí a nadobudnutých zručností prekalibrujeme lekársky bezkontaktný teplomer.

8 AKO FOTIŤ POHYBUJÚCE SA OBJEKTY

So žiakmi si s využitím fotoaparátu v tablete alebo mobilnom telefóne v rámci riadeného bádania odhalíme záhadu zdanlivej fotomontáže. Ozrejmieme základné parametre pri tvorbe digitálnej fotografie, vyhladáme informácie o CMOS a CCD čipoch a ozrejmieme proces spracovania digitálneho obrazu. Poodhalíme tajomstvo manuálneho nastavovania parametrov (expozícia a ISO) pri fotografovaní pohybujúcich sa objektov a vytvoríme ostrú fotografiu rýchlo sa pohybujúcej objektu.

HODNOTENIE

Žiaci môžu dostať niektorú z nasledujúcich úloh, ktorú riešia ako žiacky projekt:

1. Pri sledovaní kolies áut meniacich rýchlosť, rozbehu alebo spomaľovania bicyklov, rotorov štartujúceho alebo pristávajúceho vrtuľníka, na televíznej obrazovke alebo videozázname, sa stretávame so stroboskopickým javom. Jeho dôsledkom je, že sa nám pohyb rotujúcich častí javí ako idúci pomaly, meniaci smer, zastavujúci. Vyhľadajte alebo pripravte krátky videozáznam s meniacou sa rýchlosťou pohybu rotujúcich častí. Sledujte stroboskopický efekt. Vyhľadajte, preštudujte a pripravte vlastnú prezentáciu uvedeného javu. Svoje vysvetlenie prezentujte spolužiakom.
2. Ak potrebujeme „vidieť v tme“, využitím technológie nočného videnia sa nám to podarí. Poľovníci, vojaci či záchranári, využívajú ďalekohľady s touto technológiou. Oboznámte sa s jej princípom, vyhľadajte zábery vytvorené v režime nočného videnia a ozrejmite fyzikálny princíp fungovania.

3. Plynulý dej na videozázname vnímame vďaka zotrvačnosti oka a schopnosti mozgu spájať sled za sebou idúcich obrázkov do pohybu. Dlhotrvalé deje sú spravidla zaznamenávané formou časozberných videozáznamov. Navrhňte sledovanie dlhšie trvajúceho deja a spracujte z jeho priebehu časozberné video.
4. Pri analýzach pohybov sa ako veľmi užitočné javí použitie stroboskopickej fotografie. Počas expozičnej doby je scéna niekoľkokrát osvetlená intenzívnym svetlom čím je každá fáza pohybu zaznamenaná do jednej snímky. Oboznámte sa s technológiou vytvárania stroboskopických záberov a vytvorte vlastný záber napr. skákajúcej loptičky.
5. Mnohé deje okolo nás nedokážeme vzhľadom na ich rýchly priebeh sledovať v detailoch. Vysokorýchlostné kamery dokážu pri väčšom počte záberov za sekundu zachytiť aj fázy dejov, ktoré naše oko nedokáže rozlíšiť. Vyhľadajte videá vytvorené vysokorýchlostnou kamerou a objasnite priebeh nasnímaných javov.

6 AKO ZVUK PREMENÍME NA OBRAZ

Tematický celok/ Téma		ISCED/Odporúčaný ročník
Zobrazovacie metódy Fyzikálny princíp snímacích senzorov		ISCED 3 / 3.ročník
Ciele		
Žiakom osvojované vedomosti a zručnosti		Žiakom rozvíjané spôsobilosti
<ul style="list-style-type: none"> • Princíp echolokácie využívaný netopiermi a nevidiacimi. • Šírenie zvuku vo vzduchu a v kvapaline, odraz zvuku od rôznych materiálov. • Meranie vzdialenosti zvukovou vlnou. • Využitie zvukových signálov na zobrazenie vnútorných orgánov v ľudskom tele. 		<ul style="list-style-type: none"> • Pozorovať a identifikovať problém, formulovať výskumnú otázku. • Napláňovať experiment. • Zbierať a analyzovať vlastné údaje získané z experimentu. • Interpretovať výsledky vlastnej práce a formulovať závery.
Požiadavky na vstupné vedomosti a zručnosti		
<ul style="list-style-type: none"> • Žiak má základnú predstavu o zvuku ako mechanickom vlnení. • Dokáže realizovať počítačom podporované meranie časovej závislosti fyzikálnej veličiny. • Dokáže interpretovať údaje z grafu časovej závislosti a zapísať namerané hodnoty do grafu. • Vie vyhľadať a spracovať informácie z Internetu k zadanej téme. 		
Riešený didaktický problém		
<p>Žiaci si priblížia pomerne známu a často prezentovanú tému echolokácie u netopierov, využívajúcich ultrazvukový signál. Fyzikálna podstata, ako aj pochopenie princípu určovania vzdialenosti ultrazvukom nie sú žiakmi dobre zvládnuté. Sériou nadväzujúcich meraní odhalia princíp zobrazovania ultrazvukom (ako zvuk premeníme na obraz). Na základe merania času medzi vyslaným a po odraze od prekážky získaným signálom určujú vzdialenosť prekážky od zdroja zvuku. Žiaci objavujú pre nich spravidla novú informáciu, že zvuk sa od povrchu rôznych materiálov odráža s rôznou intenzitou v porovnaní s intenzitou dopadajúceho signálu. Žiaci skúmajú intenzitu signálov odrazených od povrchu rôznych materiálov a navrhujú možné využitie v praxi. Z možnosti určiť vzdialenosť a rozlíšiť rôzne orgány pomocou odrazeného ultrazvukového signálu, sa žiaci dostávajú k využívanému A – módu a B – módu zobrazenia objektov ultrazvukom. 3D zobrazovanie je iba informatívne naznačené z pohľadu počítačového spracovania 2D signálov.</p>		
Dominantné vyučovacie metódy a formy		Príprava učiteľa a pomôcky
<ul style="list-style-type: none"> • interaktívna demonštrácia/riadené bádanie 		<ul style="list-style-type: none"> • plastová vodárenská rúra (1,5m, 1m) • molitan, kachlička, polystyrén (10 x 10 cm) • senzor zvuku • merací panel • prístup na Internet, počítač, dataprojektor
Diagnostika splnenia vzdelávacích cieľov		
sebahodnotiaca karta, lístok pri odchode, vyplnený pracovný list		



ÚVOD

Fyzikálne princípy tvoria základ mnohých zobrazovacích metód. Okom rozlišujeme viditeľné svetlo, vysielané, prejdené alebo odrazené od okolitých objektov. Ako sa však dá nazrieť do vnútra napr. brušnej dutiny, bez jej porušenia? Kam sa nedostane svetlo, pošleme napr. zvuk. Pozrime sa bližšie ako dokážeme vidieť pomocou zvuku, presnejšie ultrazvuku. Ultrazvukové zobrazovanie našlo široké využitie v medicíne, ale aj v priemysle.

Zvukový signál známeho priebehu vyšleme zo zdroja a necháme prechádzať napr. časťou ľudského tela. Prechodom signálu cez hmotné prostredie dochádza k znižovaniu jeho intenzity. Na rozhraniach vnútorných orgánov sa časť signálu odráža a časť postupuje ďalej. Odrazený signál zachytávame a porovnávame s vyslaným signálom. Z takto zachyteného zvukového signálu dokážeme rekonštruovať tvar vnútorných orgánov. Zvuk dokážeme premeniť na obraz.

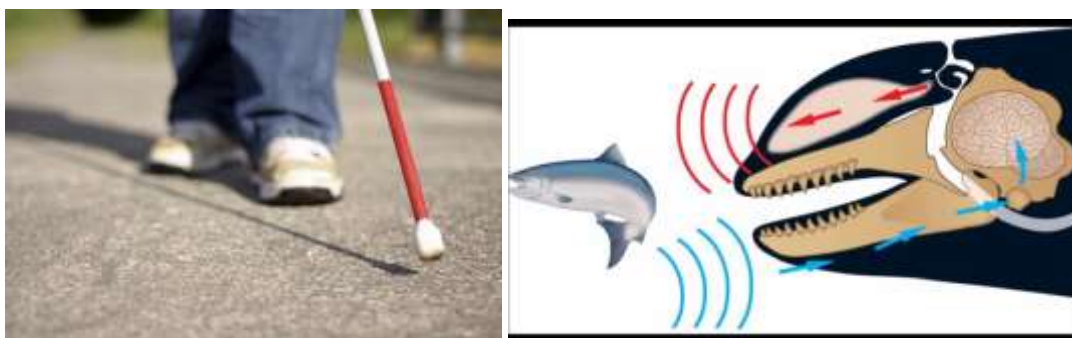


PRIEBEH VÝUČBY

Vzdelávaciu aktivitu realizujeme ako riadené bádanie. Postupujeme podľa modelu 7E bádateľsky orientovaného vyučovania. V úvodnej časti učiteľ predkladá problém, zapája žiakov a zisťuje ich vstupné vedomosti a zručnosti. Žiaci postupne prechádzajú krokmi riadeného bádania podľa pokynov v pracovnom liste. V závere hodiny učiteľ spoločne so žiakmi sumarizuje a zhodnotí priebeh a získané vedomosti a nadobudnuté zručnosti.

Zapojenie (motivácia) – 3 minúty

Problém: Viaceré zvieratá dokážu pre svoju orientáciu počas pohybu a pri love potravy, využívať tzv. echolokáciu. Obdobným spôsobom si môžu nevidiaci pomáhať pri orientácii v priestore. Vyhľadajte informácie o princípe echolokácie u zvierat ako aj nevidiacich, diskutujte o zisteniach.



Obrázok 22

Použite slepeckej palice alebo signálov u veľrýb, slúžiacich na lokalizáciu.

Diskutujeme so žiakmi o pomerne známom jave echolokácie, kedy pre potreby orientácie v priestore je využívaný vyslaný a od prekážok odrazený signál. Využime vyhľadávanie na internete, kde cez slovné spojenie „blind people echolocation“ sú zverejnené zaujímavé ukážky, ako nevidiaci vydávajú krátke zvuky dokážu bicyklovať, behať a orientovať sa aj v neznámom priestore. Snažíme sa zaujať témou z pohľadu potreby poznania princípu a jeho využitia pre poznanie života zvierat ale aj pre skvalitnenie života nevidiacich. U nevidiacich je bežnejšie používanie palice, ale vydávanie zvukov je analogické.

Zisťovanie - 2 minúty

Problém: Formulujte vlastnými slovami, ako rozumiete fyzikálnemu princípu echolokácie.

Očakávame tvrdenia žiakovi na úrovni prvotných poznatkov, vysielaný a prijímaný signál dokážeme rozlíšiť a z toho sa určuje vzdialenosť prekážky, či už vo vzduchu alebo vode.

Skúmanie - 35 minút

Žiaci postupujú podľa inštrukcií v pracovnom liste.

Úloha 1. Pomocou zvuku určte dĺžku trubice

K okraju trubice na druhom konci uzavretej priložte senzor zvuku. Vytvorte krátky zvukový signál (napr. úderom pera o lavicu) v blízkosti otvoreného okraja trubice a senzora. Zaznamenajte a analyzujte časový priebeh zvukového signálu. Pomocou získaných údajov určte dĺžku trubice. Svoje zistenie skontrolujte premeraním dĺžkovým meradlom.



Obrázok 23
Určenie dĺžky trubice pomocou analýzy zvukového sygnálu.

Zakreslite získaný časový priebeh zvukového signálu. Z grafu určte časový interval medzi pôvodným zvukom a jeho echom. Využitím veľkosti rýchlosti šírenia zvuku vo vzduchu, určte dĺžku trubice. Vysvetlite, ako sa dá využiť zvuk na meranie dĺžky (Brian, 2001), (Carvalho, 2007).

Žiaci pracujú v skupinách. Trubica môže byť vodárenská plastová trubka, alebo papierová trubica z kartónu. Koniec trubice uzavrite knihou, alebo korkovou zátkou. Aktivita je spravidla štandardnou ukážkou meraní rýchlosti zvuku, v našom prípade ju využívame na určenie dĺžky trubice.

Úloha 2. Aké silné môže byť echo?

Ku vzdialenejšiemu koncu trubice priložte predmet (papier, drevo, sklo, keramika a pod.), od ktorého sa bude zvuk šíriaci sa trubicou odrážať. Budú sa signály odrazené od rôznych materiálov navzájom líšiť? Formulujte vlastnú hypotézu. Zakreslite svoje merania a objasnite získané výsledky. Objasnite, v čom sa líšia odrazené signály. Objasnite, ktoré materiály odrážajú zvuk lepšie v porovnaní s ostatnými (Allen, 2019).

Očakávame formulácie hypotéz vo dvojiciach a následne po prezentácii hypotéz učiteľ v spoločnej diskusii so žiakmi vytvorí hypotézu, týkajúcu sa vplyvu materiálu na veľkosť odrazeného signálu, napr. So zväčšujúcou sa tvrdosťou materiálu dochádza k menšiemu poklesu veľkosti odrazeného signálu v porovnaní s vyslaným signálom.

Úloha 3. Ako rýchlo sa šíri vlna na hladine.

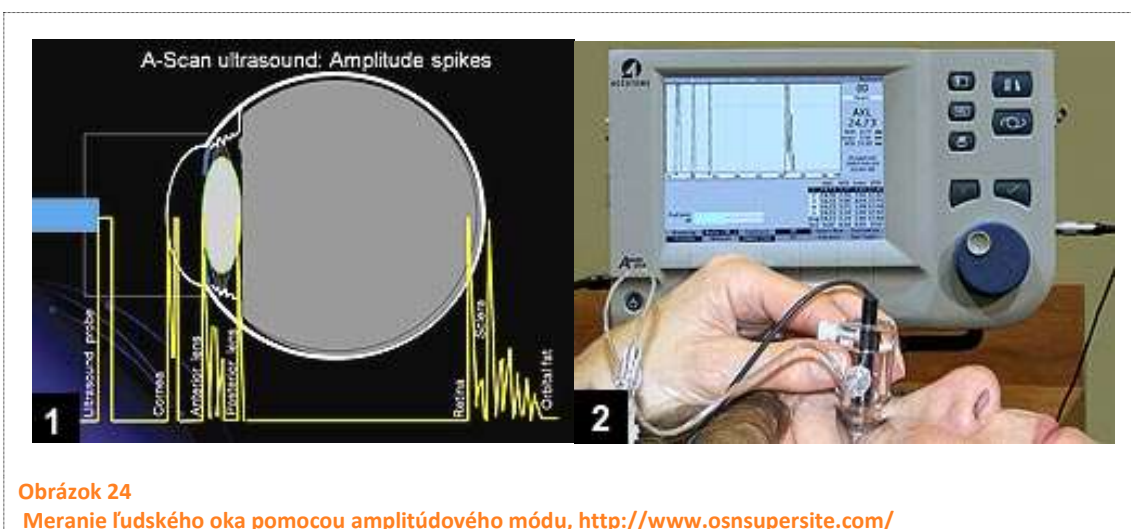
Do väčšej plytkej nádoby nalejte vodu. Kvapnite kvapku vody do stredu povrchu a pozorujte šírenie povrchovej vlny. Meraním dráhy a času určte rýchlosť šírenia povrchovej vlny na vodnej hladine. Do nádoby nalejte olej a obdobným spôsobom určte rýchlosť šírenia sa povrchovej vlny. Porovnajte veľkosti rýchlostí a diskutujte o výsledkoch. *Zapíšte výsledky vlastných meraní.* Reálny experiment je možné nahradiť videomeraním.

V ľudskom tele sa nachádzajú orgány, tvorené mierne odlišnými materiálmi (svalstvo, tuk, telesné tekutiny, kosti....) s rôznou hustotou, pružnosťou a rýchlosťou zvuku. Každá zmena vlastností prostredia predstavuje pre šíriaci sa zvuk odrazivé rozhranie. Zapište si závery z diskusie a výkladu.

V tejto časti učiteľ upozorní žiakov na skutočnosť, že každé rozhranie, na ktorom nastáva zmena rýchlosti šírenia zvuku je zároveň prekážkou, od ktorej sa časť signálu odrazí.

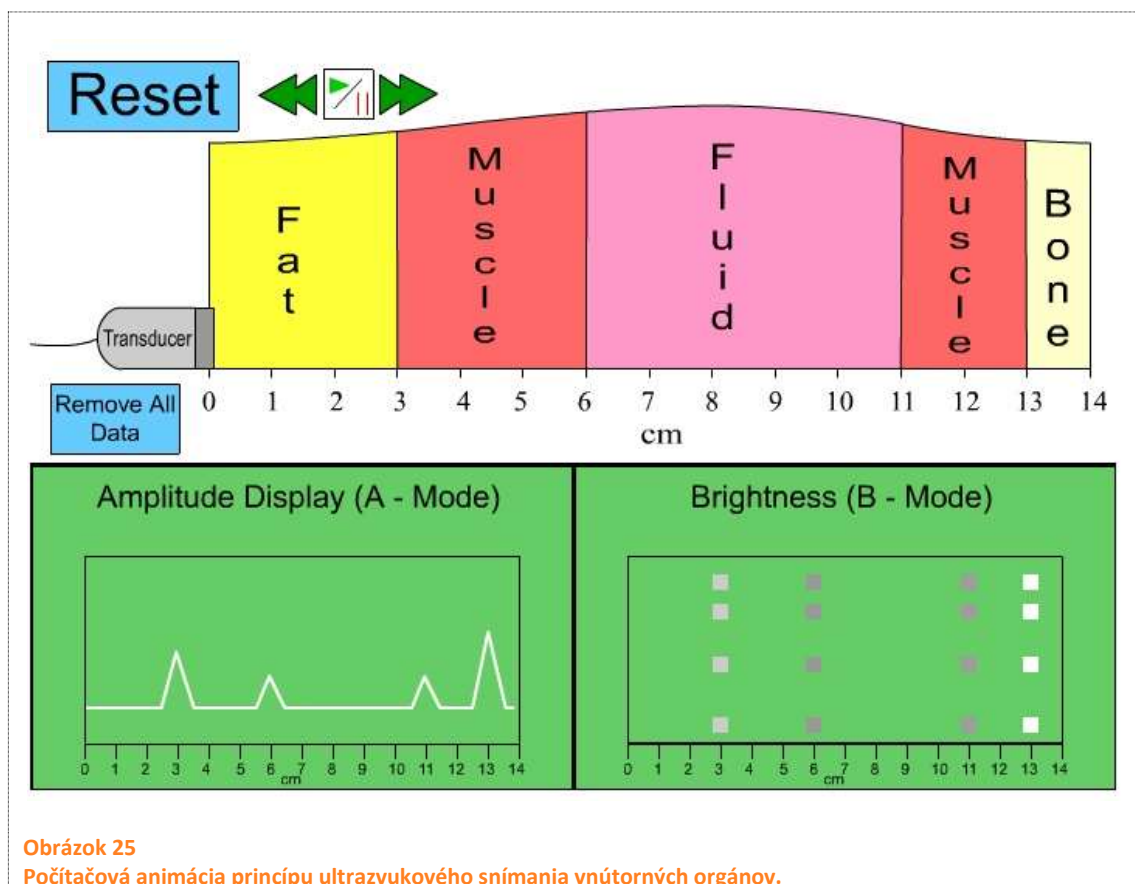
Vysvetlenie - 3 minúty

Signál po odraze od prekážky vieme jasne detekovať podľa jeho amplitúdy. Ak môžeme považovať rýchlosť šírenia signálu v danom prostredí za konštantnú, vieme jednotlivým amplitúdam priradiť vzdialenosť od zdroja signálu. Prezrite si nižšie uvedené záznamy z lekárskeho ultrazvuku a objasnite spôsob zobrazovania pomocou amplitúdového módu.



Žiaci v skupinách, alebo učiteľ cez dataprojektor prezentuje animáciu:

<http://physics.doane.edu/hpp/Resources/Media/Flash/UltraSoundImagingwithoutObject2.html>



Obrázok 25

Počítačová animácia princípu ultrazvukového snímania vnútorných orgánov.

Žiaci pri opakovanom zobrazovaní, hľadajú súvis medzi A a B módom a objasňujú princíp ultrazvukového zobrazovania.

Úloha 4. Objasnite, ako sa vytvára obraz s odlišným jasom zobrazených častí ľudského tela.

Sformulujte zhrnutie, ako chápete použitie ultrazvuku na zobrazovanie orgánov v ľudskom tele.

Rozpracovanie/Rozšírenie - 2 minúty

V záverečnej časti hodine rozviníme diskusiu o ďalších ultrazvukových zobrazovacích technikách, ako sú 3D ultrazvuk a Doppler ultrazvuk. Žiaci môžu informácie vyhľadať na internete, resp. necháme ako domáce zadanie pre záujemcov. Aktivita môže mať pokračovanie v podobe domáceho projektu, v rámci ktorého dvojica žiakov vytvorí informačný leták pre pacientov čakajúcich na ultrazvukové vyšetrenie.

Hodnotenie - 2 minúty

Žiaci by mali na základe získaných informácií vyhodnotiť Z pohľadu formatívneho hodnotenia ponúkame využiť lístok pri odchode.

Pri dnešnej aktivite „Ako zvuk premeníme na obraz“ som sa naučil(a) :
Počas aktivity „Ako zvuk premeníme na obraz“ bolo pre mňa najviac zaujímavé :
Otázka týkajúca sa aktivity „Ako zvuk premeníme na obraz“, na ktorú stále neviem odpovedať znie:

Sebahodnotiaca karta žiaka

OHODNOŤTE VÝSLEDKY SVOJEJ PRÁCE			
Po tejto aktivite už viem...	s výdatnou pomocou	s pomocou	samostatne
Vysvetliť, na akom princípe funguje ultrazvukové zobrazovanie vnútorných orgánov.			
Odmerať dĺžku trubice na základe odrazeného signálu.			
Meraním overiť hypotézu o veľkosti odrazeného signálu.			
Vyhodnotiť údaje získané z počítačovej animácie.			



POSTREHY A ZISTENIA Z VÝUČBY

Téma má potenciál zaujať žiakov so záujmom o medicínske odbory ale aj technické či informatické spracovanie témy je podnetné. Vyžaduje sa práca v skupinách, v nutnom prípade je aktivita vhodná aj ako interaktívna diskusia. Pred aktivitou je možné žiakov vyzvať, aby si v rámci domácej prípravy vyhľadali informácie k ultrazvukovému zobrazovaniu, echolokácii. Žiaci môžu byť podľa záujmu priradený na jednotlivé čiastkové témy.

Aktivita by mohla byť realizovaná aj ako interaktívna demonštrácia, pro ktorej by učiteľ riadil diskusiu a demonštroval meranie a prácu s počítačovou animáciou na jednej pracovnej stanici.

7 TERMOGRAFIA – BEZKONTAKTNÉ MERANIE TEPLoty

<i>Tematický celok/ Téma</i>		<i>ISCED/Odporúčaný ročník</i>
Zobrazovacie metódy Fyzikálny princíp snímacích senzorov		ISCED 3 / 3.ročník
<i>Ciele</i>		
<i>Žiakom osvojované vedomosti a zručnosti</i>		<i>Žiakom rozvíjané spôsobilosti</i>
<ul style="list-style-type: none"> Energia vyžiarená telesom. Faktory ovplyvňujúce množstvo energie dopadajúcej na čip. Emisivita rôznych povrchov a jej využitie pri bezkontaktnom meraní teploty. Fyzikálny princíp infračerveného termočlánku. Infračervený teplomer a termovízna kamera. 		<ul style="list-style-type: none"> Pozorovať a identifikovať problém, formulovať výskumnú otázku. Naplánovať experiment. Zbierať a analyzovať vlastné údaje získané z experimentu. Interpretovať výsledky vlastnej práce a formulovať závery.
<i>Požiadavky na vstupné vedomosti a zručnosti</i>		
<ul style="list-style-type: none"> Porozumenie pojmu teplota, teplotná stupnica, predstava o veľkosti teploty telesa v bežných podmienkach (horúca voda, telesná teplota, teplota pod bodom mrazu). Teplomer ako meracie zariadenie – fyzikálny princíp merania ortuťového a bimetalového teplomera. Vyhľadávanie údajov v tabuľke a zapisovanie nameraných údajov do tabuľky. Vyhľadávanie vedeckých a technických informácií na internete. 		
<i>Riešený didaktický problém</i>		
<p>Lekársky teplomer s ortuťovou alebo liehovou náplňou už pre väčšinu žiakov nie je reprezentantom domáceho teplomera. Na meranie teploty ľudského tela, teploty povrchov a izbovej teploty sa využívajú bezkontaktné infračervené teplomery. U žiakov sa snažíme vzbudiť záujem o odhalenie fyzikálneho princípu, presnosti merania a faktorov, ktoré ju ovplyvňujú. Žiak sa oboznámi s vyžarovaním energie telesom, Stefan- Boltzmanovým zákonom a Planckovým vyžarovacím zákonom. Ozrejmujeme fyzikálny princíp infračerveného termočlánku a prácu s komerčne dostupnými teplomermi. Pre korektné meranie povrchovej teploty je vhodné poznať emisivitu povrchov, ktorú žiaci experimentálne odmerajú a porovnávajú s tabuľkovými hodnotami. Pre porovnávanie teplôt povrchov využijeme termodynamickú rovnováhu s izbovou teplotou alebo teplotou vody a meranie kontrolným termočlánkom.</p>		
<i>Dominantné vyučovacie metódy a formy</i>		<i>Príprava učiteľa a pomôcky</i>
<ul style="list-style-type: none"> interaktívna demonštrácia/riadené bádanie frontálna demonštrácia/práca v skupinách (2-3 člených) 		<ul style="list-style-type: none"> šálka s horúcou vodou, ľadová drť, rôzne materiály (drevo, plast, papier, zrkadlo) Leslieho kocka s rôznymi povrchmi, termočlánok a multimeter, resp. merací systém, infračervený teplomer
<i>Diagnostika splnenia vzdelávacích cieľov</i>		
<ul style="list-style-type: none"> sebahodnotiaca karta, lístok pri odchode, vyplnený pracovný list 		



ÚVOD

Ľudské telo využíva na vnímanie vonkajšieho prostredia zmysly ako zrak, sluch, hmat, čuch a chuť. Náš organizmus však dokáže vnímať aj ďalšie podnety ako napr.: polohu jednotlivých častí tela, rovnováhu tela, zrýchlenie, teplotu, hlad, smäd, bolesť a pod.. V rôznych častiach tela na to využívame špecifické receptory, ktoré sprostredkujú mozgu potrebné informácie. Sú situácie, keď náš mozog získa od receptorov nesprávne informácie alebo informácie nesprávne vyhodnotí.



V digitálnom svete, sa na technológie spracovania vonkajších podnetov, môžeme pozrieť analogicky ako na zmyslové vnímanie v našom organizme. Ľudský receptor je nahradený senzorom, prenos informácie namiesto nervovej sústavy rieši hardvér a spracovanie má namiesto mozgu na starosti softvér. Aby sme vedeli takéto zariadenia navrhovať, vyrábať a spoľahlivo využívať, je potrebné rozumieť ich princípom, dôkladne poznať rozsah ich možností a uvedomovať si obmedzenia. Ak nás niektorá zo súčiastok „klame“, môže to mať za následok naše nesprávne závery a reakcie.

Príjemný pocit sálavého tepla kachľovej pece oceníme najmä po návrate z lyžovačky, či zimnej prechádzky. Receptory tepla nás o tom spoľahlivo informujú. Aká je však teplota na povrchu kachľovej pece? Každé teleso pri aktuálnej teplote vyžaruje určité množstvo energie a to pri rôznych vlnových dĺžkach. Z odmerania celkového množstva vyžiarenej energie dokážeme určiť teplotu telesa. Aby však bezkontaktné meranie teploty bolo presné, je potrebné poznať a nastaviť správnu hodnotu emisivity povrchu materiálov a zohľadniť ďalšie vplyvy. Čím detailnejšie zosnímame zdroj tepla, dokážeme identifikovať úniky tepla z budov, lokalizovať zdroje požiaru, prehrievajúce sa časti strojov, nájsť človeka strateného v lese, či rozlíšiť pasažierov nastupujúcich do lietadla, ktorí majú zvýšenú teplotu. Aj žiarenie neviditeľné pre ľudské oko premeníme na obraz.



PRIEBEH VÝUČBY

Vzdelávaciu aktivitu realizujeme ako riadené bádanie. Postupujeme podľa modelu 7E bádateľsky orientovaného vyučovania. V úvodnej časti učiteľ predkladá problém, zapája žiakov a zisťuje ich vstupné vedomosti a zručnosti. Žiaci postupne prechádzajú krokmi riadeného bádania podľa pokynov v pracovnom liste. V závere hodiny učiteľ spoločne so žiakmi sumarizuje a zhodnotí priebeh a získané vedomosti a nadobudnuté zručnosti.

Zapojenie (motivácia) – 5 minút

Úvodná motivácia a vzbudenie záujmu o tému začína krátkym výkladom učiteľa a diskusiou o zmyslovom vnímaní a bezkontaktnom meraní teploty (Xie, 2011). Smerujeme k výzve na zistenie, aký princíp sa využíva pri bezkontaktnom meraní teploty. Pre žiakov by malo byť zaujímavé odhaliť, ako infračervený teplomer v jednotlivých režimoch rozlišuje teplotu čoho určuje. Žiaci sú vyzvaní k práci vo dvojiciach.

Problém: Infračervený teplomer pre domáce použitie má spravidla tri režimy snímania teploty (telesná teplota, teplota povrchu, teplota v miestnosti). Ako je teplomer skonštruovaný, že dokáže pri rovnakom snímaní rozlíšiť teploty troch rôznych objektov?

Očakávame diskusiu žiakov: *Je tam niečo nastavené, aby dobre ukazoval teplotu, ale neviem čo.* Diskusiu neuzatvárame, využívame ako motiváciu k aktivite.

Zisťovanie - 3 minúty

Problém: Diskutujte vo dvojiciach a zaznamenajte do pracovných listov aké fyzikálne princípy využívajú rôzne teplomery.



Očakávame zápisy žiakov: *Ortuťový/liehový teplomer – objemová rozťažnosť kvapalín, bimetalický teplomer – rôzna dĺžková rozťažnosť dvoch rôznych kovov, termočlánok – vznik elektrického napätia medzi dvoma spojmi dvoch kovov s rôznou teplotou (Seebeckov jav), termistor – zmena elektrického odporu materiálu s teplotou.*



Skúmanie - 20 minút

Žiaci postupujú podľa inštrukcií v pracovnom liste.

Úloha 1. Bezkontaktné meranie teploty.

Nastavte vybraný režim snímania teploty (povrchu, ľudského tela, miestnosti). Infračervený teplomer umiestnite do odporúčanej vzdialenosti, nasmerujte na objekt a stlačením tlačidla

spustíte meranie teploty v príslušnom režime. Zapište teploty predmetov, ktoré ste odmerali bezkontaktným teplomerom vo vybraných režimoch.

Žiaci sa oboznamujú s určovaním teploty infračerveným teplomerom. Merajú v každom z režimov, zapisujú zistené teploty. Upozorníme ich na techniku určovania teploty, najmä na dodržanie vzdialenosti teplomera od meraného bodu.

Úloha 2. Meranie povrchovej teploty rôznych materiálov.

Nastavte režim merania teploty povrchu. Odmerajte teploty povrchu rôznych materiálov pri izbovej teplote (použite Leslieho kocku, alebo pripravené kúsky rôznych materiálov).

Predmety sú v termodynamickej rovnováhe s teplotou v miestnosti. Aj napriek tomu, pri rôznych povrchoch stanoví teplomer mierne odlišné teploty. Problematické je napr. meranie povrchovej teploty zrkadla, mierne rozdiely budú aj medzi tmavým a matným povrchom v porovnaní so svetlým a lesklým. Rôzne povrchy okrem vlastného vyžarovania aj odrážajú okolité žiarenie, čo spôsobuje zmeny v stanovení teploty povrchov. Problémom je aj žiarenie okolia, ktoré sa pri bezkontaktnom meraní teploty pridáva k vyžiarenému a odrazenému žiareniu od predmetu. Tieto faktory musíme brať do úvahy pri vyhodnocovaní meranej teploty.

Úloha 3. Určenie emisivity povrchov a povrchovej teploty rôznych telies. Pripojte termočlánok k multimetru a prepnite ho do režimu merania teploty. Resp. pripojte termočlánok k meraciemu panelu a pripravte meranie teploty. Termočlánok pomocou lepiacej pásky upevnite k povrchu telesa. Termočlánkom a infračerveným teplomerom odmerajte povrchovú teplotu. Ak sa hodnoty teplôt líšia, upravte emisivitu a meranie opakujte. Pri zhodných teplotách, zodpovedá nastavená emisivita v infračervenom teplomere emisivite povrchu.

Pri tejto úlohe potrebujeme infračervený teplomer s nastaviteľnou hodnotou emisivity. Ako porovnávací teplomer využijeme multimeter s meraním teploty pomocou termočlánku, resp. termočlánok s pripojením k meraciemu panelu. Žiaci porovnávajú teplotu určenú termistorom (považujeme ju za správnu hodnotu) a teplotu stanovenú infračerveným teplomerom pri danej hodnote emisivity povrchu. Zmenou nastavenia hodnoty emisivity v teplomere hľadajú správnu hodnotu pre daný materiál. Pri zhode teplôt odmeranej termočlánkom a infračerveným teplomerom, môžeme hodnotu emisivity považovať vhodne nastavenú. Takto získané hodnoty porovnáme s tabuľkovými hodnotami. Detailnejšie informácie k termografii žiaci môžu vyhľadať napr. na stránke: <http://www.termokamery.net/-zaklady-termografie>.

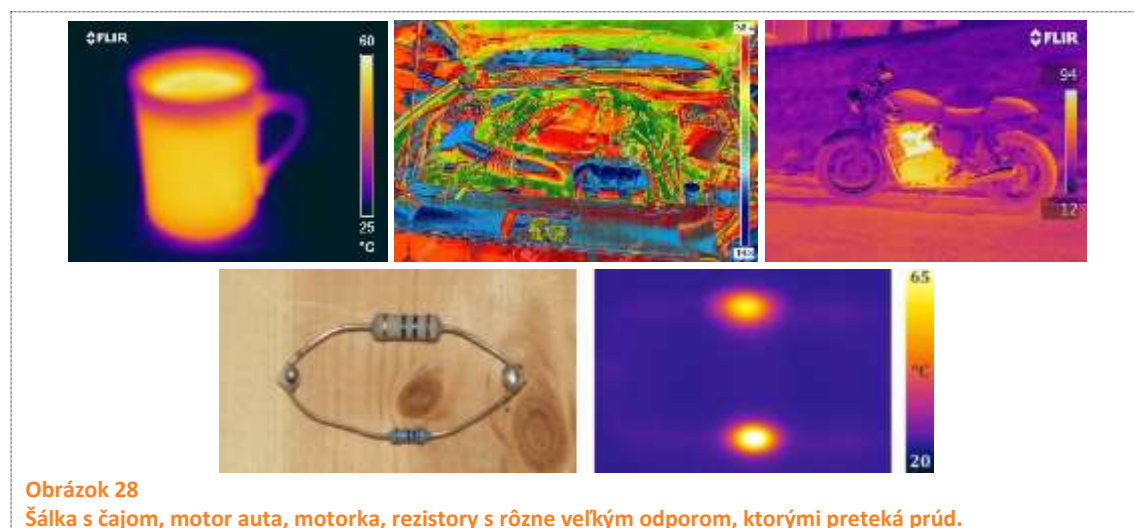
Tab.1. Hodnoty emisív vybraných materiálov.

materiál	emisivita
keramika	0,90 - 0,94
papier	0,70 - 0,94
drevo	0,90
ľudská pokožka	0,98
plast	0,85 - 0,95
koža	0,75 - 0,80
voda	0,96 - 0,98

Žiaci sa vlastnou aktivitou dostávajú k odpovedi na otázku: Ako dokáže infračervený teplomer v jednotlivých režimoch rozlíšiť, že ide o snímanie teploty povrchu, ľudského tela alebo teploty v miestnosti. Pre každý z režimov má teplomer nastavenú inú hodnotu emisivity. Zistenie zapíšu do pracovného listu.

Úloha 4. Od infračerveného teplomera k termovíznej kamere.

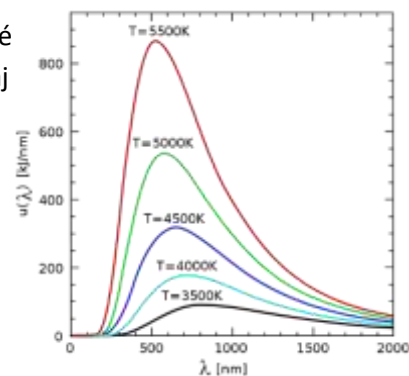
Termovízna kamera dokáže vyhodnotiť teplotu v jednotlivých bodoch na obraze obdobne ako infračervený teplomer. Vyhodnoťte informácie z termogramov získaných termovíznou kamerou (Vollmer, 2001).



Vysvetlenie - 3 minúty

Každé teleso vyžaruje do okolia elektromagnetické žiarenie rôznych vlnových dĺžok, ktoré sa zvykne označovať aj ako tepelné žiarenie. Pri danej teplote telesa závisí intenzita vyžarovanej energie na vlnovej dĺžke žiarenia, čo opisuje Planckov vyžarovací zákon.

$$M_{e\lambda}^0(\lambda, T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda k_B T}} - 1}$$



Pri každej teplote nájdeme vlnovú dĺžku, na ktorej teleso vyžaruje maximum energie. S rastúcou teplotou telesa sa maximum vyžarovanej energie vyžaruje pri kratších vlnových dĺžkach, čo opisuje Wienov posunovací zákon.

$$\lambda_{\max} T = b$$

Pre stanovenie teploty telesa na základe vyžarovania energie je kľúčové zistenie, že množstvo vyžiarenej energie je úmerné štvrtej mocnine teploty telesa, čo opisuje Stefan-Boltzmanov zákon.

$$M_e^0(T) = \int_0^\infty M_{e\lambda}^0(\lambda, T) d\lambda = 2hc^2 \int_0^\infty \frac{1}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda k_B T}} - 1} d\lambda = \sigma T^4$$

V ideálnom prípade by teleso malo dokázať prijímať dopadajúce žiarenie všetkých vlnových dĺžok a rovnaké množstvo energie vyžarovať vo forme tepelného žiarenia. Takýto ideálny model označujeme ako absolútne čierne teleso. Energia vyžiarená absolútne čiernym telesom je vyjadrená Stefan-Boltzmanovým zákonom:

$$M_e^0 = \sigma T^4$$

V praxi však telesá časť dopadajúceho žiarenia odrážajú, časť prepúšťajú, pri danej teplote teda vyžarujú menej energie ako absolútne čierne teleso. Zavádzame pojem sivé teleso, ktorému prislúcha emisivita ε vyjadrujúca akú časť energie v porovnaní s absolútne čiernym telesom sivé teleso vyžaruje.

$$M_e = \varepsilon \sigma T^4$$

Napr. $\varepsilon = 0,85$ znamená, že teleso vyžaruje 85% energie, ktorú by pri rovnakej teplote vyžiarilo absolútne čierne teleso. Matné a tmavé povrchy telies majú $\varepsilon > 0,90$, lesklé povrchy majú $\varepsilon < 0,10$.

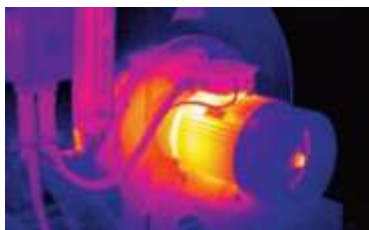
Energia vyžiarená telesom dopadá na termočlánok alebo termistor umiestnený v infračervenom teplomere. Dopadajúce žiarenie zmení teplotu, čím sa medzi koncami termistora vytvorí elektrické napätie, resp. zmení odpor termistora. Zmenu teploty tak vieme previesť na elektrický signál, ktorého kalibráciou stanovíme zodpovedajúcu teplotu telesa.

Nakoľko infračervený teplomer nerozlišuje zdroj žiarenia, reaguje iba na jeho množstvo, je potrebné v prípade rôznych povrchov predvoliť vhodnú veľkosť ich emisivity. Tak je tomu aj napr. pri lekárskych, kde sú spravidla režimy: telesná teplota, teplota telesa a izbová teplota.

Rozpracovanie/Rozšírenie (cca 3 min.)

Na Internete je množstvo informácií uvádzaných renomovanými výrobcami infračervených teplomerov a kamier (<https://www.flir.com/>). Odporúčame tému rozšíriť o:

- priemyselné meranie teploty zariadení,
- termografia budov, hľadanie tepelných mostov,
- požiarna technika, lokalizácia zdroja požiaru, dohľadanie osôb,
- medicínske aplikácie.



Obrázok 29
Priemyselná termografia.

Pri samotnom meraní teploty je možné prezentovať vplyv vzdialenosti od objektu a intenzity okolitého žiarenia na stanovenú teplotu.

Tematicky blízkou avšak na inom fyzikálnom princípe fungujúcou je problematika nočného videnia. Využíva sa zosilňovanie zbytkového svetla alebo „prisvietenie“ infračerveným zdrojom. Aj túto tému je možné využiť pri rozšírení a rozpracovaní problematiky infračerveného merania teploty.



Obrázok 30
Nočné videnie.

Hodnotenie - 5 minút

Žiaci by mali na základe získaných informácií vyhodnotiť výhody bezkontaktného stanovenia teploty povrchov a zároveň si uvedomiť faktory ovplyvňujúce jeho presnosť. Z pohľadu formatívneho hodnotenia ponúkame využiť lístok pri odchode a sebahodnotiacu kartu žiaka.

Pri dnešnej aktivite „Termografia -bezkontaktné meranie teploty“ som sa **naučil(a)**:

Počas aktivity „Termografia -bezkontaktné meranie teploty“ bolo pre mňa **najviac zaujímavé**:

Otázka týkajúca sa aktivity „Termografia -bezkontaktné meranie teploty“, na ktorú stále **neviem odpovedať** znie:

OHODNOŤTE VÝSLEDKY SVOJEJ PRÁCE			
Po tejto aktivite už viem...	s výdatnou pomocou	s pomocou	samostatne
Vysvetliť, na akom princípe funguje infračervený teplomer pre bezkontaktné určenie teploty.			
Odmerať teplotu infračerveným teplomerom v režimoch (ľudské telo, povrch, miestnosť).			
Meraním stanoviť hodnotu emisivity pre vybraný materiál.			
Vyhodnotiť termogram z termovíznej kamery.			



POSTREHY A ZISTENIA Z VÝUČBY

Téma má potenciál zaujať žiakov, ak je podaná z pohľadu: Ako fungujú moderné zariadenia, ktoré využívame? Aké sú obmedzenia meracích prístrojov? Ako správne používať digitálne prístroje, aby sme ich vedeli naplno využiť. Aktivita by mohla byť realizovaná aj ako interaktívna demonštrácia, pro ktorej by učiteľ s využitím jedného infračerveného teplomera, termočlánku pripojeného na multimeter, resp. merací panel a rôznych materiálov, realizoval sprístupnenie témy.

8 AKO FOTIŤ POHYBUJÚCE SA OBJEKTY

Tematický celok/ Téma		ISCED/Odporúčaný ročník
Zobrazovacie metódy Spracovanie digitálnej fotografie		ISCED 3 / 3.ročník
Ciele		
Žiakom osvojované vedomosti a zručnosti		Žiakom rozvíjané spôsobilosti
<ul style="list-style-type: none"> Poznanie procesu záznamu a spracovania digitálneho obrazu. Porozumenie významu parametrov fotoaparátu vplývajúcich na (ne)ostrosť fotografie pohybujúceho sa objektu. Zručnosť pri nastavovaní vhodných parametrov manuálneho režimu fotografovania v závislosti na svetelných a situačných podmienkach scény. 		<ul style="list-style-type: none"> Naplánovať experiment. Zbierať a analyzovať vlastné údaje získané z experimentu. Interpretovať výsledky vlastnej práce a porovnať ich so štandardizovanými údajmi.
Požiadavky na vstupné vedomosti a zručnosti		
<ul style="list-style-type: none"> Poznať základy spracovania digitálneho obrazu. Rozumieť princípu digitálneho záznamu údajov do grafického súboru. Ovládať základné režimy fotografovania digitálnym fotoaparátom. 		
Riešený didaktický problém		
<p>Drvivá väčšina laickej populácie využíva pri digitálnom fotografovaní automatický alebo niektorý z prednastavených režimov fotografovania. Základné parametre digitálnej fotografie nie sú známe a chýba porozumenie ich významu pre vytvorenie ostrej fotografie. Aktivitou chceme zaujať žiakov pre hlbšie vniknutie do podstaty digitálnej fotografie a využitie získaných vedomostí a osvojených zručností pri fotografovaní v špecifických podmienkach.</p>		
Dominantné vyučovacie metódy a formy		Príprava učiteľa a pomôcky
<ul style="list-style-type: none"> interaktívna demonštrácia/riadené bádanie frontálna demonštrácia/práca v skupinách (2-3 členných) 		<ul style="list-style-type: none"> digitálny fotoaparát (resp. mobil, tablet) pohybujúci sa objekt (napr. rotor ventilátora, fén, tyčový mixér) osvetlenie fotografovanej scény prezentácia s názornými ukážkami a výkladom
Diagnostika splnenia vzdelávacích cieľov		
<ul style="list-style-type: none"> sebahodnotiaca karta, lístok pri odchode, vyplnený pracovný list, vytvorené fotografie pohybujúceho sa objektu 		



ÚVOD

Výrobcovia sa snažia pri zariadeniach na denné použitie (mobilný telefón, mikrovlnná rúra, práčka, umývačka riadu, televízor a iné) čo možno najviac uľahčiť používateľovi ovládanie. Hovoríme o používateľsky príjemných rozhraniach (z angl. user friendly), kde základné činnosti sú ovládané jednoduchými tlačidlami, ovládanie je intuitívne, logicky reagujúce na bežné situácie. Zo zariadení sa tak stávajú čierne skrinky (z angl. black box) vo význame, že vnútro zariadenia nie je známe a pozorujeme iba jeho vonkajšie prejavy, činnosti, vyvolané jednoduchým pokynom. Je príjemné, ak všetko funguje a s výsledkom sme spokojní. Postupne sa však stávame konzumentmi, používateľmi, bez potreby rozumieť procesom a mechanizmom skrytým za bezchybným chodom zariadení.

Ak však chceme naplno využiť technické možnosti zariadenia, za ktoré sme si pri kúpe zaplatili (často krát podstatnú časť ceny), je nevyhnutné zvládnuť a porozumieť o čosi viac. Obdobne, ak nastane neštandardná situácia, alebo by sme zariadenie radi využili aj na špecifickejšiu činnosť, potrebujeme poznať jeho možnosti, aspoň čiastočne rozumieť procesom na pozadí, dokázať ich vyvolať, či vhodne nastaviť. Ukážeme si to na jednej zaujímavej situácii s digitálnym fotoaparátom (Lincoln, 2018).



PRIEBEH VÝUČBY

Vzdelávaciu aktivitu realizujeme ako riadené bádanie. Budeme postupovať podľa modelu 7E bádateľsky orientovaného vyučovania. Pred samotnou aktivitou je možné využiť sériu vstupných otázok (bližšie v časti Hodnotenie). V úvodnej časti učiteľ predkladá problém, zapája žiakov a zisťuje ich vstupné vedomosti a zručnosti. Žiaci postupne prechádzajú krokmi riadeného bádania podľa pokynov v pracovnom liste. V závere hodiny učiteľ spoločne so žiakmi sumarizuje a zhodnotí priebeh a získané vedomosti a zručnosti.

Zapojenie (motivácia) – 5 minút

Úvodná motivácia začína krátkym príbehom: „V internetovom vydaní obľúbeného denníka som pri čítaní správy o záchrane turistov zbadal nižšie uvedenú fotografiu.“ Žiaci sú vyzvaní k práci vo dvojiciach.

Úloha 1. Diskutujte vo dvojiciach a zaznamenajte do pracovných listov, čo vás na fotografii zaujalo.

Očakávame zápisy žiakov: *Postupne sa objavujúca plešina u muža na zábere. Ohnuté listy nosného rotora vrtuľníka. Iba na jednu stranu smerujúce listy smerovej vrtule. Tri nohy záchranára a zachraňovaného.*



Obrázok 31
Zakrivený tvar nosnej ale aj chvostovej vrtule záchranárskeho vrtuľníka.

Po krátkom zistení postrehov žiakov predkladáme ďalšiu fotografiu, vytvorenú pri pohľade z okna letiaceho vrtuľového lietadla na trati Viedeň – Hamburg, a postupne dve fotografie z internetu.



Obrázok 32a, b, c
Zakrivený tvar rotorov vrtule dopravného lietadla.

Úloha 2. Diskutujte vo dvojiciach o reálnosti predložených fotografií.

Na obr. 32a sú zobrazené rotory počas letu. Jeden rotor sa akoby oddelil. Je čas na paniku?

Na obr. 32b sú listy ohnuté. Môže ísť o technickú chybu vrtule, ktorá čaká na opravu?

Na obr. 32c sú listy vrtule úplne čudné. Je to fotomontáž?

Pokúste sa vysvetliť ako mohli fotografie vzniknúť. Všili ste si tvar tieňa na obr. 32b?

Veríme, že úvodnou prezentáciou fotografií a diskusiou dostatočne zaujmeme žiakov k podrobnejšiemu skúmaniu fotografií pohybujúcich sa objektov. Naše zapojenia žiakov môžeme uzavrieť aj otázkami: „Nie je to chyba fotoaparátu? Uznali by nám jeho reklamáciu, ak by sme ukázali, že spravil fotografie ako je na Obr. 32a?“

Zisťovanie - 3 minúty

Diskutujeme so žiakmi o používaní digitálnych fotoaparátov a zmapujeme úroveň ich vedomostí a zručností získaných pri fotografovaní. Moderujeme krátku diskusiu otázkami:

1. *Drvivá väčšina používateľov fotografuje v plnoautomatickom režime. Opíšte postup fotografovania.*
(fotoaparát držíme pevne oboma rukami, priblížime scénu pomocou možnosti priblíženia (zoom), mierne stlačíme spúšť, počkáme na prípravu fotoaparátu, dotlačíme spúšť, prezrieme si zhotovený záber)
2. *Aké režimy má fotoaparát prednastavené pre špecifické podmienky fotografovania?*
(šport, portrét, makro, nočná obloha, príroda a pod.)
3. *Ak prepneme fotoaparát do režimu manuálneho nastavenia, aké základné parametre budeme potrebovať nastaviť?*
(expozičná doba, ISO)

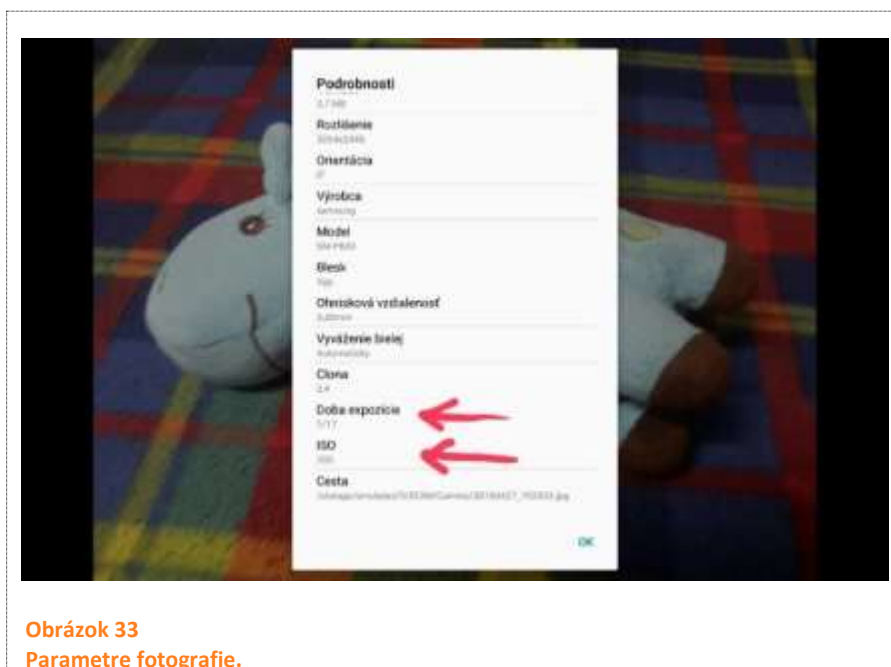
Pri poslednej otázke očakávame, že žiaci nebudú poznať parametre, alebo nebudú vedieť vysvetliť ich význam. Vyzveme ich k zapojeniu sa do skúmania práce s digitálnym fotoaparátom.

Skúmanie - 20 minút

Žiaci postupujú podľa inštrukcií v pracovnom liste. Postupne zhotovia niekoľko fotografií. Pri fotografii statického objektu pozorujú odlišnosti v parametroch fotografie pri

dostatočnom a zníženom osvetlení. Pracujú s tabletmi, vlastnými mobilmi alebo digitálnymi fotoaparátmi.

Úloha 3. Fotografia nehybného objektu. Zapnite fotoaparát na tablete/mobile. Odfotoťte ľubovoľný nehybný objekt najprv pri dobrom osvetlení a následne pri zhoršených svetelných podmienkach. Porovnajme parametre oboch fotografií, ktoré fotoaparát nastavil pri fotení v automatickom režime.



V ďalšej časti skúmania budeme zhotovovať fotografiu pohybujúceho sa objektu. Našou snahou bude získať ostrú fotografiu. Použijeme pohyb ruky, rýchle kývnutie hlavou, pohyb perečníka po lavici a pod.. Pri použití automatického režimu bude fotografia rozmazaná.

Úloha 4. Rozmazaná fotografia pohybujúceho sa objektu. Odfotoťte rýchlo sa pohybujúci objekt (napr. pohybujúcu sa ruku, hlavu, perečník ...). Zapište si parametre fotografie. Vysvetlite, prečo je fotografia rozmazaná.

Rozmazanie fotografie je spôsobené tým, že nevzniká v jednom okamihu ale jej zaznamenávanie trvá nejaký čas (udávaný ako čas expozície). Ak sa počas expozície objekt pohybuje bude zachytený v rôznych polohách na tú istú snímku, čo sa prejaví ako rozmazanie záberu. Žiaci sú usmernení k potrebe prechodu na manuálny režim, resp. režim šport a zmenu parametrov fotografovania. Nastavujú hodnotu ISO a diskutujú o jej význame a prepojení s expozičným časom.

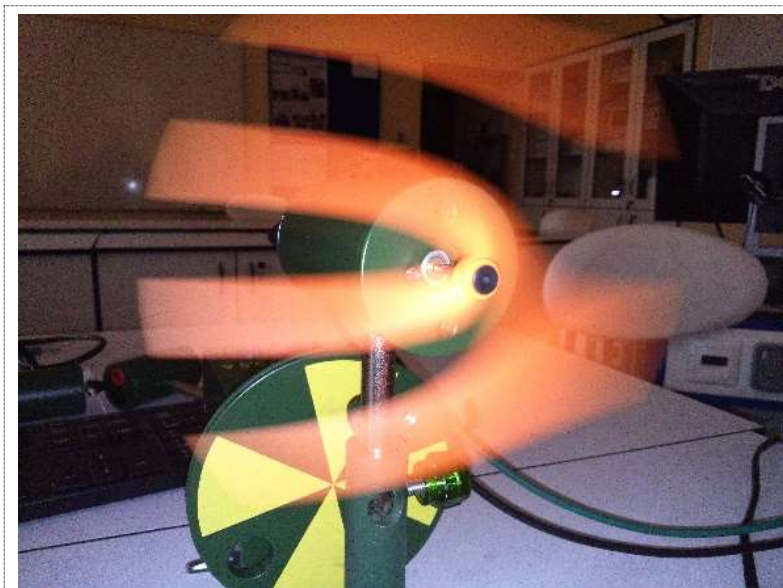
Úloha 5. Pokúste sa odfotiť čo najostrejšiu fotografiu pohybujúceho sa objektu. Manuálne nastavujte rôzne hodnoty ISO. Zapište použité nastavenia fotoaparátu pri daných svetelných podmienkach. Opíšte ako súvisí kvalita fotografie s nastavenou hodnotou ISO. K jednotlivým hodnotám ISO zapište prislúchajúci čas expozície.

Funkcia ISO funguje obdobne ako zosilňovač. Ak je slabšie osvetlenie fotografovanej scény, pri vyššej hodnote ISO fotoaparát zosvetlí výslednú fotografiu a zároveň si pre jej zhotovenie upraví dobu expozície. Hodnoty expozície sú udávané v zlomkoch sekundy (zvyčajne

1/25, 1/50, 1/100 a pod.). Vysoká hodnota ISO nám zároveň umožňuje fotografovať s kratšou dobou expozície, čo je pre fotografovanie pohybujúcich sa objektov podstatné.

Pripomenieme si úvodný problém s fotografiami pohybujúcej sa vrtule. Žiaci sú postavený pred úlohu zhotoviť ostrú fotografiu rotujúcej vrtule. Zostavia aparáturu pozostávajúcu zo zdroja napájania, elektromotora a vrtule. Na fotografovanie využijú tablet, digitálny fotoaparát alebo smartfón.

Úloha 6. Vlastné fotografie točiacej sa vrtule. Odfoťte rotujúcu vrtuľu fotoaparátom v tablete alebo vlastným smartfónom. Nastavujte parametre ISO až kým je fotografia ostrá. Zapište si parametre vašej fotografie. Jednoducho zakreslite, aké tvary vrtule ste vyfotili.

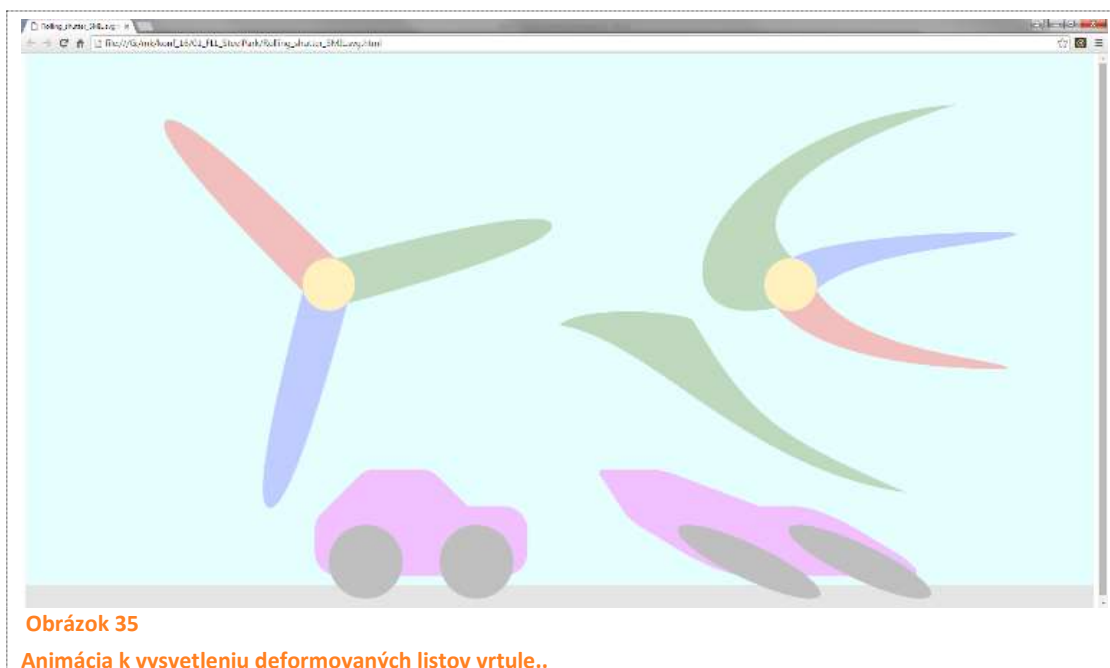


Obrázok 34

Fotografia rotujúcej vrtule.

Vysvetlenie - 3 minúty

Použitím animácie žiakom vysvetlíme príčinu deformovaných listov na digitálnej fotografii. Čip digitálneho fotoaparátu pozostáva z pixelov (záznamových bodov). Počas doby expozície sú pixely osvetlené avšak informácie z CMOS čipu sa ukladajú postupne po riadkoch. Záznam do súboru chvíľu trvá, pokiaľ sa prejde od prvého riadku ku poslednému. Ak sa počas doby záznamu vrtuľa otáčala, na jednotlivých riadkoch (práve zaznamenávaných) bola v rôznej polohe voči statickému záberu. Pustíme im názornú simuláciu, kde najprv sledujem pohyb autíčka zľava doprava. Pohybujúca sa horizontálna čiara predstavuje ukladanie údajov z čipu do súboru. V ľavej časti je snímaná scéna pohybujúceho sa autíčka a rotujúcej vrtule, v pravej časti animácie je výsledný zaznamenaný obraz na digitálnej fotografii.



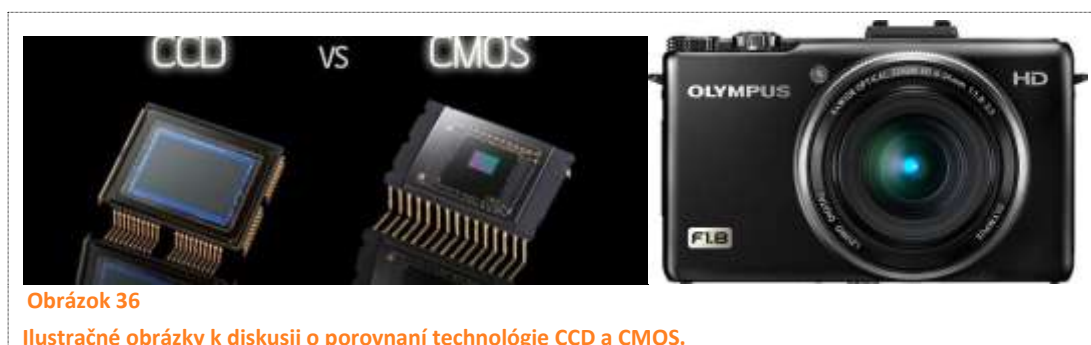
Obrázok 35

Animácia k vysvetleniu deformovaných listov vrtule..

Žiaci opakovane sledujú priebeh animácie, učiteľ postupne komentuje: autíčko, modrý a červený list vrtule a nakoniec odtrhnutý zelený list vrtule. Odtrhnutie listu opakovane sledujeme.

Rozpracovanie/Rozšírenie - 3 minúty

Tu sa ponúka priestor pre diskusiu o CMOS a CCD čipoch, ktoré využívajú odlišné technológie záznamu údajov z čipu. U bežných digitálnych fotoaparátov sú používané lacnejšie CMOS čipy, ktoré pri fotografovaní rýchlych scén vytvárajú deformované záznamy.



Obrázok 36

Ilustračné obrázky k diskusii o porovnaní technológie CCD a CMOS.

Tému je možné rozšíriť o vyhľadávanie a spracovanie informácií, ktoré nájdeme na internete cez kľúčové slovné spojenie: „rolling shutter effect“ (Muller, 2019). Táto téma je v kruhu fotografov podrobne rozdiskutovaná. Žiaci by mohli spracovať napr. problematiku: Akými spôsobmi je možné potlačiť efekt deformovaných záberov? Ako rozšírenie ponúkame zamyslenie sa nad situáciou, kedy by v technickej praxi uvedený efekt mohol spôsobovať problémy pri monitorovaní pásovej priemyselnej výroby videotechnikou.



Obrázok 37

Monitorovanie výrobnéj linky by bolo komplikované pri využití videotechniky kde by sa prejavil skúmaný efekt.

Hodnotenie - 5 minút

Žiaci by mali na základe získaných informácií vyhodnotiť potrebu využitia drahších CCD čipov v porovnaní s CMOS čipmi v bežne využívaných digitálnych fotoaparátoch. Ak v rámci rozšírenia sa budeme venovať technikám potlačenia uvedeného efektu, tak by mali pri hodnotení zaradiť aj ich využitie pri fotografovaní rýchlych scén.

Z pohľadu formatívneho hodnotenia ponúkame využiť lístok pri odchode a sebahodnotiacu kartu žiaka.

Pri dnešnej aktivite „Ako fotiť pohybujúce sa objekty“ som sa **naučil(a)**:

Počas aktivity „Ako fotiť pohybujúce sa objekty“ bolo pre mňa **najviac zaujímavé**:

Otázka týkajúca sa aktivity „Ako fotiť pohybujúce sa objekty“, na ktorú stále **neviem odpovedať** znie:

OHODNOŤTE VÝSLEDKY SVOJEJ PRÁCE			
Po tejto aktivite už viem...	s výdatnou pomocou	s pomocou	samostatne
Vysvetliť, ako môže vzniknúť rozmazaná fotografia.			
Vysvetliť, prečo môžu byť obrazy na niektorých fotografiách deformované.			
Aký význam má nastavenie hodnoty ISO.			
Nastaviť parametre fotoaparátu.			
Vytvoriť ostrú fotografiu pohybujúceho sa objektu			



POSTREHY A ZISTENIA Z VÝUČBY

V úvode aktivity môžeme využiť tri vstupné otázky na sústredenie pozornosti žiakov k nadchádzajúcej téme. Žiaci pracujú vo dvojiciach, výsledné stanoviská si zapisujú k jednotlivým otázkam. Po ukončení vypracovania odpovedí, učiteľ môže krátko zhodnotiť správne odpovede, avšak skôr by mal motivovať žiakov, že práve nadchádzajúca aktivita ich dovedie k hľadaným správnym odpovediam. Aktivita by mohla byť realizovaná ako interaktívna demonštrácia, pri ktorej by učiteľ realizoval na jednej aparatúre fotografovania rotujúcej vrtule za asistencie žiakov.

NIEKOĽKO OTÁZOK NA ÚVOD

1. Odhadnite a zapíšte čas potrebný na vykonanie: čas(s)

vzdialenosť(cm)

- a) jedného kroku
- b) drepu (dole a hore)
- c) mrknutia očami.

Ku každému pohybu doplňte vzdialenosť, o ktorú sa posunie daná časť tela.

2. Stojac na okraji cesty sledujeme koleso idúceho osobného auta.

Na kolese nás zaujíma pohyb dvoch jeho častí:

- a) os kolesa, b) ventil na nafukovanie kolesa.

Zakreslite tvar trajektórie, po ktorej sa os kolesa a ventil pohybujú.



3. Stručne vysvetlite, ako mohla vzniknúť zobrazená fotografia.



DATABÁZOVÉ SYSTÉMY

Chceme ukázať, že globálne dáta majú obrovský význam pri tvorbe rozhodnutí v prospech životného prostredia, plánovaní náročných investícií (výstavba elektrární, priehrad..), strategických rozhodnutiach národného hospodárstva (cestná sieť, využitie nerastných surovín, podpora turizmu, ochrane zdravia a prevencii (výskyt chorôb, spotreba liekov, dĺžka pobytu v nemocnici) a pod. Aktivita sú zamerané na dohľadanie relevantných dát globálneho významu (napr. stav ozónu v atmosfére, povrchová teplota, spotreba elektrickej energie, znečistenie ovzdušia, intenzita kozmického žiarenia) a ich využitie pri formulácii predpovedí a hypotéz, ktoré sa dajú pomocou dostupných dát potvrdiť/vyvrátiť. S vlastnou formuláciou predpovedí a hypotéz sa naši stredoškólači stretávajú iba výnimočne, oba pojmy poznajú skôr v podobe prezentovaných výrokov. Schopnosť žiaka formulovať predpoveď, hypotézu je potrebné systematicky rozvíjať. Sledujeme postupný proces prechodu od výskumnej otázky, cez predpoveď až k formulácii hypotézy.

Výskumná otázka

Záujem žiaka o svet okolo seba spravidla začína pozorovaním, všímaním si skutočností a javov, kladením si otázok. Spôsobilosť formulovať otázku k danej pozorovanej skutočnosti nie je pre žiaka jednoduchá úloha. Ak našim cieľom nie je iba samotné preverenie schopnosti otázku formulovať, ale zmapovanie samotného záujmu o problém, dostávame sa do roviny: výskumnej otázky. Ide o signál záujmu žiaka o skúmanie a ďalšie hlbšie sledovanie, skúmanie, zisťovanie. Príkladom výskumnej otázky môže byť otázka: Aký je rozdiel v spotrebe paliva pri preprave osôb rôznymi dopravnými prostriedkami?

Spôsobilosť formulovať výskumnú otázku si žiaci rozvíjajú pri riešení tzv. **Fermiho úloh**. Ide o zadania, pri riešení ktorých je hľadanie odpovede na formulovanú výskumnú otázku podmienená získaním relevantných údajov z dostupných informačných zdrojov. Fermiho úlohy sú založené analýze problému, jeho rozčlenení na čo možno najmenšie problémy a na metóde rádového odhadu výsledku. Odhad je však kvalifikovaný, podložený faktami. Takto získaný výsledok, odpoveď na výskumnú otázku je v dobrej zhode s experimentálnymi meraniami, výsledkami náročných výpočtov, či teórií.

Predpoveď

Predpoveďou označujeme výrok založený na predchádzajúcich skúsenostiach a vedomostiach. Vyjadruje očakávanie, že nastane určitý jav, stav alebo vývoj. Nie je to však tip, alebo hádanie, žiak potrebuje preukázať, na základe akých skutočností svoju predpoveď formuloval. Rozvíjanie spôsobilosti formulovať predpovede sledujeme na štyroch úrovniach. Žiak dokáže rozlíšiť predpoveď od všeobecného výroku, dokáže doplniť nekompletnú predpoveď, vie formulovať predpoveď ako odpoveď na otázku a dokáže samostatne formulovať predpoveď.

Hypotéza

Hypotéza je určitý odborný odhad o tom, ako sa budú správať výskumné dáta a aké výsledky z nich možno vyvodiť. Je to vlastne predikcia záverov výskumu, vyjadruje určitý názor výskumníka, kvalifikovaný odhad. Ide o odbornú predpoveď, ktorá musí byť premyslená, reflektovaná a zdôvodniteľná. Kladieme dôraz na skutočnosť, že každý výskum potrebuje na začiatku svoju hypotézu. Nestačí len výskumná otázka, potrebujeme hľadať jasné potvrdenie, rozhodnutie: áno, alebo nie. V jazyku metodológie výskumu sa to vyjadruje takto tvrdeniami: hypotéza bola potvrdená alebo hypotéza bola zamietnutá. Hypotézy súvisia s výskumnými

otázkami a obyčajne sa z nich odvodzujú. Pri aktivitách sledujeme schopnosť žiaka dodržať základné pravidlá tvorby hypotéz:

- hypotéza je oznamovacia veta,
- obsahuje dve premenné,
- premenné sa dajú presne zisťovať (merať, kategorizovať).

Žiaci budú v rámci aktivít overovať aj známe hypotézy, aby sa postupne oboznamovali s ich formuláciami. V dostupných databázach ako napr.

<https://ourworldindata.org/>
<https://earthdata.nasa.gov/>, <https://www.opensciencedatacloud.org>
<https://www.nature.com/sdata/policies/repositories#physics> ,
https://mbienz.shinyapps.io/tourism_dashboard_prod/,
<https://www.compareyourcountry.org/pisa/>

sú dáta vizualizované pre bežného používateľa, z pohľadu fyziky bude našim cieľom hlavne ich interpretácia žiakmi a využitie pre potvrdenie či vyvrátenie stanovenej hypotézy.

1 RIEŠENIE FERMIHO ÚLOH S VYUŽITÍM ÚDAJOV Z DATABÁZ

Formulácia výskumných otázok so zaujímavým obsahom môže byť pre žiaka inšpiratívna a podnecujúca ho k samostatnej poznávacej činnosti. Žiaci sa oboznamujú so zadaniami vybraných Fermiho úloh s fyzikálnym obsahom. Prechádzajú vzorové riešenia, aby pochopili postup riešenia takýchto úloh. Sériu úloh riešia v skupinách, pričom potrebné údaje vyhľadávajú v odporúčaných informačných zdrojoch na internete. V závere aktivity je úlohou žiakov formulovať vlastnú výskumnú otázku, ktorej riešenie si vyžaduje získanie údajov z databáz vedeckých informácií.

2 DOKÁŽEME FORMULOVAŤ PREDPOVEĎ, POTVRDIŤ/VYVRÁTIŤ HYPOTÉZU?

V nadväznosti na výskumné otázky sa žiaci oboznamujú s predpoveďami a hypotézami, ktoré majú charakter kvalifikovaného odhadu. Na potvrdenie či vyvrátenie hypotéz je možné použiť údaje dostupné z dlhodobých sledovaní a záznamov v databázach. Žiaci sa najprv oboznamujú so známymi hypotézami a výsledkami ich overenia. Prechádzajú rôzne oblasti ľudského skúmania. V závere aktivity žiaci samostatne formulujú predpovede a hypotézy, ktorých riešenie vzájomne konfrontujú pri prezentácii a odbornej recenzii práce skupín.

HODNOTENIE

Žiaci môžu dostať niektorú z nasledujúcich úloh:

1. Akú hmotnosť rýb musí denne zožrať žralok?
2. Koľko elektrickej energie spotrebuje Slovensko v roku 2020?
3. Je hmotnosť všetkých mravcov na Zemi väčšia ako hmotnosť ľudí žijúcich na Zemi?
4. Ako dlho by sme mohli počúvať hudbu zaznamenanú na DVD?
5. Vyhľadajte hypotézy venované skleníkovému efektu a objasnite ich relevantnosť.

9 Fermiho úlohy

Tematický celok/ Téma	ISCED/Odporúčaný ročník
Databázové systémy Riešenie Fermiho úloh s využitím údajov z databáz	ISCED 3 / 3.ročník
Ciele	
Žiakom osvojované vedomosti a zručnosti	Žiakom rozvíjané spôsobilosti
<ul style="list-style-type: none"> • Formulácia výskumných otázok so zaujímavým fyzikálnym obsahom. • Analýza problému a jeho rozloženie na čiastkové úlohy. • Kvalifikovaný odhad veľkosti veličín. • Základné fyzikálne princípy, javy a procesy, faktory ovplyvňujúce vybrané deje. 	<ul style="list-style-type: none"> • Formulovať otázku, problém. • Formulovať výskumnú otázku. • Analyzovať problém. • Vysloviť kvalifikovaný odhad. • Vyhľadať relevantné informácie a spracovať ich na daný účel. • Porovnať rádový odhad s experimentálnym výsledkom a objasniť mieru zhody.
Požiadavky na vstupné vedomosti a zručnosti	
<ul style="list-style-type: none"> • Orientácia v základných fyzikálnych problémoch, znalosť problematiky. • Schopnosť vyhľadávať informácie z relevantných informačných zdrojov. • Používanie metódy analógie. 	
Riešený didaktický problém	
<p>Záujem žiaka o svet okolo seba spravidla začína pozorovaním, všímaním si skutočností a javov, kladením si otázok. Spôsobilosť formulovať otázku k danej pozorovanej skutočnosti nie je pre žiaka jednoduchá úloha. Ak našim cieľom nie je iba samotné preverenie schopnosti otázku formulovať, ale zmapovanie samotného záujmu o problém, dostávame sa do roviny: výskumnej otázky. Ide o signál záujmu žiaka o skúmanie a ďalšie hlbšie sledovanie, skúmanie, zisťovanie. Príkladom výskumnej otázky môže byť otázka: Aký je rozdiel v spotrebe paliva pri preprave osôb rôznymi dopravnými prostriedkami?</p> <p>Spôsobilosť formulovať výskumnú otázku si žiaci rozvíjajú pri riešení tzv. Fermiho úloh. Ide o zadania, pri riešení ktorých je hľadanie odpovede na formulovanú výskumnú otázku podmienená získaním relevantných údajov z dostupných informačných zdrojov. Fermiho úlohy sú založené analýze problému, jeho rozčlenení na čo možno najmenšie problémy a na metóde rádového odhadu výsledku. Odhad je však kvalifikovaný, podložený faktami. Takto získaný výsledok, odpoveď na výskumnú otázku je v dobrej zhode s experimentálnymi meraniami, výsledkami náročných výpočtov, či teórií.</p>	
Dominantné vyučovacie metódy a formy	Príprava učiteľa a pomôcky
<ul style="list-style-type: none"> • riadené bádanie • práca v skupinách (3-4 členných) 	<ul style="list-style-type: none"> • Vzorové riešenia vybraných Fermiho úloh • Zbierka Fermiho úloh • Prístup na internet • Odborná literatúra, články, tabuľky hodnôt
Diagnostika splnenia vzdelávacích cieľov	
sebahodnotiaca karta, lístok pri odchode, riešenia vybraných úloh, návrh vlastných výskumných otázok a ich riešenia	



ÚVOD

Náš záujem o svet okolo seba spravidla začína pozorovaním, všímaním si skutočností a javov, kladením si otázok. Otázky si kladieme počnúc útlým vekom, ich formulácia je častokrát jednoduchá: “prečo?”. Náš záujem o problémy sa s pribúdajúcimi vedomosťami a skúsenosťami prejavuje aj komplexnejšími otázkami k témam, ktoré nás zaujímajú.

Spôsobilosť pýtať sa, formulovať relevantnú otázku je kľúčových a východiskovým bodom žiackeho aktívneho poznávania. V praxi sledujeme častokrát nízku úroveň spôsobilosti pri kladení otázok, malú pestrosť otázok, chýbajúcu originalitu. Žiaka potrebujeme nabádať nielen ukážkami vytvorených otázok, ale najmä mu predkladať témy, ku ktorým bude samostatne, resp. v malých skupinách, formulovať vlastné otázky.

Ak sú otázky prejavom záujmu o skúmanie a ďalšie hlbšie sledovanie, zisťovanie, hovoríme o výskumnej otázke. Spôsobilosť formulovať výskumnú otázku k danej pozorovanej skutočnosti však nie je jednoduchá úloha. Príkladom výskumnej otázky môže byť otázka: Aký je rozdiel v spotrebe paliva pri preprave osôb rôznymi dopravnými prostriedkami?

Hľadanie odpovede na výskumnú otázku je možné nie len experimentovaním, ale aj riešením tzv. **Fermiho úloh**. Ide o zadania, pri riešení ktorých je hľadanie odpovede na formulovanú výskumnú otázku podmienená získaním relevantných údajov z dostupných informačných zdrojov. Fermiho úlohy sú založené na analýze problému, jeho rozčlenení na čo možno najmenšie problémy a na metóde rádového odhadu výsledku. Odhad je však kvalifikovaný, podložený faktami. Takto získaný výsledok, odpoveď na výskumnú otázku, je v dobrej zhode s experimentálnymi meraniami, výsledkami náročných výpočtov, či teórií.

Získaná spôsobilosť riešiť úlohy typu Fermiho úlohy, má obrovské využitie v rôznych oblastiach ľudskej činnosti. Oboznámime sa so sériou Fermiho úloh, prejdeme si ich vzorové riešenia, získame skúsenosť s postupom riešenia, vyhľadávaním informácií a formulovaním odpovedí, ktoré sú rádovo v zhode pri porovnaní s reálnym výsledkom.



PRIEBEH VÝUČBY

Vyučovacia hodina je kombináciou interaktívnej diskusie a riadeného bádania v malých skupinách, alebo v dvojiciach žiakov.

Zapojenie (motivácia) – 3 minúty

Motivačným úvodom je predstavenie zadaní známych Fermiho úloh (Weinstein, 2007), ktoré spravidla vychádzajú zo situácií v bežnom živote. Ich zadania bez doplnenia ďalších údajov sa javia akoby neriešiteľné. Riešenie však vyžaduje zdravý úsudok, odhad veličín, znalosť základných javov a vzťahov, ako aj vyhľadávanie potrebných informácií a spresňovanie prvotných zjednodušení.

Problém: Koľko ladičov klavírov pracuje v Chicagu? Koľko ľudí pracovalo na stavbe Cheopsovej pyramídy? Aké je hmotnosť všetkých mravcov žijúcich na Zemi v porovnaní s hmotnosťou všetkých ľudí? Koľko listov je na strome? Koľko molekúl kyslíka spotrebuje dospelý človek za minútu? Koľko potraviny denne zožerie žralok?

K obdobným úlohám fyzikálneho charakteru dokázal Enrico Fermi vypracovať postup riešenia, ktorý je založený na rádovom odhade čiastkových a jednoduchších krokov, ich presnej

špecifikácii a určení rozsahu prípustných hodnôt. Na počesť slávneho fyzika, ktorý vynikal pri ich riešení, sa úlohám priradilo označenie Fermiho úlohy.

Zisťovanie - 3 minúty

Termín Fermiho úlohy je celosvetovo veľmi známy, sú zverejňované zadania a riešenia úloh, zbierky najzaujímavejších úloh, prebiehajú súťaže v ich riešení. Aby sme ukázali šírku problematiky, zadáme úlohu vo vyhľadani známych Fermiho úloh a oboznámení sa s ich formuláciami. Žiakov rozdelíme do dvojíc alebo menších skupín. Následne si žiaci vyberú pre nich zaujímavú úlohu, s ktorej riešením sa oboznámia.

Úloha 1. Vyhľadajte zadania Fermiho úloh na internete. Vyberte v skupine a následne v triede tri úlohy, pre vás najviac zaujímavé. Zapište formulácie vyhladaných Fermiho úloh. Zapište formulácie troch Fermiho úloh, ktoré sú pre žiakov vašej triedy najviac zaujímavé.

Úloha 2. Oboznámte sa s riešením niektorej zo známych Fermiho úloh. Preštudujte si jej komentované riešenie. Zapište si poznámky k riešeniu vybranej Fermiho úlohy.

Skúmanie - 15 minút

K danej Fermiho úlohe je možné vypracovať rôzne postupy jej riešenia. Spoľahlivosť získaného výsledku preverujeme porovnaním s relevantným zdrojom informácií, resp. experimentálnym alebo teoretických riešením. Stratégiu riešenia Fermiho úloh by sme mohli rozčleniť do nasledovných krokov:

- formulácia otázok súvisiacich so zadanou Fermiho úlohou,
- rozčlenenie úlohy na čo možno najviac čiastkových problémov (úloh, dejov),
- určenie potrebných veličín pre výpočet Fermiho úlohy,
- dohľadanie informácií k hľadaným veličinám,
- odhad veľkosti jednotlivých veličín,
- korekcia odhadu veľkosti veličín,
- výpočet a formulácia odpovede na Fermiho úlohu,
- vyhľadanie relevantných zdrojov pre porovnanie získaného výsledku s realitou,
- odôvodnenie odchýlky od exaktného výsledku.

Žiaci pokračujú v práci v skupinách. Vhodné je dohodnúť sa na riešení 2-3 zaujímavých úloh nezávislými skupinami, sledovať ich originálne postupy a výsledky riešení.

Úloha 3: Formulujte vlastnú Fermiho úlohu a prezentujte ju pred spolužiakmi.

Úloha 4: Navrhňte rozčlenenie vašej Fermiho úlohy na základné problémy. Ku každému z nich zapište, aké údaje potrebujete vyhľadať. Prezentujte návrh svojho riešenia spolužiakom a diskutujte o jeho spoľahlivosti.

Úloha 5: Vypracujte riešenie vašej Fermiho úlohy. Získaný výsledok preverte porovnaním s relevantnými údajmi.

Vysvetlenie - 10 minút

Žiaci prezentujú komentované riešenia 2-3 vlastných Fermiho úloh spolužiakom a obhajujú svoj postup riešenia, konfrontujú ho s riešením inej skupiny. Dôležitou časťou

riešenia je aby žiaci uviedli relevantný zdroj údajov, s ktorými výsledok svojho riešenia porovnali a určili kde pri ich riešení vznikla odchýlka od správneho výsledku.

Úlohou učiteľa je usmerňovať prácu skupín a v závere vyhodnotiť postup riešenia. Dôležité je znova zopakovať kľúčové časti stratégie riešenia Fermiho úloh.

Rozpracovanie/Rozšírenie - 5 minút

V tejto fáze sú žiaci nadšení zo získaného výsledku, ktorý je rádovo správny a vidia význam stratégie riešenia Fermiho úloh. Vhodným rozšírením je oboznámenie sa s ďalšími úlohami a ich riešeniami. Žiaci v rámci domácej úlohy vyhľadajú jednu pre nich zaujímavú Fermiho úlohu a pripravujú si ozrejmienie jej riešenia pre spolužiakov na nasledujúcej vyučovacej hodine.

Hodnotenie - 2 minúty

Usmerníme žiakov, aby vlastnými slovami stručne zhrnuli problém, postup jeho odhalenia a formulovali vlastné zistenia o zvolenom probléme.

Pri dnešnej aktivite „Fermiho úlohy“ som sa naučil(a) :
Počas aktivity „Fermiho úlohy“ bolo pre mňa najviac zaujímavé :
Otázka týkajúca sa aktivity „Fermiho úlohy“, na ktorú stále neviem odpovedať znie:

OHODNOŤTE VÝSLEDKY SVOJEJ PRÁCE			
Po tejto aktivite už viem...	s výdatnou pomocou	s pomocou	samostatne
Ozrejmiť pojem Fermiho úloha.			
Uviesť príklady zadaní známych Fermiho úloh.			
Opísať jednotlivé kroky postupu riešenia Fermiho úlohy.			
Naformulovať vlastnú Fermiho úlohu.			
Použiť jednotlivé kroky riešenia na vlastnej úlohe.			
Vyhľadať relevantný zdroj a porovnať výsledok riešenia.			



POSTREHY A ZISTENIA Z VÝUČBY

Aj u žiakov, ktorí nie sú zruční pri riešení kvantitatívnych úloh bol pozorovaný záujem o problematiku Fermiho úloh. Je vhodné, ale nie nevyhnutné, upriamovať výber tém smerom k fyzikálnym okruhom. Žiaci majú tendenciu formulovať úlohy, pri riešení ktorých je využiteľné iba minimum fyzikálnych vedomostí. Vhodným zdrojom námetov na úlohy sú súťaže v riešení Fermiho úloh. Práca v skupinách by mohla byť aj formou fyzikálnej súťaže v riešení Fermiho úloh. Nadväzujúcou by mohla byť aktivita zameraná na formuláciu úlohy, ktorá získa najväčší ohlas v triede.

10 Dokážeme formulovať predpoveď, potvrdiť/vyvrátiť hypotézu?

<i>Tematický celok/ Téma</i>	<i>ISCED/Odporúčaný ročník</i>
Databázové systémy Výskumná otázka, predpoveď, hypotéza	ISCED 3 / 3.ročník
Ciele	
Žiakom osvojované vedomosti a zručnosti	Žiakom rozvíjané spôsobilosti
<ul style="list-style-type: none"> • chápať pojmy: výskumná otázka, predpoveď, hypotéza • rozlíšiť predpoveď od tipovania • vedieť formulovať vlastné výskumné otázky, predpovede, hypotézy • poznať vo vybranej oblasti záujmu aktuálne predpovede a hypotézy • využívať údaje z databáz k overeniu hypotézy 	<ul style="list-style-type: none"> • formulovať výskumnú otázku • formulovať a zdôvodniť predpoveď • formulovať hypotézu • vyhľadať relevantné informácie pre potvrdenie/vyvrátenie hypotézy
Požiadavky na vstupné vedomosti a zručnosti	
<ul style="list-style-type: none"> • Orientácia v základných fyzikálnych problémoch, znalosť problematiky, ku ktorej budú vytvárané výskumné otázky, predpovede a hypotézy. • Schopnosť vyhľadávať informácie z relevantných informačných zdrojov. • Používanie metódy analógie. 	
Riešený didaktický problém	
<p>Kladenie otázok je východiskom a zároveň prejavom záujmu o vybranú oblasť. Otázka, na ktorú odpoveď je vhodné nájsť experimentovaním, skúmaním, sa označuje ako výskumná. Výskumná otázka nabáda k skúmaniu, hľadaniu vedeckých informácií, ich použitiu na nový účel. Z výskumných otázok sú formulované predpovede, ako kvalifikované odhady, podložené skúsenosťami a relevantnými údajmi. Pri formulovaní predpovedí a hypotéz, významnú úlohu zohrávajú nazbierané údaje. Globálne dáta majú preto obrovský význam pri tvorbe strategických rozhodnutí v prospech životného prostredia, plánovaní náročných investícií (výstavba elektrární, priehrad..), dlhodobých rozhodnutiach v národnom hospodárstve (cestná sieť, využitie nerastných surovín, podpora turizmu), ochrane zdravia a prevencii (výskyt chorôb, spotreba liekov, dĺžka pobytu v nemocnici) a pod. Dohľadanie relevantných dát globálneho významu (napr. stav ozónu v atmosfére, povrchová teplota, spotreba elektrickej energie, znečistenie ovzdušia, intenzita kozmického žiarenia) a ich využitie pri formulácii predpovedí a hypotéz, ktoré sa dajú pomocou dostupných dát potvrdiť/vyvrátiť, patria medzi spôsobilosti vedeckej práce. Študentom častokrát nie je známa klasifikácia predpovede a hypotézy, nie sú oboznámení s aktuálnymi vedeckými hypotézami vo vybranej záujmovej oblasti a chýba im zručnosť formulovať vlastné hypotézy.</p>	
Dominantné vyučovacie metódy a formy	Príprava učiteľa a pomôcky
<ul style="list-style-type: none"> • interaktívna diskusia • práca v 3-4 členných skupinách 	<ul style="list-style-type: none"> • vzorové ukážky výskumných otázok, predpovedí a hypotéz • prístup na internet
Diagnostika splnenia vzdelávacích cieľov	
<ul style="list-style-type: none"> • sebahodnotiaca karta, lístok pri odchode, posúdenie formulácie výskumných otázok, predpovedí, návrhu vlastných hypotéz a dohľadania relevantných údajov k ich overeniu/vyvráteniu 	



ÚVOD

Kladenie otázok je východiskom a zároveň prejavom záujmu o vybranú oblasť. Otázka, na ktorú odpoveď je vhodné nájsť experimentovaním, skúmaním, sa označuje ako výskumná. Výskumná otázka nabáda k skúmaniu, hľadaniu vedeckých informácií, ich použitiu na nový účel. Z výskumných otázok sú formulované predpovede, ako kvalifikované odhady, podložené skúsenosťami a relevantnými údajmi. Pri formulovaní predpovedí a hypotéz, významnú úlohu zohrávajú nazbierané údaje. Globálne dáta majú preto obrovský význam pri tvorbe strategických rozhodnutí v prospech životného prostredia, plánovaní náročných investícií (výstavba elektrární, priehrad..), dlhodobých rozhodnutiach v národnom hospodárstve (cestná sieť, využitie nerastných surovín, podpora turizmu), ochrane zdravia a prevencii (výskyt chorôb, spotreba liekov, dĺžka pobytu v nemocnici) a pod. Dohľadanie relevantných dát globálneho významu (napr. stav ozónu v atmosfére, povrchová teplota, spotreba elektrickej energie, znečistenie ovzdušia, intenzita kozmického žiarenia) a ich využitie pri formulácii predpovedí a hypotéz, ktoré sa dajú pomocou dostupných dát potvrdiť/vyvrátiť, patria medzi spôsobilosti vedeckej práce. Študentom častokrát nie je známa klasifikácia predpovede a hypotézy, nie sú oboznámení s aktuálnymi vedeckými hypotézami vo vybranej záujmovej oblasti a chýba im zručnosť formulovať vlastné hypotézy.

Prejdime si proces tvorby predpovede a formulácie hypotézy.



PRIEBEH VÝUČBY

Vyučovacia hodina je kombináciou interaktívnej diskusie a riadeného bádania v malých skupinách, alebo v dvojiciach žiakov.

Zapojenie (motivácia) – 10 minút

V úvode si potrebujeme so žiakmi ujasniť klasifikáciu základných pojmov, s ktorými budem pracovať. Žiaci sú častokrát neúspešní pri úlohách na formuláciu predpovede alebo hypotézy, práve z dôvodu, že nemajú ujasnenú klasifikáciu a chýba im jasná predstava o zvyčajných spôsoboch formulácie. Diskusiou so žiakmi si predstavíme pojem predpoveď

Predpoveďou označujeme výrok založený na predchádzajúcich skúsenostiach a vedomostiach. Vyjadruje očakávanie, že nastane určitý jav, stav alebo vývoj. Nie je to však tip, alebo hádanie. Pri predpovedi vieme preukázať, na základe akých skutočností sme ju formulovali. Rozvoj spôsobilosti formulovať predpovede môžeme hodnotiť na štyroch úrovniach:

1. dokážeme rozlíšiť predpoveď od všeobecného výroku,
2. dokážeme doplniť nekompletnú predpoveď,
3. vieme formulovať predpoveď ako odpoveď na otázku,
4. dokážeme samostatne formulovať predpoveď.

Z pohľadu skúmania formulácii predpovede môže predchádzať formulácia výskumnej otázky. Aj k tomuto pojmu je potrebná diskusia so žiakmi a uvedenie vybraných formulácií. Žiaci

majú v pracovnom liste uvedené znenia dvojíc výskumnej otázky a z nej formulovanej predpovede. Výskumná otázka a predpoveď

- Ako dokáže znižovanie výskytu včiel ovplyvniť život na Zemi?
 - Päť rokov po smrti poslednej včely zahynie aj naša planéta (A. Einstein)
- Ako sa bude vyvíjať rozsah výroby osobných automobilov v blízkej dobe?
 - Mladá generácia bude uprednostňovať mobilitu pred vlastníctvom dopravného prostriedku. Výroba osobných áut prudko poklesne.
- Ako sa bude vyvíjať stav ozónovej diery na Zemi?
 - Do 50 rokov by mali ozónové diery vymiznúť.
- Aké bude vekové zloženie populácie na Slovensku v roku 2060?
 - Slovensko sa stane najstaršou krajinou EU.
- Budeme pri vyššej životnej úrovni dlhšie žiť?
 - Zvyšovanie životnej úrovne spôsobí predĺženie priemerného veku dožitia.

Zisťovanie - 10 minút

Žiaci sú rozdelení do dvojíc alebo menších skupín a vypracujú úlohu 1 a 2. Po každej úlohe je vhodné, aby skupiny predstavili svoje riešenia, žiaci vyhľadane predpovede charakterizujú v zmysle klasifikácie a ozrejmuju vedeckú podstatu opísaného javu. Učiteľ pomôže so zhrnutím, prípade poopraví žiacke formulácie a komentáre.

Úloha 1. Vyhľadajte vedecké predpovede pre aktuálny rok z rôznych oblastí ľudskej činnosti. Diskutujte o faktoroch podmieňujúcich úspešnosť predpovedí. Zapište formulácie vedeckých predpovedí.

Dôležitou často ozrejmenia pojmu predpoveď je pochopenie vedecky podloženého rozhodnutia. Preto je úlohou žiakov vyhľadať a uviesť príklady laických odhadov a poukázať na rozdiel voči predpovediam.

Úloha 2. Rozlíšme predpoveď od proroctva, veštby či hádania. Vyhľadajte a rozlíšte laické predpovede, pri formulácii ktorých nie sú používané vedecké poznatky. Formulujte svoje zistenia o laicky vyslovených predpovediach.

Skúmanie - 10 minút

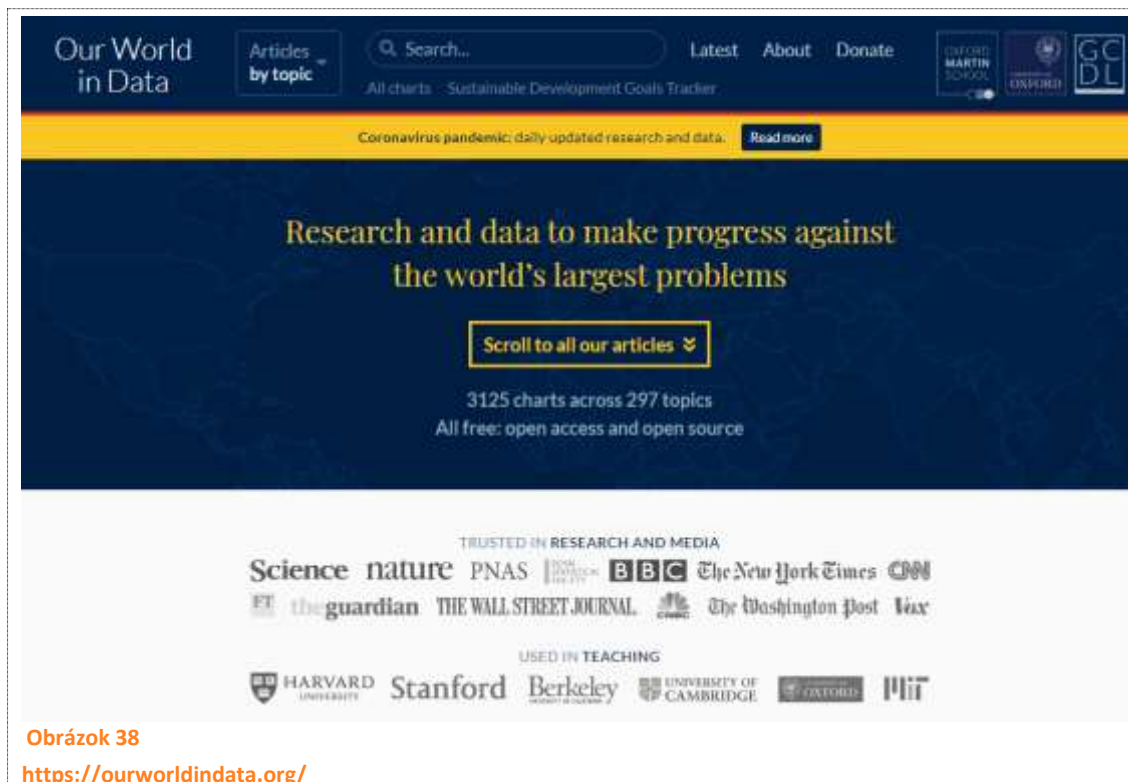
V druhej časti vyučovacej hodiny prejdeme k problematike formulácie hypotéz. Žiaci môžu mať dojem, že nie je rozdiel medzi predpoveďou a hypotézou. Na tento rozdiel ich však upozorníme pomocou ukážok formulácií vybraných hypotéz. Majú ich uvedené v pracovnom liste. Učiteľ na konkrétnom príklade ozrejmi štruktúru hypotézy.

Hypotéza

Hypotéza je určitý odborný odhad o tom, ako sa budú správať výskumné dáta a aké výsledky z nich možno vyvodiť. Je to vlastne predikcia záverov výskumu, vyjadruje určitý názor výskumníka, kvalifikovaný odhad. Ide o odbornú predpoveď, ktorá musí byť premyslená, reflektovaná a zdôvodniteľná. Kladieme dôraz na skutočnosť, že každý výskum potrebuje na začiatku svoju hypotézu. Nestačí len výskumná otázka, potrebujeme hľadať jasné potvrdenie, rozhodnutie: áno, alebo nie. V jazyku metodológie výskumu sa vyjadrujeme tvrdeniami:

hypotéza bola potvrdená alebo hypotéza bola zamietnutá. Hypotézy súvisia s výskumnými otázkami a obyčajne sa z nich odvodzujú. Pri tvorbe hypotézy dodržiavame základné pravidlá:

- hypotéza je oznamovacia veta,
- obsahuje dve premenné,
- premenné sa dajú presne zisťovať (merať, kategorizovať).



V dostupných databázach ako napr.:

<https://ourworldindata.org/>
<https://earthdata.nasa.gov/>,
<https://www.opensciencedatacloud.org>
<https://www.nature.com/sdata/policies/repositories#physics> ,
https://mbienz.shinyapps.io/tourism_dashboard_prod/,
<https://www.compareyourcountry.org/pisa/>

sú dáta vizualizované pre bežného používateľa, z pohľadu fyziky bude našim cieľom hlavne ich interpretácia a využitie pre potvrdenie či vyvrátenie stanovenej hypotézy.

Hypotéza a jej formulácia

- Výučba čítania v 1. ročníku ZŠ prostredníctvom počítača je efektívnejšia ako výučba čítania pomocou šlabikára.
- Ak zvýšime svoje úsilie, zlepšíme si študijné výsledky.
- Dievčatá majú menší záujem o fyziku ako chlapci.
- S rastúcim rozsahom povinného čítania docielime väčšiu čítanosť kníh.
- Znížením DPH na vybrané potraviny klesne ich cena pre spotrebiteľa.

Úloha 3. Vyhľadajte rôzne formulácie vedeckých hypotéz a diskutujte o ich štruktúre. Zapište vybrané vedecké hypotézy.

Žiaci vyhladané hypotézy predstavia ostatným a prezentujú zdroj, z ktorého čerpali námet.

Úloha 4. Formulujte výskumnú otázku a k nej hypotézu z oblasti, ktorá vás zaujíma.

Vyhľadajte v databázach údaje, pomocou ktorých by ste svoju hypotézu potvrdili/vyvrátili.

Napište výskumnú otázku a hypotézu. Zapište kľúčové informácie získané z vedeckých databáz, ktoré by mohli poslúžiť pri dokázaní/vyvrátení formulovanej hypotézy.

V tejto fáze hodiny je dôležitý prístup na internej a práca žiakov so údajmi z verejne dostupných databáz, v ktorých sa snažia získať informácie pre svoje hypotézy. Je vhodné pri úvodnej formulácii hypotéz vybrať napr. dve z nich a prerozdeliť ich tak, aby viacero skupín dohľadávalo informácie k jednej hypotéze. Postačuje, ak triede žiaci pripravia podklady pre potvrdenie/ vyvrátenie dvoch hypotéz.

Vysvetlenie - 10 minút

Žiaci prezentujú svoje hypotézy, databázové zdroje, z ktorých čerpali, ako aj navrhnutý postup ich overenia/vyvrátenia. Úlohou učiteľa je usmerňovať prácu skupín a v závere vyhodnotiť argumentáciu.

Rozpracovanie/Rozšírenie - 5 minút

Vhodným rozšírením je oboznámenie sa s ďalšími hypotézami, hoci aj mimo fyzikálnej oblasti. Žiaci v rámci domácej úlohy vyhľadajú jednu pre nich zaujímavú hypotézu a pripravia si údaje a postup je overenia/vyvrátenia. Svoje riešenia predstavia spolužiakom na nasledujúcej hodine.

Hodnotenie - 2 minúty

Usmerníme žiakov, aby vlastnými slovami stručne zhrnuli problém, postup jeho odhalenia a formulovali vlastné zistenia o vybranej téme.

Pri dnešnej aktivite „Dokážeme formulovať predpoveď, potvrdiť/vyvrátiť hypotézu“ som sa naučil(a):

Počas aktivity „Dokážeme formulovať predpoveď, potvrdiť/vyvrátiť hypotézu“ bolo pre mňa najviac zaujímavé:

Otázka týkajúca sa aktivity „Dokážeme formulovať predpoveď, potvrdiť/vyvrátiť hypotézu“, na ktorú stále **neviem odpovedať** znie:

OHODNOŤTE VÝSLEDKY SVOJEJ PRÁCE			
Po tejto aktivite už viem...	s výdatnou pomocou	s pomocou	samostatne
Ozrejmiť pojem predpoveď.			
Ozrejmiť pojem hypotéza.			
Uviesť príklady predpovedí.			
Uviesť príklady hypotéz.			
Opísať štruktúru správne formulovanej hypotézy.			
Naformulovať vlastnú hypotézu.			
Vyhľadať a použiť informácie k potvrdeniu/vyvráteniu hypotézy.			



POSTREHY A ZISTENIA Z VÝUČBY

U žiakov sa stretávame s nepochopením, prečo je potrebné formulovať hypotézu, kde vopred predpovieme výsledok nášho skúmania. Túto pochybnosť je vhodné vyvrátiť potrebou jednoznačne preukázať pravdivosť alebo nepravdivosť predpovede, čo nás vedie k jasne formulovanej oznamovacej vete, ktorej pravdivostná hodnota sa dá jednoznačne určiť.

Bibliografia

- Aerodynamics for Students*. (1995-2019). Dostupné na Internet: <http://www.aerodynamics4students.com/>
- Allen, T. &. (2019). Sound Propagation, Reflection, and Its Relevance to Ultrasound Imaging. *The Physics Teacher*, 57(3), 134-137. doi:10.1119/1.5092466
- Brian, M. (2001). Measuring the speed of sound - Variation on a familiar theme. *The Physics Teacher*, 39(7), 424-426. doi:10.1119/1.1416315
- Burke, B. (21. 9 2011). *The Skydiving Handbook*. Dostupné na Internet: http://www.dropzone.com/safety/Learn_to_Skydive/The_Skydiving_Handbook/The_Skydiving_Handbook_798.html
- Carvalho, C. &. (2007). A Time-of-Flight Method To Measure the Speed of Sound Using a Stereo Sound Card. *The Physics Teacher*, 46(7). doi:10.1119/1.2981293
- CMA, Centre for Microcomputer Applications. (dátum neznámy). Cit. 18. 9 2020. Dostupné na Internet: <https://cma-science.nl/homepage>
- Colino, J. M., & Barbero, A. J. (2013). Quantitative model of record stratospheric freefall. *European Journal of Physics*, 34(4), 841-848.
- Colino, J. M., Barbero, A. J., & Tapiador, F. J. (2014). Dynamics of a skydiver's epic free fall. *Physics Today*, 67(4), 64-65. Dostupné na Internet: http://www.physics.umd.edu/courses/Phys410/Anlage_Fall14/Dynamics%20of%20a%20Skydivers%20epic%20freefall.pdf
- CRH The Energy Efficient Building. (dátum neznámy). Cit. 11. 9 2020. Dostupné na Internet: CRH The Energy Efficient Building: <http://sta.ie/perch/resources/lessons/a4crhlessoned.5.pdf>
- Di Sipio, R. (21. 10 2012). *The Felix Baumgartner Equation*. Cit. 17. 9 2020. Dostupné na Internet: <https://disipio.wordpress.com/2012/10/21/the-felix-baumgartner-equation/>
- Earth Atmosphere Model. (5 2015). Cit. 17. 9 2020. Dostupné na Internet: <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/atmosmet.html>
- Engdahl, H., & Wallgren, P. (2013). Energy modelling for exo-cities with focus on energy utilization in built environment. *Bachelor of Science Thesis*. Stockholm: KTH School of Industrial Engineering and Management, Energy Technology EGI-2013.
- Engelhardt, L. (2011). *Open source physics*. Dostupné na Internet: Modeling a Rocket Launch with Gravity and Air Resistance: <https://www.compadre.org/osp/items/detail.cfm?ID=11294>

- Felix Baumgartner's skydiving simulation.* (24. 10 2012). Cit. 17. 9 2020. Dostupné na Internet: <https://pastebin.com/wp33zacP>
- Fuchs, H. (2007). *Modeling of uniform dynamical systems: A system dynamics approach.* Zürich: Füssli.
- Fuchs, L. (2007). *The Continuum Physics Paradigm in physics instruction II. System dynamics modeling of physical processes.* Dostupné na Internet: http://www.hansfuchs.org/MATERIALS/CPP_II.pdf
- Greeing, F. R. (2013). Baumgartner jumps and the physics of freefall. *Physics education*, 2(48), 139-139.
- James Bond and terminal velocity.* (14. 2 2013). Cit. 17. 9 2020. Dostupné na Internet: <https://www.youtube.com/watch?v=IBk62CWsGok>
- Ješková, Z., Beňuška, J., Degro, J., Duľa, I., Gomboš, F., Hanč, J., . . . Vojtek, M. (2010). *Využitie informačno-komunikačných technológií v predmete fyzika pre stredné školy.* Košice: pre Ústav informácií a prognóz školstva vydala elfa, s.r.o., Košice.
- Lepil, O., & Richterek, L. (2007). Dynamické modelování. *Seminární materiál projektu Učíme fyziku moderně. Další vzdělávání učitelů fyziky Olomouckého kraje.* Olomouc: Slovanské gymnázium Olomouc. Repronis.
- Lincoln, J. (2018). Five smartphone experiments that don't need apps. *The Physics Teacher*, 56(9). doi:10.1119/1.5080595
- Mission to the edge of space.* (2020). (Red Bull) Cit. 17. 9 2020. Dostupné na Internet: <https://www.redbull.com/int-en/projects/red-bull-stratos>
- Muller, E. (2019). Scanning for Time: Science and Art on a Photocopier. *The Physics Teacher*, 57(1), 9-13. doi:10.1119/1.5084918
- Njock Libii, N. J. (dátum neznámy). *The determination of the aerodynamic drag force on a parachute.* Dostupné na Internet: [http://www.wiete.com.au/journals/WTE&TE/Pages/Vol.6,%20No.1%20\(2007\)/21_NjockLibii20.pdf](http://www.wiete.com.au/journals/WTE&TE/Pages/Vol.6,%20No.1%20(2007)/21_NjockLibii20.pdf)
- Raketa Falcon Heavy.* (25. 9 2019). Cit. 11. 9 2020. Dostupné na Internet: Wikipedia. Free Encyclopedia: https://sk.wikipedia.org/wiki/Falcon_Heavy
- Ročné náklady na palivo a energiu pre rodinný dom vrátane investícií v €.* (2017). Cit. 17. 9 2020. Dostupné na Internet: www.spp.sk
- Saturn V.* (29. 8 2020). (Wikipedia. Free Encyclopedia) Cit. 11. 9 2020. Dostupné na Internet: Wikipedia. Free Encyclopedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Saturn_V
- Starr, J. (6 2013). *How high is too high? How low is too low?* Dostupné na Internet: http://www.fabulousrocketeers.com/Photo_See_Ya.htm

- Terminal velocity on a skydiver.* (2014). Cit. 17. 9 2020. Dostupné na Internet: <https://www.youtube.com/watch?v=EabUUrZFnFE>
- Theilmann, F., & Apolin, M. (2013). Supersonic freefall - a modern adventure as a topic for the physics class . *Physics Education*, 2(48), 150-158.
- V2 (*Raketa*). (18. 3 2020). (Wikipedia The Free Encyclopedia) Cit. 11. 9 2020. Dostupné na Internet: Wikipedia The Free Encyclopedia: [https://sk.wikipedia.org/wiki/V2_\(raketa\)](https://sk.wikipedia.org/wiki/V2_(raketa))
- Van Buuren, O., Uyilings, P., & Ellermeijer, T. (2010). A modelling learning path, integrated in the secondary school curriculum, starting from the initial phases of physics education. *W. Kaminski (Ed.), Teaching and Learning Physics Today: Challenges? Benefits?, Electronic Proceedings of GIREP-ICPE-MPTL2 Conference, August 2010, Reims,*
- Vollmer, M. &.-P. (2001). There is more to see than eyes can detect. *The Physics Teacher*, 39(6), 371-376. doi:10.1119/1.1407135
- Weinstein, L. (2007). Fermi Questions. 55(1), 319. doi:10.1119/1.4972505
- Whelan, J. G. (1994). *Modelling Exercises Section 1*. Massachusetts Institute of Technology.
- Wikipédia, p. (17. 9 2020). *Raketa Saturn V*. Cit. 18. 9 2020. Dostupné na Internet: Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Saturn_V
- Wikipédia, p. (24. 6 2020). *Speed skydiving*. Cit. 17. 9 2020. Dostupné na Internet: Wikipedia, The Free Encyclopedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Speed_skydiving
- Wolchover, N. (4 2012). *The Physics of the First-Ever Supersonic Skydive*. Cit. 17. 9 2020. Dostupné na Internet: <https://www.livescience.com/23710-physics-supersonic-skydive.html>
- Xie, C. &. (2011). Infrared Imaging for Inquiry-Based Learning. *The Physics Teacher*, 49(6). doi:10.1119/1.3628268