

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE

FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY

**APLIKÁCIA TEÓRIE PIATICH PILIEROV MYSLE V KONTEXTE
NAKLONENEJ ROVINY**

Bakalárska práca

2022

Daša Červeňová

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE

FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY

Evidenčné číslo: ff7af177-3aa1-41bb-a8de-473cabf6fc7d

**APLIKÁCIA TEÓRIE PIATICH PILIEROV MYSLE V KONTEXTE
NAKLONENEJ ROVINY**

Bakalárska práca

Študijný program: učiteľstvo matematiky a fyziky

Študijný odbor: učiteľstvo a pedagogické vedy

Školiace pracovisko: Katedra didaktiky matematiky, fyziky a informatiky

Vedúci práce: doc. RNDr. Peter Demkanin, PhD.

Bratislava 2022



Univerzita Komenského v Bratislave
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

ZADANIE ZÁVEREČNEJ PRÁCE

Meno a priezvisko študenta: Daša Červeňová
Študijný program: učiteľstvo matematiky a fyziky (Učiteľské štúdium, bakalársky I. st., denná forma)
Študijný odbor: učiteľstvo a pedagogické vedy
Typ záverečnej práce: bakalárska
Jazyk záverečnej práce: slovenský
Sekundárny jazyk: anglický

Názov: Aplikácia teórie piatich pilierov mysle v kontexte naklonenej roviny
Application of the Theory of the Five Pillars of the Mind in the context of inclined plane

Anotácia: Významný nárast poznania v oblasti neurovied a teórií učenia sa ponúka fyzikálnemu vzdelávaniu na základných a stredných školách viacero impulzov pre prehodnotenie a prepracovanie obsahu i stratégií vzdelávania. Bakalárska práca si kladie za cieľ oboznámiť sa s novým poznaním v oblasti teórií konštruktivistického vzdelávania, najmä s teóriou piatich pilierov mysle (prof. Tokuhamu-Espinoza) formulovanou v súlade so súčasným poznaním neurovied. Teória bude aplikovaná na príkladoch identifikovaných v rámci dvoch fyzikálnych úloh úrovne maturantov z fyziky v kontexte naklonená rovina. Jednotlivé poznatky a spôsobilosti potrebné pre riešenie úloh budú konfrontované s možným rozvojom jednotlivých pilierov mysle. Práca má charakter základného teoretického výskumu a neočakáva sa overovanie výsledkov práce na dizajn série vzdelávacích aktivít v škole.

Literatúra: Tokuhamu-Espinoza, T., Five Pillars of the Mind – Redesigning Education to Suit the Brain, 2019
Tokuhamu-Espinoza, T., Nouri, A., A brief history of the brain and learning sciences, 2021
Vybraná zahraničná séria učebníc fyziky

Vedúci: doc. RNDr. Peter Demkanin, PhD.
Katedra: FMFI.KDMFI - Katedra didaktiky matematiky, fyziky a informatiky
Vedúci katedry: prof. RNDr. Ivan Kalaš, PhD.

Spôsob sprístupnenia elektronickej verzie práce:
bez obmedzenia

Dátum zadania: 11.10.2021

Dátum schválenia: 11.10.2021

doc. RNDr. Peter Demkanin, PhD.
garant študijného programu

ČESTNÉ VYHLÁSENIE

Čestne vyhlasujem, že som bakalársku prácu vypracovala samostatne, na základe konzultácií a štúdia uvedenej literatúry.

Bratislava, 18. 05. 2022

Podpis

POĎAKOVANIE

Touto formou by som sa chcela poďakovať môjmu vedúcemu práce doc. RNDr. Petrovi Demkaninovi, PhD. za ochotu, profesionálnu podporu a odborné rady počas písania práce. Taktiež by som sa chcela poďakovať svojej rodine a priateľovi za ich podporu počas písania práce.

Výsledky tejto bakalárskej práce budú využité v súvislosti s riešením projektu KEGA 013UK-4-2021 *Metodické materiály zamerané na systematický rozvoj kritického myslenia*.

ABSTRAKT

ČERVENŇOVÁ, Daša. *Aplikácia teórie piatich pilierov mysle v kontexte naklonenej roviny*. [Bakalárska práca]. Univerzita Komenského v Bratislave. Fakulta matematiky, fyziky a informatiky; Katedra didaktiky matematiky, fyziky a informatiky. Vedúci práce: doc. RNDr. Peter Demkanin, PhD. Stupeň odbornej kvalifikácie: bakalár v študijnom programe Učiteľstvo predmetov matematika a fyzika. Bratislava, 2022. 64 s.

V práci predstavujeme teóriu piatich pilierov mysle (prof. Tokuhamu-Espinosa), ktorá je formulovaná na základe súčasných výsledkov neurovied. Identifikujeme miesto tejto teórie v súčasných teóriách učenia sa a vyučovania, najmä v súvislosti s rozvojom poznania v oblasti teórií konštruktivismu. Príklady jednotlivých pilierov predstavujeme v kontexte dvoch fyzikálnych úloh s naklonenou rovinou. Na základe poznatkov z neurovied uvedených v tejto bakalárskej práci analyzujeme rozvoj myslenia žiaka v kontexte naklonenej roviny v rámci fyzikálneho vzdelávania. Na záver uvádzame možnosti aplikácie tejto teórie do vyučovania fyziky, ako aj v širšom meradle. Práca má teoretický charakter. Empirické overovanie výsledkov práce longitudinálnym výskumom si v budúcnosti bude vyžadovať niekoľko rokov práce so vzorkou žiakov.

Kľúčové slová: učenie sa, vyučovanie, konštruktivismus, neurokonštruktivismus, Päť pilierov mysle, vzdelávacia aktivita, naklonená rovina, teória vyučovania fyziky.

ABSTRACT

ČERVENŇOVÁ, Daša. *Applying the Theory of the Five Pillars of the Mind in a context of inclined plane*. Comenius University in Bratislava. Faculty of Mathematics, Physics and Informatics; Department of Education. Supervisor: doc. RNDr. Peter Demkanin, PhD. Grade qualification: bachelor in study program Teaching of academic subjects: Mathematics and Physics. Bratislava, 2022. 64 p.

In this thesis, we present the theory of the Five Pillars of the Mind (prof. Tokuhamas-Espinosa), which has been formulated based on recent results of neuroscientific studies. Firstly, we identify a position of this theory in current theories of learning and teaching, especially within a connection with the development of cognition in theories of constructivism. Secondly, within two physics problems concerning inclined planes at the level of secondary school graduates, examples of each pillar are presented. Thirdly, based on the findings from the neurosciences presented in this bachelor's thesis, we analyze the development of students' thinking in the context of an inclined plane throughout the years of physics education. Finally, we present several possibilities of applying this theory generally to physics education and on a larger scale to curriculum development. The work has a theoretical character. Empirical verification of the results in the form of longitudinal research will, in the future, require several years of work with a sample of pupils.

Keywords: learning, teaching, constructivism, neuroconstructivism, Five Pillars of the Mind concept, learning activities, inclined plane, theory of teaching Physics.

Obsah

Úvod...	9
1 Základné východiská práce	12
1.1 Konštruktivizmus	12
1.2 Radikálny konštruktivizmus.....	15
1.3 Neurokonštruktivizmus	16
1.4 Radikálny neurokonštruktivizmus	17
2 Priblíženie piatich pilierov mysle	19
2.1 Symboly	20
2.1.1 Formy.....	20
2.1.2 Tvary	21
2.1.3 Reprezentácie.....	22
2.2 Vzory.....	22
2.2.1 Konfigurácie	23
2.2.2 Série	23
2.2.3 Pravidlá	23
2.2.4 Pravidelnosť	24
2.3 Usporiadanosť	24
2.3.1 Postupnosť	24
2.3.2 Cykly.....	25
2.3.3 Účel.....	25
2.3.4 Štruktúra	25
2.3.5 Organizácia	25
2.3.6 Uvažovanie v rámci systémov	26
2.4 Kategórie	26
2.4.1 Vlastnosti	26
2.4.2 Ekvivalencie	27

2.4.3	Klasifikácie	27
2.5	Vzťahy.....	27
2.5.1	Pomery	27
2.5.2	Korešpondencia	28
2.5.3	Veľkosť, rozsah	28
2.5.4	Miera.....	28
2.5.5	Aproximácia	28
2.5.6	Odhad.....	29
2.5.7	Množstvo	29
2.5.8	Kontext	29
3	Aplikácia východísk na dizajn zavádzania pojmov súvisiacich s naklonenou rovinou	30
3.1	Cieľová úroveň vedomostí a zručností žiaka z témy naklonená rovina.....	30
4	Vybrané fyzikálne úlohy na tému naklonená rovina	34
4.1	Rozvoj myslenia učiaceho sa v kontexte naklonená rovina na vyučovaní fyziky v závislosti od veku učiaceho sa.....	36
4.2	Analýza úlohy z hľadiska teórie piatich pilierov mysle.....	45
5	Príklad aktivity rozvíjajúcej tému naklonená rovina.....	49
5.1	Návrh dizajnu série vzdelávacích aktivít k téme naklonená rovina.....	49
5.2	Modelovanie pohybu lyžiara.....	50
5.2.1	Model pohybu lyžiara v prostredí Coach 7.....	51
5.2.2	Analýza aktivity z hľadiska teórie piatich pilierov mysle	52
6	Možnosti využitia teórie piatich pilierov mysle vo vyučovaní	54
6.1	Možnosti implementácie teórie Piatich pilierov mysle do súčasných kurikul	55
6.2	Využitie teórie Piatich pilierov mysle v školskej praxi	58
	Záver.....	61
	Zoznam bibliografických odkazov	62

Úvod

Jedným zo základných procesov vyučovania vo všeobecnosti je schopnosť žiakov učiť sa. Žiaci sú neustále obklopovaní nespočetným množstvom podnetov z vonkajšieho sveta, ktoré sa následne ich mozog snaží spracovať. Informácie získavané zmyslami sú procesmi v mozgu (procesmi myslenia) selektované a niektoré z nich sú ďalej spracovávané. V rámci vyučovania učitelia zámerne vytvárajú určité podnety, ktoré majú potenciál rezonovať v súbore vedomostí jednotlivých žiakov. Procesom poznávania vo všeobecnosti sa venujú kognitívne vedy, ktoré sa v súčasnosti na Slovensku najčastejšie opierajú o konštruktivizmus, avšak v školskej praxi sa uplatňujú aj ďalšie prístupy. Ako uvádza Petty (Petty, 2009), v druhej polovici 20. storočia sa vyprofilovali tri hlavné prúdy nazerania na procesy učenia sa. Prvým je prístup kognitívneho konštruktivismu založený na myšlienke, že učiaci sa konštruujú svoje vnímanie sveta, pričom nové poznanie je konštruované z predchádzajúceho. Pravdepodobne najznámejšou súčasťou tohto prístupu je Bloomova taxonómia, pojmy povrchné a hĺbkové učenie sa a pojem miskoncepcie. Druhým prístupom, ktorý uvádza Petty, je prístup behavioristický, založený na myšlienke odmienu, motivácie a posilnenia požadovaného správania učiaceho sa. Dôležitou myšlienkou tohto prístupu je, že učenie sa nastáva postupne a je posilňované opakovaným úspechom. Podľa tohto prístupu si pamätáme najmä to, čo zažívame často a tiež to, čo sme zažili nedávno. Tretím prístupom je prístup humanistický, založený na myšlienke, že učiteľ má plniť emocionálne potreby učiacich sa. Dôležitou myšlienkou tohto prístupu je, že vyučujúci majú v učiacich sa posilňovať ich vlastné sebariadenie, že učiaci sa majú brať zodpovednosť za vlastné učenie sa. Petty samostatne uvádza aj učenie sa, ktoré nie je vyvolané vyučovaním, a toto nazýva sociálne učenie sa. Prehľad najznámejších bádateľov v oblasti teórií učenia sa v 20. storočí je v knihe Didaktika fyziky pre študentov magisterského štúdia a učiteľov v praxi (Demkanin, 2018, str. 9.).

1. B.F. Skinner (1904 – 1990) – behaviorizmus, programové učenie	21. Clark L. Hull (1884 – 1952) – učenie, správanie, motivácia,
2. Jean Piaget (1896 – 1980) – kognitívny vývin	22. Jerome Kagan (nar. 1929) – temperament, emócie
3. Sigmund Freud (1856 – 1939) – psychoanalýza	23. Carl G. Jung (1875 – 1961) – zakladateľ analytickej psychológie
4. Albert Bandura (nar. 1925) – sociálna psychológia	24. Ivan P. Pavlov (1849 – 1936) – klasické podmienovanie
5. Leon Festinger (1919 – 1989) – sociálna psychológia, mentálny diskomfort, sociálne siete	25. Walter Mischel (nar. 1930) – osobnosť, sociálna psychológia
6. Carl R. Rogers (1902 – 1987) – humanistická psychológia	26. Harry F. Harlow (1905 – 1981) – sociálna izolácia, etika psychologického výskumu
7. Stanley Schachter (1922 – 1997) – sociálna psychológia, teória emócií	27. J.P. Guilford (1897–1987) – inteligencia, konvergentné a divergentné myslenie
8. Neal E. Miller (1909 – 2002) – experimentálny psychológ, behaviorizmus	28. Jerome S. Bruner (1915 – 2016) – kognitívne učenie, edukačná psychológia
9. Edward Thorndike (1874 – 1949) – zakladateľ edukačnej psychológie	33. Donald T. Campbell (1916 – 1996) – tvorivosť, evolúcia
10. Abraham H. Maslow (1908 – 1970) – hierarchia potrieb	36. Endel Tulving (nar. 1927) – epizodická a sémantická pamäť, kognitívny neurovedec
11. Gordon W. Allport (1897 – 1967) – škála hodnôt, teória črt	45. Edward C. Tolman (1886 – 1959) – latentné učenie
12. Erik H. Erikson (1902 – 1994) – psychosociálny vývoj	60. Robert J. Sternberg (nar. 1949) – inteligencia, tvorivosť, láska, múdrosť
13. Hans J. Eysenck (1916 – 1997) – kognitívny psychológ, inteligencia a osobnosť	67. Alfred Adler (1870 – 1937) – zakladateľ individuálnej psychológie, agresivita, pocit menejcnosti
14. William James (1842 – 1910) – filozofický smer pragmatizmus	83. Lev Semionovich Vygotsky (1896 – 1934) – kultúrno-historická psychológia, zóna najbližšieho vývinu
15. David C. McClelland (1917–1998) – očakávania a motivácia	93. John Dewey (1859 – 1952) – reformátor vzdelávania, pragmatizmus, liberalizmus
16. Raymond B. Cattell (1905 – 1998) – osobnosť a temperament	
17. John B. Watson (1878 – 1958) – jeden so zakladateľov behaviorizmu	
18. Kurt Lewin (1890 – 1947) – zakladateľ sociálnej psychológie	
19. Donald O. Hebb (1904 – 1985) – neuropsychológ, neuróny a učenie	
20. George A. Miller (1920 – 2012) – kognitívny psychológ, krátkodobá pamäť	

Obrázok 1: Prehľad najznámejších bádateľov v oblasti teórií učenia sa v 20. storočí.

(Demkanin, 2018, str. 9.).

V súčasnom ponímaní sa čoraz viac spomína rozšírenie záujmu teórie učenia sa o poznanie procesov odohrávajúcich sa v mozgu a o vývin mozgu. Tento smer sa nazýva neurokonštruktivizmus (neuroconstructivism).

V tejto bakalárskej práci sa venujeme teóriám, ktoré sú formulované na základe súčasných výsledkov neurovied a vychádzajú z neurokonštruktivizmu, ako rozšírenie teórií zakladateľov konštruktivizmu, napr. J. Piaget, L. S. Vygotskij, J.S. Bruner, E. von Glasersfeld. Vychádzame zo štúdia publikácií T. Tokuhamu-Espinosa, z jej princípov a zásad učenia sa, a najmä z jej publikácie Five Pillars of the Mind – Redesigning Education to Suit the Brain (voľný preklad: Päť pilierov mysle – úprava dizajnu vzdelávania tak, aby vyhovovalo nášmu mozgu). Zohľadňujúc súčasné dianie v slovenskom školstve – zmeny

v kurikule základných škôl v krátkosti uvedieme potenciálny vplyv aplikovania teórie piatich pilierov mysle na dizajn kurikula vo všeobecnosti.

V druhej časti bakalárskej práce tieto poznatky aplikujeme na sériu vzdelávacích aktivít týkajúcich sa témy naklonená rovina v prostredí počítačom podporovaného prírodovedného laboratória od prímky po oktávu osemročného gymnázia. Pokúsime sa definovať úroveň vedomostí a zručností maturanta z fyziky, žiaka ôsmeho ročníka osemročného gymnázia, týkajúcich sa témy naklonená rovina. Pri jej definovaní vychádzame z inovovaného štátneho vzdelávacieho programu, požiadaviek na maturanta a z teórií prezentovaných v tejto bakalárskej práci. Následne v rámci série aktivít sa pokúsime identifikovať jednotlivé piliere mysle potenciálne rozvíjané týmito aktivitami a poukážeme na možnú implementáciu tejto teórie do didaktiky fyziky. Pokúsime sa tiež navrhnúť vzdelávaciu sekvenciu, ktorá by mohla skvalitniť vzdelávanie fyziky s ohľadom na poznatky neurovied uvedené v tejto bakalárskej práci a s ohľadom na rozvoj myslenia žiakov.

Táto bakalárska práce je vnímaná ako výskum súvisiaci s poznávaním žiakov. Popri zdrojoch z prostredia fyzikálneho vzdelávania na Slovensku vychádzame z viacerých zahraničných zdrojov, a teda vyjadrenia týkajúce sa veku žiakov, ročníka a obsahu fyzikálneho vzdelávania nie sú v súlade so súčasným Štátnym vzdelávacím programom: Fyzika (Vzdelávacia oblasť: Človek a príroda) - Príloha ISCED 3A. Predpokladáme, že výsledky tejto práce môžu byť pri ďalšom rozpracovaní a precizovaní užitočné pri dizajne fyzikálneho vzdelávania.

1 Základné východiská práce

Učenie sa a vyučovanie sú komplementárne ľudské aktivity. Na to, aby učiteľ mohol realizovať kvalitnú výučbu, mal by v istej miere chápať, ako učenie prebieha v mozgu a myslí učiaceho sa, a ako k učeniu dochádza v rámci a v dôsledku rôznych kontextov. Učenie sa slúži viacerým cieľom. Na najzákladnejšej úrovni sa mozog učí, aby zabezpečil prežitie. Naopak na najkomplexnejšej úrovni, prebieha učenie za účelom tvoriť a inovovať. (Tokuhamu-Espinosa, Nouri, 2021, s. 2-3) Mozog je miestom, kde prebieha učenie, preto je stredobodom pozornosti teórií uvádzaných v tejto bakalárskej práci. V našej práci vychádzame hlavne z teórie piatich pilierov mysle (Tokuhamu-Espinosa, 2019) a princípov učenia sa formulovanými na základe súčasných výsledkov neurovied. (Tokuhamu-Espinosa, Nouri, 2020)

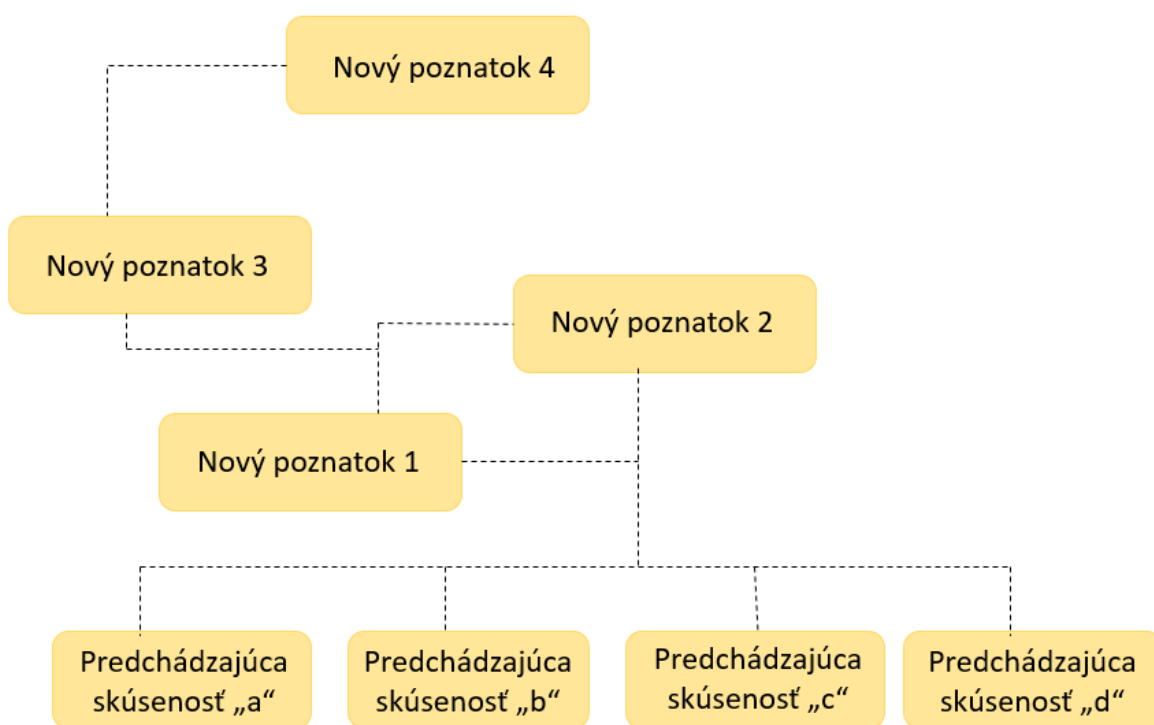
V tejto kapitole sa venujeme priblíženiu kognitívneho smeru neurokonštruktivismu. Krátko uvedieme konštruktivismus a postupne prejdeme ku neurokonštruktivismu a k radikálnemu neurokonštruktivismu. Tiež uvedieme niekoľko základných myšlienok týchto smerov.

1.1 Konštruktivismus

Začiatkom 20. storočia počnúc prácami Dewyho, Montessorovej, a Piageta boli položené základy konštruktivismu ilustrované na nižšie uvedenom hierarchickom modeli (obr.1). Konštruktivismus znamená, že elementárne poznatky sú vyučované pred komplexnejšími a to prostredníctvom hierarchie zručností, ktoré sú žiakom sprístupňované postupným odhaľovaním obsahu predmetu, od elementárnych poznatkov ku komplexnejším. Oboznámením sa s týmto učebným konceptom dochádza k presunu na novú etapu učenia, učenie vyššieho rádu. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 103)

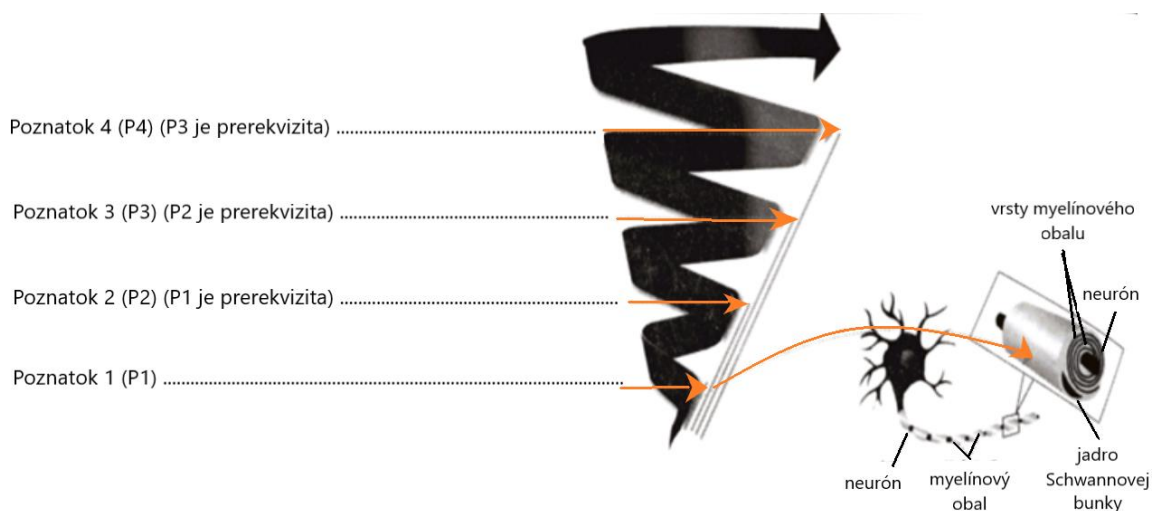
Konštruktivismus tiež ponúka vysvetlenie príčiny nedosiahnutia výchovno-vzdelávacích cieľov. Žiak nebude schopný si ľahko osvojiť nový poznatok, ktorý je založený na akejkoľvek z predpokladaných zručností uvedených v hierarchii, pokiaľ táto zručnosť nie je žiakom vhodne nadobudnutá. Avšak žiaci, u ktorých sa zdá, že ľahko zvládli predpokladané konštrukty, to nemuseli zvládnuť. Je potrebné uvedomiť si, že u niektorých žiakov sa zdá, že si osvojili potrebnú zručnosť, ale v skutočnosti len jednoducho používajú rozšírenú pracovnú pamäť a osvojili si postupy na predstieranie nadobudnutých vedomostí. Skutočné porozumenie však znamená schopnosť identifikovať,

vysvetliť, použiť a preniesť vedomosti na iné, pre žiaka známe alebo aj pre žiaka neznáme kontexty, a to správnou tvorbou vlastných problémov súvisiacich s danou problematikou. Bruner doplnil koncept Bloomových zvládacích učebných stratégií (mastery learning), čím dokončil špirálovú hierarchiu poznatkov. Tvrdil, že spôsob učenia vo forme nikdy nekončiacej špirále orientovanej smerom nahor bol vytvorený za zámerom zvládnutia prepojenia a štruktúry veľkého množstva vedomostí. Toto sa po dobu niekoľkých storočí pokladá za deklarovaný cieľ vzdelávania. (Tokuhamu -Espinosa, 2019, s. 103-105)



Obrázok 2: Hierarchický model konštruktivismu. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 103)

Učenie sa si vyžaduje upevňovanie vedomostí a zručností. Len pár vecí je možné naučiť sa v rámci jednej sekvencie (aj to iba v extrémnych, napr. život-ohrozujúcich situáciách), inak si učenie sa vyžaduje opakovanie. To koľko opakovania je potrebného, závisí od predchádzajúcej skúsenosti s novým predmetom učenia učiaceho sa, a to nepriamoúmerne. Čím viac predchádzajúcich skúseností má učiaci sa, tým menej je potrebné opakovanie. Rýchlosť vybavovania si vedomostí v pamäti závisí od stavu myelínového obalu, ktorý obklopuje synapsie, ktoré urýchľujú komunikáciu medzi neurónmi. Ak spojíme Brunerove špirálové učenie s Piagetovým konštruktivismom a pridáme poznatok o tom, ako rýchlosť vybavenia si vedomostí je ovplyvňovaná ich opakovaním dostaneme model, ktorý vyzerá nasledovne. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 106-108)



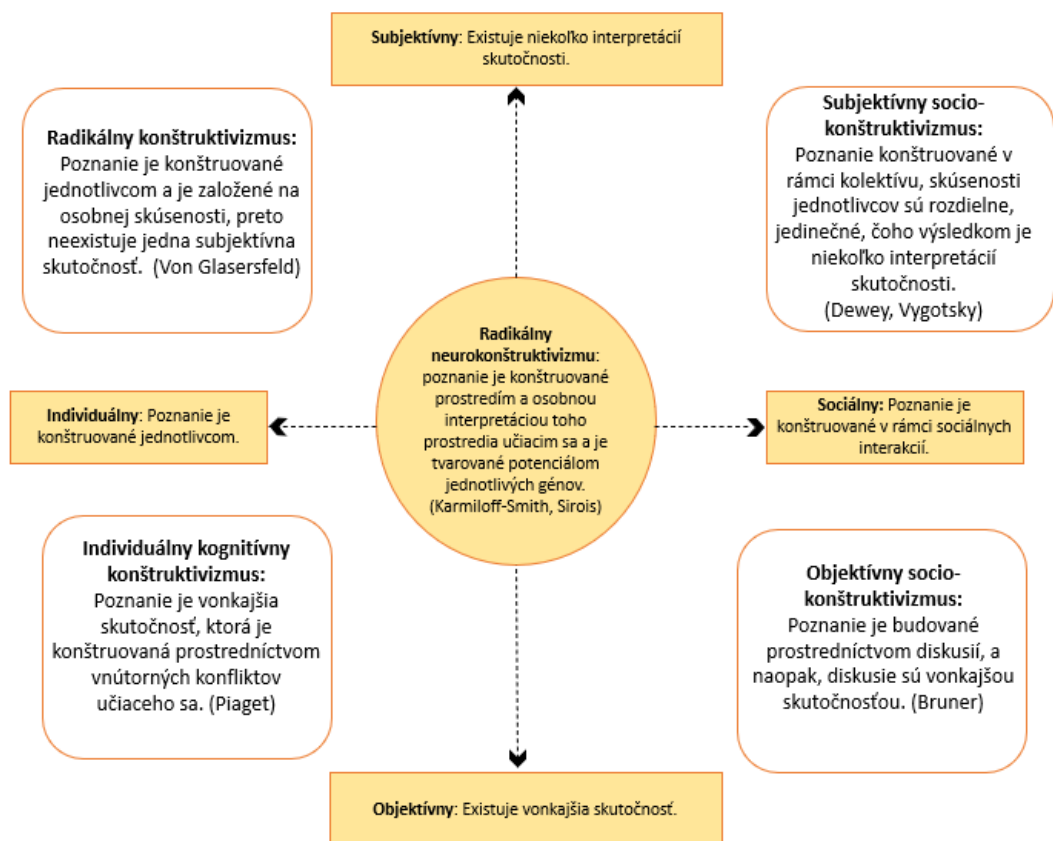
Obrázok 3: Brunerove špirálové učenie sa a Piagetov konštruktivizmus.
(Tokuhamma-Espinosa, 2019, s. 108)

Čím viac úloh daný poznatok zohráva v živote žiaka, tým existuje viac prepojení na tento poznatok, a teda vďaka niekoľkonásobnému opakovaniu si, si žiak tým rýchlejšie túto informáciu vybaví. Toto je v psychológii základom rozvoja schém v mysli človeka. Toto je dôvod, prečo poznatky z fyziky či matematiky, ktoré sa učia ako vzory, resp. štruktúry (alebo symboly, alebo usporiadania, alebo vzťahy, alebo kategórie) budú pre žiakov jednoduchšie na vybavenie si v mysli ako poznatky, ktoré sa žiak učí ako súbor neštruktúrovaných poznatkov či vzťahov, pretože prístup cez vzory, ako jeden z pilierov mysle, by pokrýval širšiu škálu pojmov z rôznych oblastí, nielen fyziky či matematiky ako takej. Učenie v rámci kontextov je efektívnejšie. Nedostatok autentického kontextu z časti ponúka vysvetlenie, prečo tak veľa žiakov pochopí základné pojmy fyziky a ďalších prírodovedných predmetov v rozpore s realitou. Neuroveda sa snaží vysvetľovať pozorovateľné opisy kognitívnych hierarchií a snaží sa dostať k zjednocujúcej teórii. (Tokuhamma-Espinosa, 2019, s. 108-109)

Kritici klasického kognitívneho konštruktivismu upozorňujú, že v období jeho vzniku nebolo zrejmé, ktoré poznatky možno chápať ako elementárnejšie, a ktoré ako komplexnejšie. Taktiež upozorňujú, že tento konštruktivizmus bol v súlade s cieľmi vzdelávania v tej dobe, avšak ciele vzdelávania sa prispôsobili životu v súčasnej spoločnosti. (Demkanin, Kováč, 2019), (Sawyer, 2014)

1.2 Radikálny konstruktivismus

Von Glasersfeld (1995) vytvoril koncept radikálneho konstruktivismu, ktorý rozširuje koncept klasického konstruktivismu o prvok subjektivity. V radikálnom konstruktivizme sú chápanie jednotlivca a jeho činy kruhovo prepojené, teda subjektívna interpretácia skúseností jednotlivca je jedným z aspektov, ktoré ovplyvňujú cyklus učenia. To personalizuje myšlienku konstruktivismu a poukazuje na fakt, že nielen súbor jedinečných individuálnych skúseností má vplyv na učenie, ale aj interpretácie týchto skúseností menia výsledky vzdelávania. Tento individualistický radikálny pohľad na konstruktivismus podporuje myšlienku, že hoci existujú podobné konfigurácie mechanizmov učenia sa a neurónových sietí v mozgu pre podobné skúsenosti u všetkých ľudí, existuje aj veľká dávka individuálnej interpretácie predmetu učenia sa. To znamená, že neurónové dráhy vybiehajúce zo sietí sa budú vždy líšiť, a preto neexistujú dva mozgy, ktoré by mali rovnakú štruktúru neurónov. (Tokuhamma-Espinosa, 2019, s. 111-112)



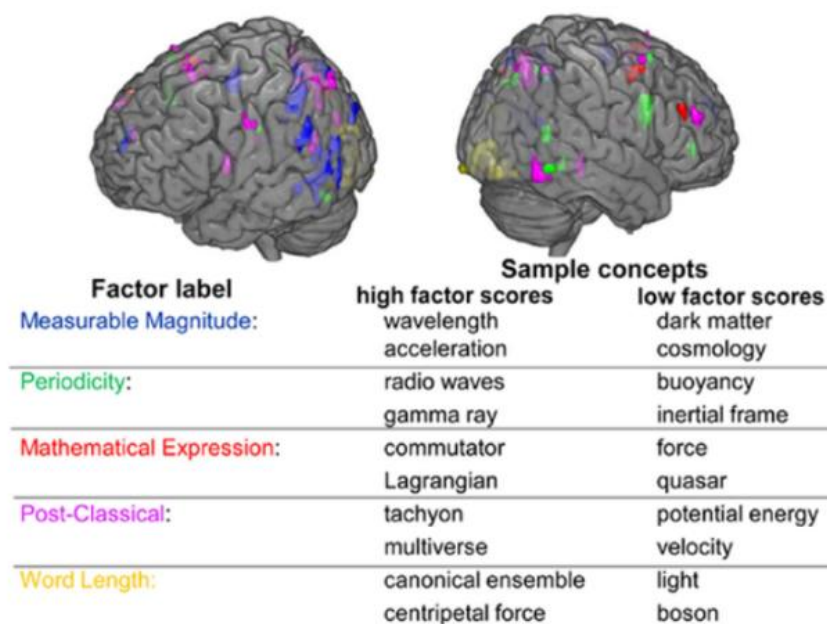
Obrázok 4: Od konstruktivismu k radikálnemu neurokonštruktivismu. (Tokuhamma-Espinosa, 2019, s.111)

1.3 Neurokonštruktivizmus

Relatívne nová oblasť vedy, neurokonštruktivizmus, spája hierarchický model učenia a konštruktivizmus. Neurokonštruktivizmus skúma výstavbu reprezentácií vo vyvíjajúcom sa mozgu na základe rozvoja neurónových štruktúr, ktoré podporujú mentálne reprezentácie, závislé od skúseností. Ide o identifikovateľné siete, ktoré sa vytvárajú alebo sú posilňované prostredníctvom nových skúseností. Podobne, ako všeobecne známy „konštruktivizmus“ vo vzdelávaní (educational constructivism), aj neurokonštruktivizmus uvažuje o tom, ako sú nové poznatky konštruované prostredníctvom neurónových sietí, v ktorých musia byť vytvorené jednoduché skupiny reprezentácií pred zložitejšími, a tiež proces, ktorý je zvyčajne paralelný s typickými vývinovými štádiami. Neurokonštruktivizmus zdôrazňuje vzájomný vzťah medzi vývinom mozgu a kognitívnym vývinom. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 112-113)

Učenie sa neprebíha v izolovaných miestach v mozgu ani na základe jedného typu skúsenosti, ale skôr prostredníctvom série prepojení získaných z rôznych okamihov, ktoré prepájajú oblasti a neurónové siete (networks), čím vytvárajú potenciál pre učenie. Zaujímavý záver vyvedený z tejto novej informácie je, že učiteľ je schopný zlepšiť výsledky učenia sa žiakov, tým, že využíva lepšie porozumenie neurónovým sieťam, a taktiež využitím metód, ktoré ich vhodným spôsobom stimulujú. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 1-3)

Vedci v oblasti kognitívnej neurovedy vedia pomocou MRI identifikovať neurónové reprezentácie známych konceptov a rozložiť ich do zmysluplných neurónových zložiek. Túto metódu využili Manson, Schumacher a Just na určenie neurónových reprezentácií v mozgu týkajúcich sa abstraktných konceptov v kontexte Energie a hmoty. (Manson, Schumacher, Just, 2021, s. 1) Na obrázku 5 sú zobrazené výsledky ich výskumu. Farebne sú vyznačené oblasti mozgu, ktoré sa zapájajú, keď dochádza k učeniu sa jednotlivých pojmov. Zároveň zistili, že pojmy z klasickej fyziky zdieľajú veľmi podobné alebo rovnaké neurónové dráhy s pojmi z témy Energia a hmota. Napríklad pojmy zrýchlenie, vlnová dĺžka, čierna diera a kozmológia sa vyskytujú s rôznymi frekvenciami v oblastiach mozgu vyznačených modrou farbou na obrázku 5. (Manson, Schumacher, Just, 2021, s. 8)



Obrázok 5: Základné neuroscemantické reprezentácie dimenzií 20 fyzikálnych konceptov a ich zodpovedajúcim umiestneniam v mozgu. (Manson, Schumacher, Just, 2021, s. 8)

Efektívnosť funkcií mozgu zoskupuje podobné typy učenia podľa predvídateľnejších ciest, ako sa kedysi myslelo. Zistilo sa, že neurónové spojenia sú silne ovplyvnené ich susedmi, a že „neuróny sa zhľukujú do malých sietí“ v závislosti od toho, čo sa deje v ich blízkosti. Neurónové spojenia sa nevyskytujú náhodne, bez plánu alebo od akéhokoľvek neurónu k akémukoľvek druhému, ale skôr vo všeobecne predvídateľných oblastiach mozgu a s istým zámerom. Hoci neexistujú dva identické mozgy, v dôsledku skúseností má všeobecná štruktúra učenia sa zručností v danej doméne (napríklad jazyk a matematika), ako aj neakademické učenie (napríklad ako chodiť, variť alebo záhradkárčiť), jasné štruktúry. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 112-114)

1.4 Radikálny neurokonštruktivizmus

Neexistujú dva identické mozgy, pretože spojenia medzi synapsiami a výslednými neurónovými dráhami závisia do určitej miery na individuálnych skúsenostiach (a žiadni dvaja jedinci nemajú rovnaké skúsenosti). Na druhú stranu existuje všeobecný návrh toho, ako sa mozog „typicky“ učí rôzne zručnosti prostredníctvom všeobecných sieťových borov. To znamená, že určité oblasti a siete v mozgu majú tendenciu fungovať podobným spôsobom u všetkých ľudí, hoci existujú rozdiely založené na skúsenostiach a dôležitých výnimkách, ako aj rozdiely spôsobené kultúrou a/alebo typickým vývinom. (Tokuhamu -Espinosa, 2019, s. 114)

To naznačuje, že existujú podobné siete, ktoré všetci ľudia používajú na úkony, ako je čítanie alebo matematika, ale dráhy, ktoré ich vytvárajú, sa u jednotlivcov líšia. Neuroplasticita znamená, že nikdy nemôžeme povedať, že dráha „x“ alebo neurónová sieť je zodpovedná za funkciu „y“ u všetkých ľudí, vždy budú existovať výnimky, a to z dôvodu jedinečnosti individuálnych ľudských skúseností, schopností a kultúr. To znamená, že aj keď existujú typické dráhy, ktoré možno zdokumentovať v štúdiách s veľkým počtom účastníkov na určenie „normy“, nie je možné stanoviť vyučovacie metódy, ktoré budú vždy fungovať na všetkých predmetoch. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 115)

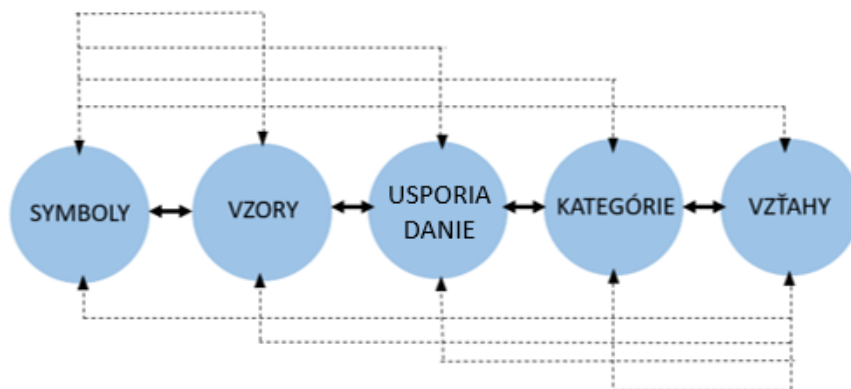
Tak ako radikálny konštruktivizmus vniesol do pôvodného konštruktivistického dizajnu subjektivitu skúsenosti a vnímania, autorka navrhuje, že existuje niečo ako radikálny neurokonštruktivizmus, ktorý je tiež spôsobený vplyvom individuálnej skúsenosti a vnímania. Zároveň sa domnieva, že radikálny neurokonštruktivizmus vysvetľuje, prečo existujú rozdiely v ľudských mozgoch, konkrétne spôsoby, akými sa dráhy medzi ľuďmi líšia, s najväčšou pravdepodobnosťou v dôsledku skúseností jednotlivca. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 115)

2 Priblíženie piatich pilierov mysle

V tejto časti bakalárskej práci sa podrobnejšie venujeme teórii piatich pilierov mysle a jednotlivým pilierom, ktoré samostatne predstavíme.

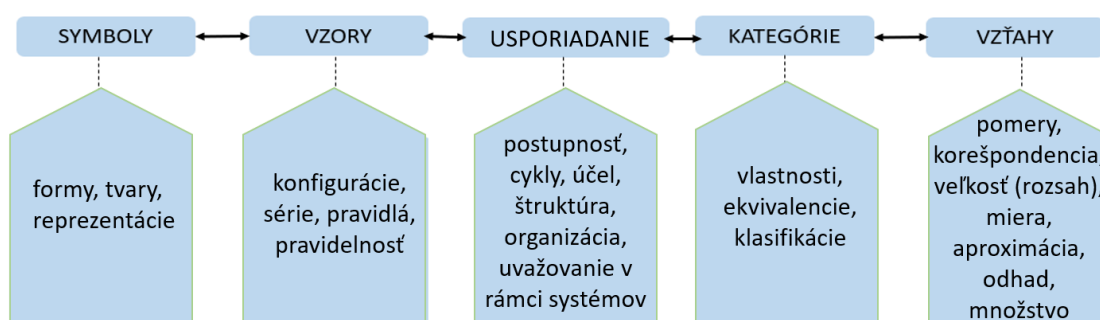
Neurovedy, psychológia mysle a sociálne aspekty vedy o vzdelávaní, všetky spolu ponúkajú zaujímavý pohľad na teórie učenia a dizajnu kurikula. Systematickým výskumom v rámci holistického, bio-psycho-sociálneho prístupu bolo identifikovaných päť pilierov mysle: symboly (symbols), vzory (patterns), usporiadanie (order), kategórie (categories) a vzťahy (relationships). (Demkanin, Novotná, Sukeľová, 2022, s. 1) Tím okolo autorky T. Tokuhama-Espinosa preštudoval okolo tisíc výsledkov štúdií neurovied zaoberajúcich sa procesmi v mozgu pri učení sa matematiky a jazyka. Všetky tieto štúdie boli schopní rozdeliť do vyššie uvedených piatich pilierov. Niektoré koncepty sa dali zaradiť len do jedného z pilierov, zatiaľ čo iné spadali aj pod viaceré súčasne. Autorka toto rozdelenie pomenovala piliere, pretože každý z nich dokáže existovať sám o sebe, avšak spolu tvoria vyššiu štruktúru, v tomto prípade učenie sa. (Tokuhama-Espinosa, 2019, s. 8)

Následne tento tím skúmal ďalších vyše dvetisíc štúdií neurovied týkajúcich sa procesov učenia. Výsledkom bol záver, že všetko, čo sa ľudia učia, je buď symbol a/alebo, vzor, a/alebo usporiadanie, a/alebo kategória, a/alebo vzťah. Týchto päť pilierov nielenže ponúka organizujúci koncept pre už existujúce teórie o učení, ale tiež navrhuje spôsoby riešenia mnohých výziev týkajúcich vzdelávania, ktoré existujú mnoho desaťročí, počnúc riešením problémov pri navrhovaní inštrukcií pre kvalitné učenie sa v rámci zvládacích učebných stratégií (mastery learning) až po zlepšenie diagnostiky porúch učenia. (Tokuhama-Espinosa, 2019, s. 8-9)



Obrázok 6: Vzájomná interakcia pilierov. (Tokuhama-Espinosa, 2019, s.21)

Piliere sú vzájomne závislé a nemusia byť nevyhnutne regulované nejakou hierarchiou. Napríklad kategórie závisia od vzorov, vzory sa naopak opierajú o symboly, usporiadanosť závisí od vzťahov, a pod. Žiadny z pilierov však nemôže postupovať a napredovať jeden po druhom. Piliere nie vždy existujú spolu, avšak keď áno, navzájom sa dopĺňajú. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 20) Autorka ďalej k jednotlivým pilierom navrhuje podpiliere. Pre pilier symboly sú to formy, tvary a reprezentácie. Podpiliere konfigurácie, série, pravidlá a pravidelnosti patria pod pilier vzory. Pod usporiadanie patria postupnosť, cykly, účel, štruktúra, organizácia a uvažovanie v rámci systémov. Pilier kategórie obsahuje podpiliere vlastnosti, ekvivalencie a klasifikácie. Pomery, korešpondencia, veľkosť, miera, aproximácia, odhad, množstvo, a súvislosť sú podpiliere vzťahov.



Obrázok 7: Piliere a „podpiliere“. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s.9)

2.1 Symboly

Symboly sú znaky, ktoré nahrádzajú bežne používané reprezentácie a označujú významy, funkcie, procesy, pocity alebo objekty, vrátane slov. Symboly môžu byť znaky alebo písmená, ale tiež aj emodži alebo ideogramy, všetko, čo niečo reprezentuje, vrátane emblémov, dopravných značiek, lôg spoločností a ďalších viditeľných značení. Symboly tiež môžu byť nehmotné, ako v literárnom symbolizme, zahrňujúc javy alebo jednoduché hovorené slová, ktoré môžu byť použité na úplne odlišné vyjadrenie špecifického kontextu. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s.28)

2.1.1 Formy

Forma je jedným z troch druhov symbolov. Formy sú konfigurácie, ktoré reprezentujú vonkajší vzhľad objektu a môžu byť použité na vytvorenie tvarov. Formy môžu byť použité obrazne alebo doslovne. Dva najštandardnejšie príklady foriem sú jazyk a matematické formy. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 28)

2.1.1.1 *Jazyk*

Jazyky pozostávajú z mnohých foriem, cez písmená, interpunkčné znamienka, až po piktografy. Symboly ako “?” a “!” používame na vyjadrenie otázky a príkazu, úvodzovky (“...”) alebo pomlčky (-...-) na označenie priamej reči. Na grafické označenie pauzy v reči používame čiarku (,) a zátvorky “(...)” na doplnenie alebo upresnenie významu. Tučným písmom (boldom) či šikmým písmom (kurzívou) zvyrazňujeme dôležité informácie. (Tokuhamo-Espinosa, 2019, s. 28-29)

Písmená latinskej abecedy sú jedny z najdôležitejších symbolov používaných v tradičnom vyučovaní západného sveta, pretože všetky oblasti vyučovania predmetov sú sprostredkované pomocou jazyka. Ďalšími bežne používanými formami sú matematické formy. (Tokuhamo-Espinosa, 2019, s. 29-30)

2.1.1.1 *Matematika*

Číslo je aritmetická hodnota, ktorá môže byť vyjadrená číslicou (3), slovom (tri) alebo iným symbolom (**). Čísla môžu byť rozdelené do kategórií viacerými spôsobmi, zahŕňajúc, spomedzi iných, rozdelenie na prirodzené, celé, racionálne, reálne a komplexné čísla. Každé zo spomenutých je vyjadrené rôznym symbolom. (Tokuhamo-Espinosa, 2019, s. 30)

Matematický symbol môže vyjadrovať konkrétnu (špecifickú) myšlienku, či schému alebo udávať proces, či vlastnosť (charakteristiku pre prvky danej množiny). Tieto symboly sa tiež používajú na vysvetlenie vzorcov alebo procesov, ktoré sa používajú pri návodoch k postupom, napríklad počítanie objemu, alebo obsahu. (Tokuhamo-Espinosa, 2019, s. 30-31)

Číselné formy spolu s jazykovými sú najbežnejšími symbolmi používanými v súčasnom vzdelávaní. Mnohé iné systémy symbolov vychádzajú z matematického (systému), napríklad hudobné stupnice. Ďalšie formy symbolov zahŕňajú programátorské jazyky, ktoré sú kombináciou jazyka a matematiky. (Tokuhamo-Espinosa, 2019, s. 32-33)

2.1.2 *Tvary*

Symboly sú tiež obsiahnuté v tvaroch. Dá sa povedať, že existuje nekonečné množstvo tvarov. Základné tvary môžu byť navzájom kombinované, čím vytvoria zložitejšie. Ich význam závisí nie od jednotlivých použitých tvarov, ale od ich spoločnej reprezentácie (ako sa hovorí, „celok je viac než súčet jednotlivých častí“). Načrtnúť dom

je možné, napríklad kombináciou základných tvarov trojuholníka, obdĺžnika a štvorca a tento symbol reprezentuje dom, nie iba trojuholník, štvorec a obdĺžnik. (Tokuhamma-Espinosa, 2019, s. 34)

Všetko z viditeľného sveta pozostáva z tvarov, počnúc jedlom, ktoré ľudia jedia, cez dopravný systém, vďaka ktorému sa premiestňujú, až po dom, v ktorom žijú a veci, ktoré nosia oblečené. Tvary popisujú ľudí, prírodu, zvieratá, formovanie oblakov či mesto. Všetko, čo existuje vo fyzickom svete môže byť interpretované prostredníctvom tvarov. V školstve sú tvary jedny z prvých vecí, ktoré sa malé deti učia, spolu s číslami a farbami. Tvary sa nachádzajú v geometrii, fyzike, matematike, umení, dizajne, architektúre a môžu vyjadrovať koncepty a predstavy. Tvary taktiež môžu byť použité obrazne, ako napríklad „On je ale kockatá hlava“. Tvary predstihujú jazykové formy, pretože sú často intuitívnejšie ako písmená, o ktorých možno povedať, že sú abstraktné. (Tokuhamma-Espinosa, 2019, s. 34)

2.1.3 Reprezentácie

Ďalšou možnou formou symbolov sú reprezentácie, ktorými môžu byť obrázok, či model, vyzdvihujúce podobnosť s inou vecou. Reprezentáciami môžu byť tiež zobrazenia alebo vzory používané na sprostredkovanie zmyslového vnemu. Môžu byť jednoduché, napríklad mužská a ženská silueta použité na značenie toaliet alebo mapy, či glóbus, predstavujúce Zem. Grafy sú obrazové reprezentácie, napríklad populácia sveta môže byť vyjadrená vo forme kruhového či stĺpcového grafu, alebo v iných vypracovaných formách. (Tokuhamma-Espinosa, 2019, s. 35)

Na zápis chemických prvkov, fyzikálnych vzťahov, matematických úloh alebo biologických genetických kódov používame symbolické reprezentácie. Gestá rúk vyjadrujú pocity a hodnoty, ako napríklad pozdrav, podanie rúk alebo „OK“ znak. Symboly vyjadrené ako formy, tvary a reprezentácie majú nezastupiteľné miesto v komunikácii a definujú náš svet, obrazne aj doslovne. (Tokuhamma-Espinosa, 2019, s. 36-39)

2.2 Vzory

Vzory sú modely, opakujúce sa návrhy alebo organizačné postupy, ktoré sa používajú na smerovanie ľudí pri dokončovaní úloh, ako sú pracovné postupy, školské rozvrhy, vzorce dobrého (zlého) správania a iné rutiny. Vzory taktiež vytvárajú očakávania či predpovede, napríklad globálne otepľovanie zmenilo bežné predpovede

počasia. Vzory sa tiež vyskytujú v prírode, v rastlinách, zvieratách, ale aj v neživej prírode, napr. piesok, vrchy, oblaky či oceán. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 46)

Sociálne vzorce ponúkajú vysvetlenie, prečo niektorí ľudia robia nelogické rozhodnutia, ako napríklad čo jesť, kedy ísť spať, koľko cvičiť, ako sa správať ku ženám. Ich rozhodnutia sú založené na desaťročia sa opakujúcom vzorci správania v ich komunite a nie na správnych informáciách či výskumoch. Tvorba a využívanie vzorov (patterning) je synonymum pre modelovanie, kopírovanie, alebo napodobňovanie. Vo slovesnej forme má slovo vzor významy modelovať, napodobňovať, ozdobiť, a dať niečomu bežnú či zrozumiteľnú formu. Štruktúry môžu byť vyjadrené pomocou konfigurácií, sérií, pravidiel, pravidelnosti, alebo očakávaných myšlienkových vzorcov. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 46)

2.2.1 Konfigurácie

Konfigurácie sú vzory, pod ktorými chápeme usporiadania prvkov do špecifických klastrov. Môžu byť vyvinuté prírodou alebo navrhnuté človekom. Prirodzené konfigurácie existujú v makroštruktúrach, akými sú napríklad všeobecne relatívne polohy hviezd alebo priestorové usporiadanie atómov v chemickej väzbe. Konfigurácie sa dajú ľahko odhaliť, a to natoľko, že ich môžu identifikovať aj veľmi malé deti v prírodných objektoch, ako je oblak alebo listy, aj keď nie sú stále identické. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 47-48)

2.2.2 Série

Série sú ďalším typom vzorov, ktoré vytvárajú očakávania. Keď nastane prerušenie zvyčajnej série, vzniká nesúlad. Napríklad, ak počujeme konkrétnu hudobnú stupnicu v sérii a zaznie neočakávaná nota, dochádza k upozorneniu systému pozornosti mozgu. To znamená, že vzory sú dôležité pre učenie, ktoré je založené na sériovom očakávaní – mozog vyhľadáva vzorce a je upozornený na špecifické situácie vymykajúce sa týmto vzorcom. Séria je kľúčom k mnohým matematickým postupom, vrátane matematickej analýzy a štatistickej analýzy. Dá sa povedať, že život má určitý predvídateľný sled udalostí, najmä v dôsledku kultúrnych noriem a veku (oslavy narodenia, plnoletosti, svadba, smrť). Séria je iná ako pravidlo, hoci zdieľajú očakávania vzorov. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 49-50)

2.2.3 Pravidlá

Vyjadrenia pravidiel sú tiež príkladmi vzorov. Gramatické pravidlá a matematické vzorce vyjadrujú kvantitatívne pravidlá. Numerické metódy sú založené na pravidlách,

rovnako ako formáty počítačového programovania, parlamentné postupy a pravidlá, ktorými sa riadi vedecká metodológia. Všetky tieto vzorce postupov sú založené na očakávanom správaní alebo výsledkoch. V škole sa deti učia veľa pravidiel v rámci rôznych predmetov. Existuje napríklad pravidlo, „ako zaokrúhľovať“ desatinné čísla, pravidlá, ako v anglickom jazyku časovať nepravidelné slovesá. Pravidlá spájajú vzory. Zatiaľ čo mnohé pravidlá vytvárajú ľudia, niektoré pravidlá pochádzajú z prírody. (Tokuhamma-Espinosa, 2019, s. 50-51)

2.2.4 Pravidelnosť

Pravidelnosť naznačuje konzistentné opakovanie, akým je napríklad sled udalostí, kedy sa zvyčajne určité akcie vyskytujú po iných akciách, a to opakovaným a predpísaným spôsobom. Niektoré vzorce pravidelnosti sú vyvinuté nevedome, ako napríklad vzorec rannej rutiny jednotlivca. Vygotsky (1998) navrhol, aby sme usporiadali náš svet na základe mentálnych schém, čo sú typy vzorcov, ktoré opisujú spôsob, akým myseľ vytvára očakávania. Veľmi malé deti vymýšľajú a chápu svoj svet na základe svojich skúseností, a potom zovšeobecňujú minulé skúsenosti, aby mohli predvídať budúce udalosti. Rozpoznanie vzoru je možné len vtedy, ak existuje pravidelnosť. (Tokuhamma-Espinosa, 2019, s. 51)

2.3 Usporiadanie

Usporiadanie predstavuje organizáciu alebo rozmiestnenie vecí alebo ľudí, ktorí sú vo vzájomnom vzťahu a to na základe špecifického usporiadania, metódy, smeru alebo štruktúry. Usporiadanie môže naznačovať polohu predmetov v priestore alebo čase a v postupnosti alebo sekvencii vyjadrujúcej formálne zoskupenie. Usporiadanie môže tiež predstavovať buď podstatu niečoho, alebo harmonické podmienky, podľa ktorých sú veci zoradené tak, aby dávali zmysel na základe vhodnosti ich umiestnenia. Ako sloveso slovo usporiadať (to order) môže znamenať usmerňovať, riadiť, zásobovať, vybavovať, regulovať, viesť alebo vhodne metodicky zariaďovať. (Tokuhamma-Espinosa, 2019, s. 60)

2.3.1 Postupnosť

Postupnosť je konkrétne vyjadrenie poradia objektov, udalostí alebo krokov s určitým účelom. Postupnosť je súvislá alebo pospájaná séria, ako napríklad v sonete či v množine prvkov. Postupnosť môže byť založená na nekonečnom počte vlastností, vrátane poradia v čase, umiestnenia alebo veľkosti. Vo vzdelávaní sa často používajú postupnosti na vysvetlenie štruktúry pri navrhovaní učebných osnov. V matematike

je postupnosťou súbor čísel alebo objektov v špeciálnom poradí. Postupnosť je nekonečný rad a väčšina (ale nie všetky) sú súčasťou vzoru. Nie všetky usporiadania majú vzory. Postupnosť vo vede sa zvyčajne riadi predvídateľnými vzormi, ako je napríklad spôsob, akým H_2O mení skupenstvo, keď je pevná látka, kvapalina alebo plyn. Matematické vzorce sú takmer vždy predvídateľné a zachovávajú pevné usporiadanie. Samotné matematické vzorce sú tiež usporiadaním. Vzorec je spôsob symbolického vyjadrenia informácií, ktorý závisí od presného poradia. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 60-61)

2.3.2 Cykly

Cyklos je podobný postupnosti, s tým rozdielom, že sa cyklicky opakuje. Kompletnú sadu v rade možno považovať za cyklus (ako napríklad zvukovú vlnu). Vo fyzike je cyklus prirodzenou postupnosťou stavov, ktoré sa vrátia späť do pôvodného stavu. Uvažovanie o usporiadaní vecí prostredníctvom cyklov je bežnejšie a prirodzenejšie, než by sme si mysleli a je už súčasťou vzdelávania na všetkých úrovniach. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 63-64)

2.3.3 Účel

Ľudia často robia veci preto, aby niečo dosiahli. To znamená, že účel ich konania vedie ku konkrétnemu dôsledku. Usporiadanie vyjadrené ako účel si vyžaduje porozumenie a očakávanie príčiny a následku. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 64)

2.3.4 Štruktúra

Pod usporiadaním je možné tiež chápať štruktúru, napríklad, ako keď niekto zostavuje učebné osnovy alebo zoznam skladieb na koncerte či uprednostňuje projekty, alebo rozhodnutia na základe ich dôležitosti. Štruktúry pomáhajú pri usporiadaní a vysvetľovaní vzťahov medzi prvkami niečoho komplexného. Štruktúry sú usporiadania navrhnuté podľa jasného plánu, ktoré často poskytujú organizujúci koncept. Štruktúry nevyhnutne uplatňujú logiku alebo spoločné znalosti zdieľané používateľmi. Štruktúra ako usporiadanie sa v kontexte vyučovania často používa na zdieľanie spôsobu myslenia alebo spoločného formátu, napríklad pri nastavovaní blokov hodín na rovnaký počet minút. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 64-65)

2.3.5 Organizácia

Organizácia je podobná štruktúre v tom, že obe obsahujú definíciu usporiadania zdieľanú používateľmi, ale líšia sa tým, že štruktúry sú stavmi niečoho, zatiaľ čo

organizácia môže ponúknuť hierarchiu. Organizácia tiež predstavuje usporiadanie krokov k jasnému záveru. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 65)

2.3.6 Uvažovanie v rámci systémov

Usporiadania môžu predstavovať politické, ekonomické alebo iné sociálne systémy. Hierarchie akéhokoľvek druhu predstavujú usporiadania, vrátane inštitucionálnych hierarchií, školských hierarchií, druhových hierarchií, architektonických štýlov a politických divízií. Uvažovanie v rámci systémov je ťažké popísať pojmami kvôli jeho nehmotnej a makro podstate, ale je modelované v celej spoločnosti a vo svete. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 65)

Čoraz viac sa rozrástá literatúra popisujúca usporiadania v mozgu, zahrňujúc vysvetlenia ako prebiehajú rôzne učebné procesy. Časť literatúry o usporiadaniach sa týka schopnosti mozgu predpovedať. Napríklad sa uvádza, že usporiadanie a predvídateľnosť sú také silné, že mozog musí prekonať svoj prirodzený inštinkt predpovedať slovo na základe jeho kontextu. To znamená, že poradie foném a predikcia konkrétneho slova na základe týchto foném môže byť silnejšia ako predpoveď toho, aké slovo by sa malo prirodzene použiť v kontexte vety. To v podstate znamená, že v mozgu musí byť súčasne spracovávaných viacero „usporiadaní“, čo nevyhnutne vytvára hierarchiu spracovania, „usporiadanie usporiadaní“ v mozgu. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 65-66)

2.4 Kategórie

Kategórie sú rozdelenia a klasifikácie vecí, ktoré zdieľajú určité kvality. Kategórie sa vytvárajú na základe kvalít a ekvivalencií predmetov, ľudí, miest, časov, žánrov, formátov, štýlov, typov, konceptov alebo schém, ktoré sú určené vlastnosťami alebo vzhľadom, vyjadrujúce podobnosť vecí. Väčšina vecí na svete sa dá zoskupiť do viacerých kategórií. Veci, ktoré sú zaradené do rovnakej kategórie, zdieľajú aspoň jednu spoločnú charakteristiku. V slovesnom tvare kategorizovať znamená zaradiť veci alebo ľudí do skupín a rozdeliť ich, alebo klasifikovať na základe podobnosti ich vlastností. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 72)

2.4.1 Vlastnosti

Všetky veci na svete, živé alebo neživé, možno kategorizovať na základe ich vlastností a to zvyčajne viacerými spôsobmi. Individuálne mentálne schémy sú subjektívne spôsoby, ktorými myseľ každého človeka kategorizuje zážitky, čo znamená, že nie každý bude zoskupovať rovnaké predmety rovnakým spôsobom. Na kategorizáciu

množín a podmnožín možno použiť matematické vlastnosti. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 73)

Samotné vzdelávanie možno rozdeliť do kategórií. Jednou z prvých zručností, ktoré učíme malé deti v predškolskom veku, je identifikovať, ako sú si veci podobné a ako sa navzájom líšia. Keď sú deti o niečo staršie, môžeme ich povzbudiť, aby používali vizuálne diagramy podobností a rozdielov, ktoré im pomôžu „uvidieť“, ako môžu byť veci podobné a rozdielne zároveň. Vénnové diagramy úhladne zobrazujú parametre podobnosti a rozdielov, a kedy prienik množín predstavuje zdieľanie vlastností alebo kvalít. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 74)

2.4.2 Ekvivalencie

Ekvivalencie predstavujú paritu a (takmer) rovnosť, ktoré sú vzájomne zameniteľné (v hodnote, sile, význame, váhe, atď.). Ak sú dve veci ekvivalentné, sú paralelné, zhodujú sa, vykazujú vysoký stupeň podobnosti alebo sa môžu používať synonymne. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 75)

2.4.3 Klasifikácie

Kategórie vyžadujú klasifikácie. Klasifikácia je zoskupenie založené na spoločných vlastnostiach, ktoré sa vo vede často používajú na triedenie tvorov v živočíšnej ríši, rastlinných druhov a mikroorganizmov do taxonómií. Klasifikácia môže zahŕňať aj poradie, nielen organizáciu obsahu. Klasifikácia podlieha výberu hodnoty a rôznym kritériám. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 75)

2.5 Vzťahy

Vzťah je spôsob, akým sú dva alebo viac predmetov, ľudí alebo konceptov prepojené, ako spolu súvisia, alebo je to tiež stav, ktorým sú dve alebo viac vecí prepojené. Vzťahy môžu zahŕňať aj závislosti, podobnosti a afinity medzi pojmami alebo ľuďmi, ktoré môžu byť často vzájomne závislé. Keď existujú vzťahy medzi entitami, často vysvetľujú hierarchické asociácie alebo pracovné usporiadanie. Vzťahy môžu byť prirodzené alebo vymyslené. Sloveso súvisieť znamená vytvoriť, ukázať alebo spojiť dve, alebo viac vecí, alebo byť v príčinnej súvislosti. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 86)

2.5.1 Pomery

Pomer je podiel alebo časť popísaná vzťahom k celku. Proporcie sa dajú použiť v matematických úlohách, na vytvorenie umeleckého diela a pri spoločenskom delení

a zdieľaní. Disproporcie sa dajú použiť ako ironický umelecký výraz (karikatúra). Takéto strety s ustálenými mentálnymi schémami nútia náš mozog venovať pozornosť absurdným návrhom, ktoré vznikajú cieleným skresľovaním správnych proporcií. Zlatý pomer vysvetľuje vyváženosť proporcií a pravdepodobne to, čo sa považuje za krásne alebo esteticky príjemné. Je obzvlášť zaujímavé, že zlatý pomer je, ako väčšina myšlienok v rámci pilierov, založený na prírode. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 76-77)

2.5.2 Korešpondencia

Korešpondencia identifikuje podobnosti, ekvivalencie a súvislosti medzi pojmami. Mnohé fyzikálne vzorce tiež ukazujú korešpondenciu. Ide o účelové spojenia, ktoré ukazujú vzťahy medzi dvoma vecami. Príčina a následok sú kľúčovými príkladmi korešpondencie. Analógie sú porovnania dvoch vecí, ktoré sa používajú na objasnenie alebo vysvetlenie ich vzťahov. Použitie analógií je jedným z najlepších spôsobov výučby, keď študent má malé alebo žiadne predchádzajúce znalosti súvisiace s vyučovaným pojmom. Analógie umožňujú použiť niečo, čo je známe, na vysvetlenie niečoho neznámeho a môžu mať mnoho podôb. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 89-90)

2.5.3 Veľkosť, rozsah

Veľkosť je rozmer alebo rozsah niečoho. Veľkosť vysvetľuje vzťah k priestorovým kvalitám, k hmotnosti, výške, kvalite alebo všeobecnému číselnému prirovnaniu jednej veci k celku. Veľkosť je najviac viditeľná v matematike a používa sa hlavne na zobrazenie relatívnej veľkosti vecí. Napríklad „zdanlivá hviezdna veľkosť“ (visual magnitude) je jasnosť hviezdy tak, ako ju vidíme zo Zeme. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 91-92)

2.5.4 Miera

Miera sa používa na určenie veľkosti, stupňa, množstva alebo kvantity niečoho pomocou nástroja so stupnicou. Meranie je zvyčajne veľmi presné, ale môže sa líšiť v závislosti od použitého nástroja. Miera je rozmer, množstvo alebo kapacita objektu, alebo konceptu, skutočného alebo vymysleného. Meranie zvyčajne naznačuje vnímateľnú stupnicu, napríklad ako sa niečo porovnáva s iným alebo so samotným meracím nástrojom. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 92-93)

2.5.5 Aproximácia

Aproximácie a odhady sú tiež súčasťou vzťahov a vyjadrujú množstvo alebo hodnotu, ktorá nie je úplne správna alebo skutočná, ale je jej blízka. Aproximácia je stav vyjadrujúci blízkosť určitej premennej k jej skutočnej hodnote. Aproximácie možno

použiť v matematike na rýchly výpočet veľkých čísel zaokrúhlením nahor alebo nadol. (Tokuhamo-Espinosa, 2019, s. 92)

2.5.6 Odhad

Odhady sú založené na menej presných údajoch ako sú aproximácie. Odhady sa líšia od aproximácií v tom, že aproximácie sú často založené na výpočtoch niečoho, zatiaľ čo odhady sú hrubé výpočty založené skôr na skúsenostiach než na postupe. Odhady sú dobré tipy, zatiaľ čo aproximácie sú bližšie k skutočnosti. (Tokuhamo-Espinosa, 2019, s. 94)

2.5.7 Množstvo

Množstvo vyjadruje počet, alebo veľkosť danej množiny. Množstvo je celková suma alebo hodnota používaná na identifikáciu veľkosti objektu a vždy sa určuje vzhľadom na nejakú škálu. Množstvo možno merať ako početnosť alebo ako veľkosť. Množstvo sa často porovnáva s kvalitou a je jej protiklad. Množstvo je predmetom matematických operácií, porovnáva rozsahy a je situačne závislé. V matematike a fyzike je kvantita zložka, ktorá sa vyjadruje číslami. Množstvo možno merať z hľadiska priestoru a času. Priestorové a časové vzťahy predstavujú väčšinu základov pre oblasť fyziku. (Tokuhamo-Espinosa, 2019, s. 94-95)

2.5.8 Kontext

Vzťahy môžu byť vyjadrené z hľadiska kontextu alebo okolností udalosti, alebo miesta. Kontext je formovaný sociálnymi a emocionálnymi konštruktmi a ovplyvňuje všetky ľudské interakcie. V procese vyučovania a učenia je dôležitý kontext. (Tokuhamo-Espinosa, 2019, s. 95)

3 Aplikácia východísk na dizajn zavádzania pojmov súvisiacich s naklonenou rovinou

Naklonená rovina je súčasťou vyučovania fyziky pravdepodobne v každom vzdelávacom systéme. Naklonenú rovinu často radíme medzi jednoduché stroje, ktorých úlohou je zmenšiť veľkosť sily nevyhnutnej na vykonanie nejakej práce. Takýmto spôsobom sa pristupuje k naklonenej rovine najmä v nižších ročníkoch sekundárneho vzdelávania. Na Slovensku je pomerne dobre rozpracovaná teória kľúčových téz prírodovedného vzdelávania (Big Ideas) vypracovaná tímom okolo W. Harlenovej (Harlen, 2015). V rámci prác na novom kurikule vzdelávania na Slovensku sú tieto kľúčové tézy brané ako jedno z východísk zmien v kurikule základného vzdelávania. Záležitosti týkajúce sa naklonenej roviny, podľa nášho názoru, patria najmä do tézy sily. Budeme sa zaoberať aj možnosťami využitia tejto témy aj v téze interakcie a energia. (ŠPÚ, 2021, s. 61)

3.1 Cieľová úroveň vedomostí a zručností žiaka z témy naklonená rovina

Na základe cieľových požiadaviek na vedomosti a zručnosti maturantov z fyziky sme si zadefinovali úroveň vedomostí a zručností, ktoré chceme v rámci témy naklonená rovina u žiaka osemročného gymnázia dosiahnuť. Tieto požiadavky sú súborom minimálnych výstupných kompetencií, ktoré má žiak, maturant, preukázať a priamo nadväzujú na platný Štátny vzdelávací program (ŠVP). Nároky na maturantov sú rozšírené o vybrané pojmy, témy a zručnosti. (ŠPÚ, 2019, s. 2)

Výsledná úroveň vedomostí a zručností maturanta z fyziky na osemročnom gymnáziu z nami vybranej témy – naklonená rovina (mechanika) pozostáva z:

1. „Obsahového štandardu:

- sila ako vektorová veličina;
- rozklad sily na zložky s danými smermi;
- naklonená rovina, využitie v praxi;
- statické a dynamické trenie;
- pohyb telies pri pôsobení konštantnej výslednej sily, druhý Newtonov pohybový zákon;
- tretí Newtonov pohybový zákon;
- voľný pád, pád telesa v reálnych podmienkach;

- mechanická práca silou vykonaná a silou spotrebovaná;
- kinetická energia telesa;
- potenciálna energia telesa;
- premeny mechanickej energie, zákon zachovania energie;
- tuhé teleso;
- ťažisko telesa;
- energia rotačného pohybu telesa.“

(ŠPÚ, 2013, s. 16-17)

2. „Výkonového štandardu:

Žiak vie:

- Vyjadriť:
 - vzťahom okamžitú rýchlosť a okamžité zrýchlenie telesa pre rôzne typy pohybov;
 - vzťahom dráhu, rýchlosť, čas a zrýchlenie rovnomerného a rovnomerne zrýchleného pohybu;
 - graficky i slovne závislosť dráhy, rýchlosti a zrýchlenia od času pri rovnomernom a rovnomerne zrýchlenom pohybe.
- Charakterizovať voľný pád.
- Poznať hodnotu tiažového zrýchlenia a jeho zmeny so zemepisnou šírkou.
- Definovať a vyjadriť vzťahom fyzikálne veličiny opisujúce rovnomerný pohyb po kružnici.
- Ilustrovať na príkladoch silu a jej účinky (kde treba, zdôrazniť vektorový charakter sily).
- Určovať pre rôzne prípady sily pôsobiace na dané teleso a zakresliť ich do obrázka, v prípade potreby určiť ich výslednicu.
- Vyjadriť znenie Newtonových pohybových zákonov.
- Vysvetliť fyzikálny význam Newtonových pohybových zákonov.
- Definovať veličinu hybnosť slovne a vzťahom.
- Vysloviť zákon zachovania hybnosti.
- Rozlíšiť, opísať a vysvetliť rôzne druhy trenia. Vyjadriť závislosť veľkosti trecej sily od iných veličín.

- Vyjadriť a vysvetliť vzťah pre potenciálnu energiu telesa v homogénnom gravitačnom poli Zeme.
- Vyjadriť a vysvetliť vzťah pre kinetickú energiu posuvného pohybu telesa.
- Určiť celkovú mechanickú energiu izolovanej sústavy.
- Vysvetliť zákon zachovania mechanickej energie.
- Definovať pojmy – pôsobisko sily, vektorová priamka sily.
- Definovať rameno sily. Aplikovať definíciu v rôznych situáciách.
- Vysvetliť otáčavé účinky sily pôsobiacej na tuhé teleso v závislosti od veľkosti pôsobiacej sily a od vzdialenosti vektorovej priamky sily od osi otáčania. Aplikovať závislosti v rôznych situáciách.
- Definovať veličinu moment sily vzhľadom na os otáčania kolmú na smer sily ako veličinu vyjadrujúcu otáčavý účinok sily na teleso.
- Vysvetliť momentovú vetu.
- Definovať pojem ťažisko a určiť polohu ťažiska telesa.
- Vysvetliť závislosť kinetickej energie rotujúceho telesa od iných fyzikálnych veličín.
- Charakterizovať kvalitatívne veličinu moment zotrvačnosti tuhého telesa vzhľadom na os otáčania.

Žiak je schopný:

- Riešiť úlohy na rovnomerný a rovnomerne zrýchlený posuvný pohyb telesa.
- Určiť z grafu závislosti rýchlosti ako funkcie času (len pre priamočiare úseky) graf dráhy v závislosti od času.
- Riešiť úlohy na voľný pád telesa.
- Riešiť úlohy na rovnomerný pohyb po kružnici (zistiť periódu, frekvenciu, uhlovú a obvodovú rýchlosť).
- Merať dráhu prejdenú telesom, čas pohybu.
- Z nameraných hodnôt určiť veľkosť rýchlosti a zrýchlenia telesa.
- Riešiť úlohy na skladanie síl a na ich rozklad do dvoch navzájom rôznych smerov.
- Používať Newtonove pohybové zákony pri riešení úloh.
- Vypočítať veľkosť statickej a dynamickej trecej sily pri šmykovom trení.

- Riešiť úlohy pre teleso pohybujúce sa po naklonenej rovine bez trenia aj s trením.
- Vypočítať prácu vykonanú konštantnou silou (pre silu pôsobiacu v smere pohybu, pre silu nepôsobiacu v smere pohybu).
- Dokázať výpočtom, že pri voľnom páde telesa v izolovanej sústave platí zákon zachovania mechanickej energie.
- Riešiť jednoduché úlohy (pohyby v gravitačnom poli Zeme) s využitím zákona zachovania mechanickej energie.
- Určiť prácu vykonanú konštantnou silou pri premiestňovaní telesa.
- Určiť kvantitatívnu zmenu mechanickej energie v konkrétnom experimente.
- Experimentálne overiť vzájomnú premenu mechanických foriem energie.
- Rozhodnúť, či je pohyb tuhého telesa posuvný alebo otáčavý.
- Využiť vzťahy pre moment sily a momentovú vetu pri riešení úloh z bežného života a techniky.
- Zdôvodniť polohu pôsobiska výslednice dvoch rovnobežných síl. Aplikovať pri zdôvodnení momentovú vetu.
- Porovnať kinetickú energiu telesa pohybujúceho sa posuvným pohybom a kinetickú energiu rotujúceho telesa.
- Aplikovať vzťahy pre moment zotrvačnosti tuhého telesa vzhľadom na os otáčania a kinetickú energiu rotujúceho telesa pri riešení úloh.“
(ŠPÚ, 2019, s. 6-10)

Na modelovanie komplexnej úlohovej situácie, ktorú môžeme použiť pri overovaní dosiahnutia väčšiny vyššie uvedených cieľov v kontexte naklonenej roviny, v nasledujúcej kapitole uvádzame dva typické príklady.

4 Vybrané fyzikálne úlohy na tému naklonená rovina

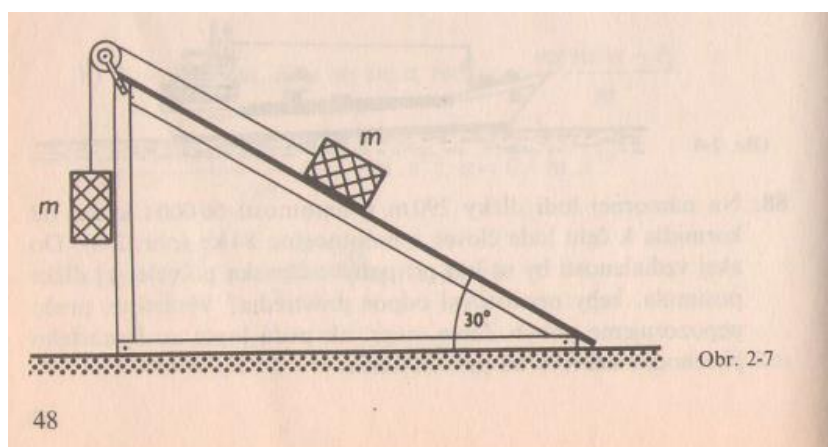
V tejto časti bakalárskej práce uvidíme dve úlohy s naklonenou rovinou, ktoré považujeme za štandardné pre žiakov pripravujúcich sa na maturitu. V predchádzajúcej časti sme uviedli požadovanú úroveň vedomostí a zručností maturanta z fyziky. Zámerne sme vybrali dve úlohy, ktoré sú riešené rôznymi spôsobmi. Pri riešení jednej z úloh použijeme druhý Newtonov pohybový zákon a pri druhej úlohe sa použije zákon zachovania mechanickej energie. K obom úlohám uvidíme potrebný rozvoj myslenia učiaceho sa so zámerom správneho riešenia daných úloh. Následne v rámci týchto úloh identifikujeme piliere mysle.

Kladka na naklonenej rovine

Fyzikálna úloha s Atwoodovým pádstrojom predstavuje štandardnú úlohu pre žiakov pripravujúcich sa na maturitu z fyziky. Je možné nájsť ju aj v učebniciach pre 5. ročník osemročných gymnázií. (Koubek, Lapítková, Demkanin, 2009, s. 74-75) Nasledujúca úloha predstavuje rozšírenie úloh súvisiacich s Atwoodovým pádstrojom (Atwood machine), v ktorom obe závažia zavesené na kladke visia voľne nadol.

Zadanie: Kladka s veľmi malou hmotnosťou je pripevnená na vrchole naklonenej roviny, ktorá zvierá s vodorovným smerom uhol 30° . Cez kladku prechádza vlákno, na ktorého koncoch sú pripevnené dve telesá, každé s hmotnosťou $0,5\text{ kg}$.

- Určte veľkosť zrýchlenia sústavy a veľkosť ťažnej sily vo vlákne, ak trenie a ďalšie odpory proti pohybu zanedbávame.
- Aké budú výsledky úlohy v prípade, ak proti pohybu telesa po naklonenej rovine bude pôsobiť celková odporová sila s veľkosťou $0,5\text{ N}$?



Obrázok 8: Úloha - naklonená rovina s kladkou. (Tomanová, 1995, s. 48)

Riešenie:

$$m_1 = m_2 = m = 0,5 \text{ kg}, \alpha = 30^\circ, F_0 = 0,5 \text{ N}, g = 10 \text{ m.s}^{-2}, a = ?, F = ?$$

a) Pre prvé teleso platí $mg - F = ma$, pre druhé teleso platí $mg \sin \alpha - F = -ma$;

$$mg - F - mg \sin \alpha + F = 2ma, \text{ teda}$$

$$a = \frac{mg(1 - \sin \alpha)}{2m} = \frac{g(1 - \sin \alpha)}{2},$$

$$a = \frac{10(1 - \sin 30^\circ)}{2} \text{ m.s}^{-2}, a = 2,5 \text{ m.s}^{-2}$$

$$mg - F + mg \sin \alpha - F = 0, \text{ teda } F = \frac{mg(1 + \sin \alpha)}{2}$$

$$F = \frac{0,5 \cdot 10(1 + \sin 30^\circ)}{2} \text{ N}, F = 3,75 \text{ N}$$

b) Pre prvé teleso platí $mg - F = ma$, pre druhé teleso platí $mg \sin \alpha + F_0 - F =$

$$-ma \quad mg - F' - mg \sin \alpha - F_0 + F = 2ma, \text{ teda } a = \frac{g(1 - \sin \alpha)}{2} - \frac{F_0}{2m}$$

$$a = 2 \text{ m.s}^{-2}$$

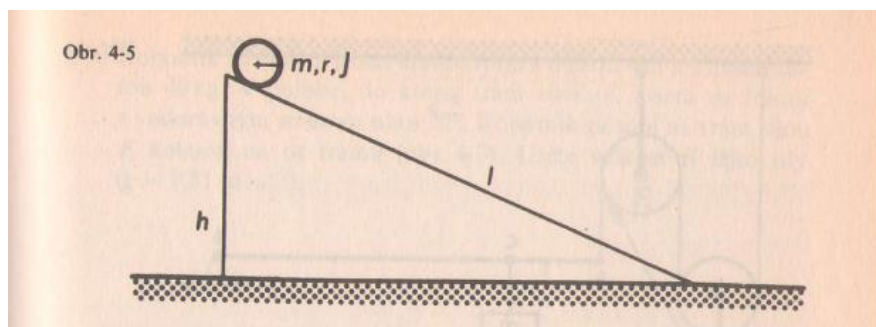
$$mg - F + mg \sin \alpha + F_0 - F = 0, \text{ teda } F = \frac{mg(1 + \sin \alpha) + F_0}{2}, F = 4 \text{ N}$$

Ak trenie a odporové sily zanedbáme, je veľkosť zrýchlenia sústavy $2,5 \text{ m.s}^{-2}$ a veľkosť ťažnej sily $3,75 \text{ N}$. V prípade, že trenie aj odporové sily berieme do úvahy, veľkosť zrýchlenia je $2,0 \text{ m.s}^{-2}$ a veľkosť ťažnej sily je $4,0 \text{ N}$. (Tomanová, 1995, s. 48)

Valivý pohyb po naklonenej rovine

Nasledujúca fyzikálna úloha predstavuje ukážku ďalšej klasickej úlohy pre žiakov pripravujúcich sa na maturitu z fyziky. Úloha sa od predchádzajúcej líši druhom pohybu, pri riešení berieme do úvahy vlastnosti tuhého telesa, teda na rozdiel od predchádzajúcej úlohy uvažujeme tiež aj moment zotrvačnosti. Úloha je riešená využitím zákona zachovania mechanickej energie, zatiaľ čo prvá úloha bola riešená pomocou druhého Newtonovho pohybového zákona.

Zadanie: Po naklonenej rovine s dĺžkou $5,0 \text{ m}$ sa valí z pokoja bez klzania a) valec, b) guľa, tak, že ich ťažisko zníži svoju polohu o $1,0 \text{ m}$. Určte rýchlosti, s ktorou sa tieto telesá pohybujú na konci daného úseku.



Obrázok 9: Fyzikálna úloha - rotačný pohyb na naklonenej rovine. (Lepil, 2008, s. 30)

Riešenie:

$$l = 5,0 \text{ m}, h = 1,0 \text{ m}, J_1 = \frac{1}{2}mr^2, J_2 = \frac{2}{5}mr^2, g = 10 \text{ m.s}^{-2}, v_1 = ?, v_2 = ?$$

Pri riešení použijeme zákon zachovania mechanickej energie. V hornej polohe má teleso potenciálnu tiažovú energiu $E_p = mgh$. Na konci daného úseku $E_p = 0$, ale kinetická energia telesa je $E_k = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}J\omega^2 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}J\frac{v^2}{r^2}$. Odtiaľ dostávame vzťah pre veľkosť rýchlosti: $v = \sqrt{\frac{2gh}{1 + \frac{J}{mr^2}}}$.

$$\text{a) } v_1 = \sqrt{\frac{4}{3}gh}, v_1 \cong 3,65 \text{ m.s}^{-1}$$

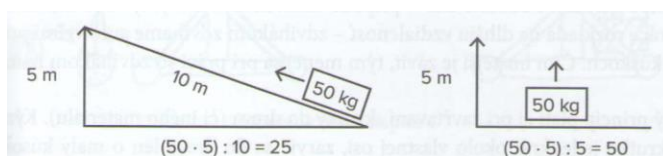
$$\text{b) } v_2 = \sqrt{\frac{10}{7}gh}, v_2 \cong 3,78 \text{ m.s}^{-1}$$

Na konci daného úseku sa valec pohybuje rýchlosťou veľkosti približne $3,65 \text{ m.s}^{-1}$, guľa rýchlosťou približne $3,78 \text{ m.s}^{-1}$. (Lepil, 2008, s. 30)

4.1 Rozvoj myslenia učiaceho sa v kontexte naklonená rovina na vyučovaní fyziky v závislosti od veku učiaceho sa

V tejto podkapitole uvádzame rozvoj myslenia učiaceho sa v kontexte naklonená rovina na vyučovaní fyziky v závislosti od veku učiaceho sa s cieľom zvládnutia vyššie uvedenej fyzikálnej úlohy s naklonenou rovinou. Následne to doplníme tak, aby bol zahrnutý aj rozvoj myslenia učiaceho sa v kontexte naklonená rovina potrebný na riešenie úlohy s naklonenou rovinou, na ktorej je umiestnené teleso, ktoré sa pohybuje valivým pohybom. Teda je potrebné doplniť pojmy súvisiace s valivým pohybom, napr. ťažisko, valivé trenie, a pod.

Prvýkrát sa žiak s pojmom naklonená rovina stretáva už v rámci primárneho vzdelávania. Naklonená rovina je predstavená ako jednoduchý stroj, spolu s pákou, kladkou, klinom a skrutkou. „Ak ťaháme 50 kg napríklad do výšky 5 m po naklonenej rovine dlhej 10 metrov, pôsobíme polovičnou silou v porovnaní s tou, ktorú by sme potrebovali na vytiahnutie tohto bremena priamo hore. Menšia sila však pôsobí po dlhšej dráhe.“ (Žoldošová, 2018, s. 115) Žiak sa v rámci vzdelávania vo veku 9 až 10 rokov prvýkrát stretne s pojmom naklonená rovina, avšak s naklonenou rovinou ako objektom sa žiak stretne už skôr. Vo veku 9 až 10 rokov v rámci prírodovedného vzdelávania si žiak osvojí pomenovanie tohto objektu, teda slovné spojenie „naklonená rovina“ je symbolom reálneho objektu.



Obrázok 10: Naklonená rovina v primárnom vzdelávaní. (Žoldošová, 2018, s. 115)

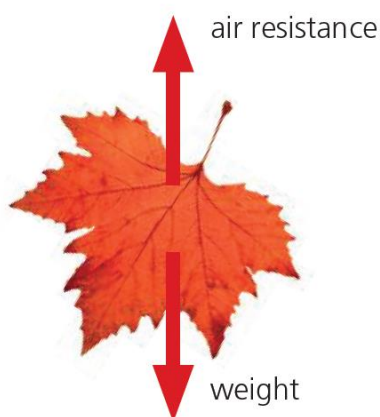
K riešeniu úloh s naklonenou rovinou je potrebné správne analyzovať vzájomné silové pôsobenia telies a následne určiť výslednicu síl pôsobiacich na daný objekt. S týmto sa žiak vo veku 11 rokov oboznámi v učebnici Complete Physics for Cambridge Secondary 1 (Reynolds, 2013), kde sa prvýkrát v rámci fyzikálneho vyučovania stretne s pojmami sila, interakcia dvoch telies či silové pôsobenie. Žiak je následne schopný graficky znázorniť silové pôsobenia na dané teleso, a správne toto zobrazenie interpretovať. Na obrázku 9 je znázornené silové pôsobenie rakety na loptičku, ide o grafickú reprezentáciu silového pôsobenia, teda o symbol.



Obrázok 11: Grafické znázornenie sily pôsobiacej na loptičku. (Reynolds, 2013, s.8)

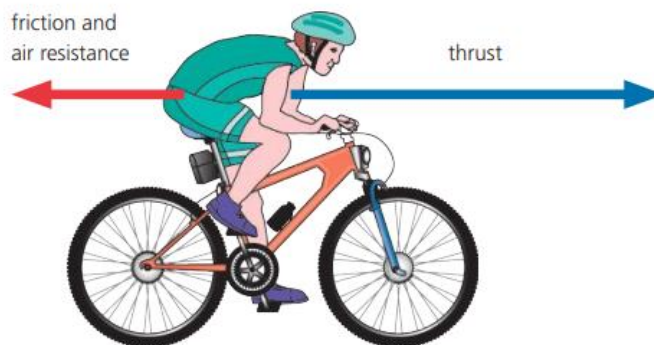
Žiak sa v tejto učebnici vo veku 11 rokov tiež v krátkosti oboznámi s rôznymi silovými pôsobeniami, napríklad trecia sila, gravitačná sila, magnetická sila a pod. Pre riešenie úloh s naklonenou rovinou uvedených v tejto bakalárskej práci sú dôležité najmä prvé dve spomenuté. Každá z uvedených druhov silových interakcií predstavuje súbor poznatkov s ňou súvisiacich, žiak si môže na základe druhu sily vytvoriť kategorizáciu poznatkov s ňou súvisiacich. Podobne rozdelenie silových pôsobení podľa určitých vlastností je realizáciou piliera kategórie.

Na obrázku 10 sú znázornené sily pôsobiace na voľne padajúci list. Na list pôsobí gravitačná sila smerom kolmo nadol a odpor vzduchu smerom kolmo nahor. V učebnici autorka uvádza, že sily pôsobiace na padajúci list sa vykompenzujú, a teda objekt sa správa akoby naň nepôsobili žiadne sily. Následne uvádza, že ak sú sily pôsobiace na teleso vykompenzované, potom sa jeho pohybový stav nemení, a teda, ak sa teleso nepohybovalo, ostáva v pokoji, a ak sa teleso predtým pohybovalo, bude sa pohybovať rovnomerne s konštantnou rýchlosťou. (Reynolds, 2013, s. 10)



Obrázok 12: Grafické znázornenie síl pôsobiacich na padajúci list. (Reynolds, 2013, s. 10)

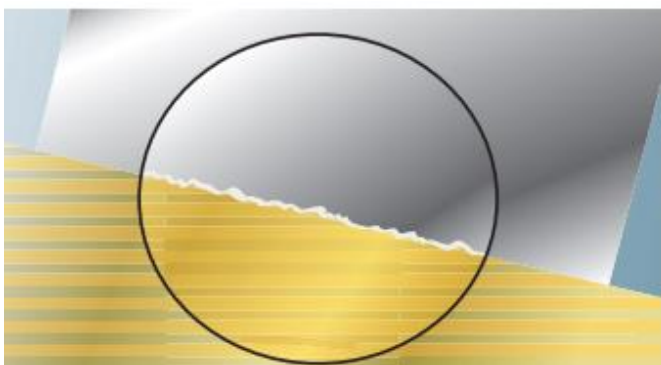
Následne v učebnici pokračuje riešenie situácie, keď sily pôsobiace na teleso nie sú rovnako veľké a opačného smeru, teda nevykompenzujú sa. „Pohybový stav telesa sa zmení, pretože sily pôsobiace na teleso sa nevykompenzujú a teda, ak sa teleso predtým nehýbalo, tak sa začne pohybovať, a ak sa predtým pohybovalo, tak buď bude zrýchľovať, alebo spomaľovať, alebo zmení smer pohybu.“ (Reynolds, 2013, s. 10)



Obrázok 13: Príklad síl pôsobiacich na cyklistu, ktoré sú rôznej veľkosti a pôsobia opačnými smermi. (Reynolds, 2013, s. 10)

Určenie výslednej sily pôsobiacej na teleso predstavuje pilier vzťahy, pretože žiak sa oboznámi s tým, v akom vzťahu je výsledná sila k silám pôsobiacim na daný objekt, a zároveň v akom vzťahu sú dané sily pôsobiace na teleso (akú majú veľkosť a smer). Všimnime si tiež postup určenia výslednej sily: začiatkový bod vektora druhej sily priložíme do koncového bodu vektora prvej sily a výslednú silu určíme začiatkovým bodom prvého vektora a koncovým bodom druhého vektora. Vidíme, že určenie výslednej sily pôsobiacej na teleso tiež rozvíja pilier vzory.

Úlohy s naklonenou rovinou často požadujú dané zadanie vyriešiť pre dva prípady: keď zanedbávame trenie, a keď ho berieme do úvahy. Žiak sa po nepriamo vyslovenom zákone zotrvačnosti, resp. prvom Newtonovom pohybovom zákone, bližšie oboznámi s trením a trecou silou, a teda, že trecia sila je sila, ktorá spomaľuje pohybujúci sa objekt, čiže pôsobí proti smeru pohybu. Na príklade detskej šmýkačky je vysvetlené, že trecia sila pôsobí proti pohybu dieťaťa, aj keď povrch šmýkačky je veľmi hladký. Lyžiar zobrazený na obrázku 12 symbolizuje prípad, kedy je potrebné minimalizovať trenie, napríklad namazaním lyží. V oboch príkladoch uvedených pri trení ide o naklonenú rovinu, žiak nadobudne poznatok, že na naklonenej rovine pôsobí odporová sila - trecia sila. (Reynolds, 2013, s. 12) Neskôr sa žiak oboznámi aj s pohybom po kružnici a dostredivou silou, ako výslednou silou pôsobiacou na teleso pohybujúce sa po kruhovej dráhe, a aj v kontexte pohybu planét a mesiacov vo vesmíre. (Reynolds, 2013, s. 26-27) Pojmy trenie, trecia sila, pohyb po kružnici aj dostredivá sila sú v tomto veku u žiakov rozvíjané na úrovni symbolov, teda žiak sa pravdepodobne prvýkrát oboznámi s týmito pojmami a priradí si k nim situácie a objekty z jeho života a jeho vlastnej skúsenosti.



Obrázok 14: Ilustrovanie nerovností hladkého povrchu. (Reynolds, 2013, s. 12)



Obrázok 15: Lyžiar na svahu ako príklad požadovaného zmenšenia tretej sily. (Reynolds, 2013, s. 12)

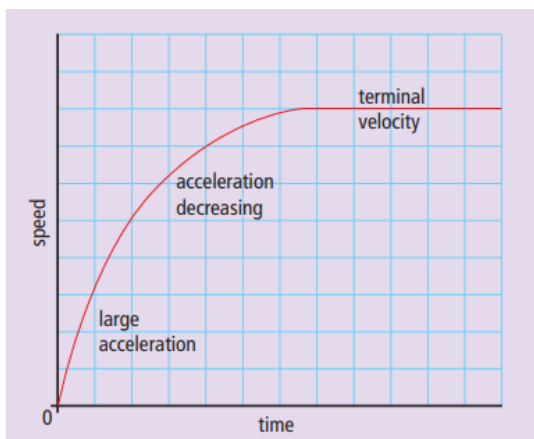
Vyššie opísaný rozvoj uvedených pojmov je v Štátnom vzdelávacom programe zaradený do 8. ročníka základnej školy, resp. 3. ročníka osemročného gymnázia. (ŠPÚ, 2014, s. 8-10) V učebnici, z ktorej sme vychádzali je to zaradené pre žiakov vo veku 11 rokov, čo je približne vek žiaka 6. ročníka základnej školy, resp. 1. ročníka osemročného gymnázia. (Reynolds, 2013, s. 8-12)

K riešeniu úloh s naklonenou rovinou je potrebné poznať pojmy z kinematiky, ako napríklad rýchlosť, dráha či zrýchlenie. Tieto pojmy sa podľa učebnice Complete Physics for Cambridge Secondary 1 (Reynolds, 2013) u žiaka rozvíjajú vo veku 12 rokov. Analyzujú sa grafy závislosti dráhy od času a rýchlosti od času. Zrýchlenie je v tejto učebnici uvedené nasledovne:

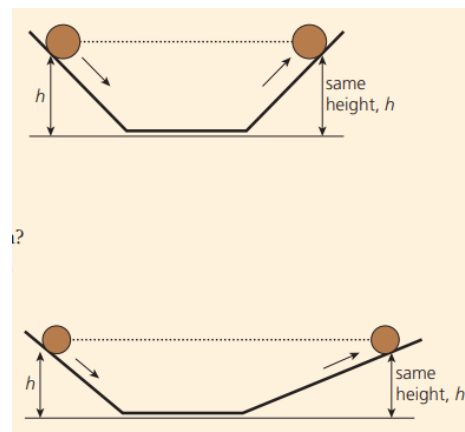
$$\text{"zrýchlenie"} = \frac{\text{zmena rýchlosti}}{\text{čas}}$$

alebo

$$\text{"zrýchlenie"} = \frac{\text{výsledná rýchlosť} - \text{počiatočná rýchlosť}}{\text{čas}}. \text{ (Reynolds, 2013, s. 86)}$$



Obrázok 126: Graf závislosti rýchlosti zrýchleného pohybu od času. (Reynolds, 2013, s. 87)

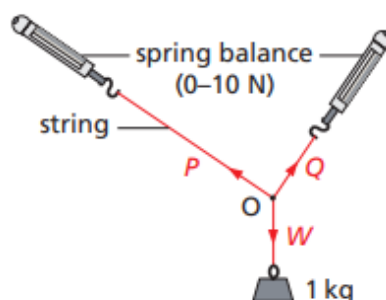


Obrázok 17: Myšlienkový experiment: Čo keby neexistovalo trenie na naklonenej rovine? (Reynolds, 2013, s. 90)

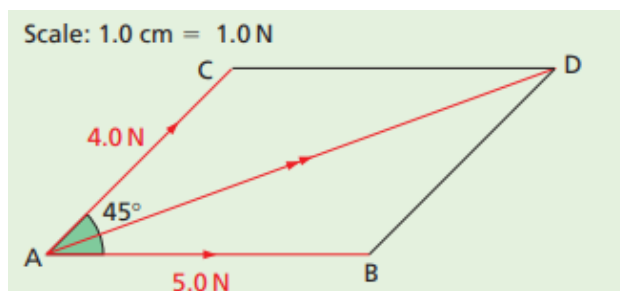
Na obrázku 14 je znázornený Galileov myšlienkový experiment. Žiak sa v rámci myšlienkového experimentu stretáva s naklonenou rovinou. Cieľom bádania je zistiť, ako sa bude pohybovať guľa spustená z výšky h na dvoch spojených naklonených rovinách. Hlavnými výskumnými otázkami sú, či guľa vystúpi do rovnakej výšky, z akej bola spustená (h) v dvoch rôznych prípadoch (rôzne sklony naklonených rovín). Žiak sa prostredníctvom osobnej skúsenosti oboznámi s využitím kreatívneho myslenia na riešenie fyzikálnej úlohy ako jednej z bádateľských metód. Následne je vyslovený prvý Newtonov pohybový zákon a definovaná zotrvačnosť. Opísaný rozvoj myslenia učiaceho sa v kontexte kinematicky a dynamiky v súvislosti s naklonenou rovinou je v učebnici Complete Physics for Cambridge Secondary 1 uvedený pre žiaka vo veku 12 rokov, čo zodpovedá približne veku žiaka 7. ročníka základnej školy, resp. 2. ročníka osemročného gymnázia. (Reynolds, 2013, s. 84-91) V slovenskom kurikule je väčšina z týchto pojmov rozvíjaná u žiakov 8. ročníka základnej školy, resp. 3. ročníka osemročného gymnázia. (ŠPÚ, 2014, s. 8-10) S prvým Newtonovým pohybovým zákonom sa žiak stretá podľa inovovaného štátneho vzdelávacieho programu, až v rámci štúdia na štvorročnom gymnáziu, resp. druhej polovici štúdia na osemročnom gymnáziu. (ŠPÚ, 2014, s. 7-8) V učebniciach fyziky je táto téma zaradená do učebnice Fyzika pre 1. ročníka gymnázia. (Koubek, Lapitková, Demkanin, 2009, s. 57-58)

Uvedené pojmy, ktorých rozvoj je opísaný v predchádzajúcich dvoch odsekoch je možné zaradiť až do troch pilierov: symboly a/alebo vzory, a/alebo vzťahy. Jednotlivé pojmy sú zavádzané po prvýkrát nielen symbolmi, ale aj vzťahmi. Myšlienkový experiment zaradený k týmto pojmom predstavuje pilier vzory.

Rozklad síl na zložky a vektorový súčet síl pôsobiacich na daný objekt sú elementárnymi operáciami, ktoré je potrebné vykonať na riešenie úlohy s naklonenou rovinou. So skladaním síl pôsobiacich na teleso v jednej priamke sa žiak stretol už vo veku 11 rokov v učebnici *Complete Physics for Cambridge Secondary 1* (Reynolds, 2013), čo zodpovedá približne veku žiaka 6. ročníka základnej školy, resp. 1. ročníka osemročného gymnázia. Na to autori učebnice *Cambridge IGCSE Physics 7* (Duncan, Kennett, 2014) nadväzujú skladaním síl pôsobiacich rôznymi smermi v rovine, ktorý je zaradený do rozvoja myslenia žiaka vo veku 14 rokov. (Duncan, Kennett, 2014, s. 27-28)



Obrázok 18: Sily pôsobiace na závažie o hmotnosti 1 kg. (Duncan, Kennett, 2014, s. 27)

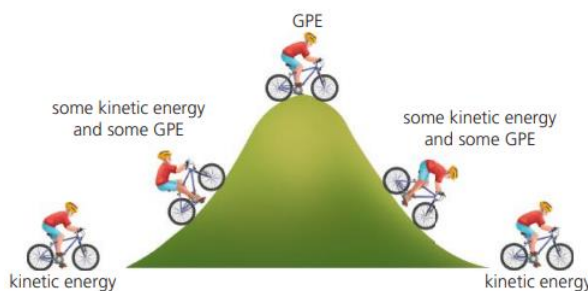


Obrázok 19: Vektorový súčet síl. (Duncan, Kennett, 2014, s. 28)

V úvode tejto knihy si žiak vo veku 14 rokov okrem iného zopakuje pojmy súvisiace s rovnomerným priamočiarym a rovnomerne zrýchleným, resp. spomaleným pohybom. Nasleduje vektorový súčet síl a prvý Newtonov pohybový zákon. Druhý Newtonov pohybový zákon nasleduje po praktickom cvičení, v rámci ktorého žiak sleduje závislosť zrýchlenia telesa od veľkosti sily, ktorou na dané teleso pôsobí, a potom sleduje závislosť veľkosti zrýchlenia objektu od jeho hmotnosti. Autori pokračujú v učebnici tiažou a tretím Newtonovým pohybovým zákonom. Takto opísaný postup rozvoja myslenia je v tejto učebnici navrhnutý pre žiaka vo veku 14 rokov, čo je približne vek žiaka 8. ročníka základnej školy, respektíve 3. ročníka osemročného gymnázia. (Duncan, Kennet, 2014, s. 30-32) V tejto časti sa rozvíjajú pojmy najmä v oblasti piliera vzťahy a/alebo symboly, a/alebo vzory. V rámci slovenského kurikula je toto učivo

zaradené do učebníc fyziky pre 1. ročník gymnázia so štvorročným vzdelávacím programom. (Koubek, Lapitková, Demkanin, 2009, s. 35-73)

Okrem rozvoja vyššie spomenutých pojmov je pre riešenie druhej úlohy potrebný rozvoj pojmov súvisiacich so zákonom zachovania mechanickej energie a pojmov súvisiacich s mechanikou tuhého telesa. V učebnici Complete Physics for Cambridge Secondary 1 (Reynolds, 2013) sa žiak vo veku 11 rokov oboznámi s pojmom energia. „Energia pochádza z rôznych zdrojov, napríklad jedlo alebo fosílna palivá. Energia z jedla je potrebná pre človeka na to, aby sa mohol bicyklovať, zatiaľ čo energia z fosílnych palív je potrebná na výrobu a transport elektriny.“ (Reynolds, 2013, s. 26) Následne sa žiak oboznámi s jednotkou energie, energiou potrebnou pre aktivitu a život človeka, a tiež energetickým balansom, teda energetický príjem by sa mal u človeka rovnať energetickému výdaju, inak nastáva chudnutie alebo priberanie. V tejto časti tiež dochádza k rozvoju nasledujúcich myšlienok: energiu je potrebné odniekiaľ získať, a následne využiť; existujú rôzne druhy energie, a energia nevzniká, ani nezaniká, ale premieňa a prenáša sa. S rôznymi druhmi, zdrojmi, prenosom, využitím a uchovaním energie sa žiak na relevantnej úrovni oboznámi v tejto učebnici vo veku 11 rokov. (Reynolds, 2013, s.26-39) Tieto pojmy by sme mohli zaradiť do pilierov symboly a/alebo kategórie, a/alebo vzory. Symboly predstavujú reprezentáciu jednotlivých pojmov, s ktorými sa žiak stretáva bežne v živote, energie kategorizuje podľa druhov a zdrojov. Vzťahy sa rozvíjajú v rámci premien energií. Vzory sa rozvíjajú v súvislosti s rozvojom spôsobu uvažovania v kontexte energie, ktorý bude potrebný pri riešení určitého typu úloh s naklonenou rovinou.

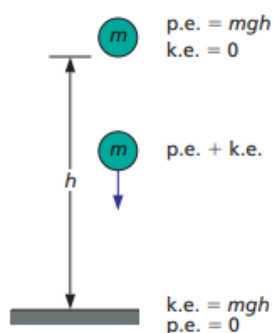


Obrázok 20: Premena energie ilustrovaná na príklade cyklistu. (Reynolds, 2013, s. 37)

Po vytvorení základných predstáv o pojme energia nasleduje vysvetlenie pojmov gravitačná potenciálna, resp. polohová a kinetická energia. Tiež sa žiak vo veku 11 rokov stretáva s premenou energie pri kmitavom pohybe. (Reynolds, 2013, s. 40-41) Definovaním polohovej a kinetickej energie sa rozvíjajú piliere symboly a vzťahy.

Pri premene energií sú to vzory a usporiadania, ktoré sú rozvíjané. Neskôr nastáva prechod od hmotného bodu k tuhému telesu, ktoré má rozmery, teda má hmotný stred – ťažisko. S ťažiskom ako hmotným stredom a momentom sily sa žiak v tejto učebnici oboznámi vo veku 13 rokov. (Reynolds, 2013, s. 172–177) Hovoríme o rozvoji v rámci pilierov symboly a/alebo vzťahy.

Vyššie opísaný rozvoj pojmov v súvislosti s pohybom po kružnici, energiami, a ťažiskom bol prevažne kvalitatívny a matematicky popísané vzťahy sa vyskytovali len ojedinele. Žiak vo veku 14 rokov sa v učebnici Cambridge IGCSE Physics 7 (Duncan, Kennett, 2014) oboznámi so vzťahom pre moment sily, tiež je definované ťažisko telesa. (Duncan, Kennett, 2014) s. 43-46). Vzťahom popísané a slovne definované sú tiež kinetická energia, potenciálna energia a zákon zachovania mechanickej energie. Navyše sú v tejto časti hlbšie rozvíjané zdroje energií v ekologickom, sociálnom a ekonomickom kontexte. (Duncan, Kennett, 2014, s. 56-65) Hovoríme o rozvoji najmä v rámci pilierov vzťahy a/alebo usporiadania.



Obrázok 21: Zákon zachovania energie. (Duncan, Kennett, 2014, s. 57)

Podľa inovovaného štátneho vzdelávacieho programu sú pojmy ťažisko, moment sily a energie rozvíjané u žiakov vo veku 14 rokov, teda v ôsmom ročníku základnej školy, resp. treťom ročníku osemročného gymnázia. (ŠPÚ, 2014, s. 9-10) Tomu zodpovedá aj zaradenie týchto učív do učebnice fyziky pre ôsmy ročník základnej školy. (Koubek, Lapitková, Morková, 2012, s. 94-9, 163-184) Tieto pojmy sú ďalej rozvíjané aj na gymnáziu, prevažne v prvom ročníku gymnázia so štvorročným vzdelávacím programom. (Koubek, Lapitková, Demkanin, 2009, s. 28-34, 91-101) Podobne pojmy energia rotačného pohybu telesa, moment zotrvačnosti a zákon zachovania momentu zotrvačnosti sú u žiaka rozvíjané až v rámci štvorročného gymnázia. (ŠVP, 2014, s. 17)

Rozvoj týchto pojmov prebieha v rámci pilierov usporiadania a/alebo vzťahu, a/alebo kategórie.

4.2 Analýza úlohy z hľadiska teórie piatich pilierov mysle

V zadaní úlohy sme vyznačili pojmy, ktoré považujeme za relevantné v súvislosti s riešením tejto úlohy, a zároveň ich považujeme za také, ktoré touto aktivitou istým spôsobom rozvíjame.

Zadanie: Kladka s veľmi malou hmotnosťou je pripevnená na vrchole naklonenej roviny, ktorá zvisla s vodorovným smerom uhol 30° . Cez kladku prechádza vlákno, na ktorého koncoch sú pripevnené dve telesá, každé s hmotnosťou 0,5 kg.

- Určte veľkosť zrýchlenia sústavy a veľkosť ťažnej sily vo vlákne, ak trenie a ďalšie odporu proti pohybu zanedbávame.
- Aké budú výsledky úlohy v prípade, ak proti pohybu telesa po naklonenej rovine bude pôsobiť celková odporová sila s veľkosťou 0,5 N?

(Tomanová, 1995, s. 48)

Pojem „kladka“ majú žiaci možnosť poznať z predchádzajúceho štúdia, avšak zvyčajne je tento pojem uvádzaný v súvislosti s riešením úloh zo statiky. Tu tento pojem používame v súvislosti s pohybujúcimi sa objektmi, a to aj v súvislosti s pohybom zrýchleným. Pojem by nemal byť problematický u študentov, ktorí zvládli rotačný pohyb tuhého telesa okolo pevnej osi, včítane zrýchleného pohybu a energie odpovedajúcej rotačnému pohybu.

Ako ďalší pojem sme vyznačili „s veľmi malou hmotnosťou“. Tento je uvedený spôsobom, ktorý iniciuje intuíciu žiakov na úrovni, aká hmotnosť je už dostatočne malá, a s ktorými inými hmotnosťami hmotnosť kladky porovnávame. Problémovým môže byť tiež pojem „ťažná sila vlákna“.

Ďalšie použité pojmy považujeme za dostatočne rozvinuté. V úvodných fázach použitia tejto úlohy by si učiteľ mal overiť, či žiaci naozaj rozumejú pojmom „naklonená rovina“, „zvisla uhol“, „zrýchlenie sústavy“, „odporová sila“.

Všetky uvedené pojmy sa dajú zaradiť aspoň do jedného z piatich pilierov mysle. Pojem kladka môžeme chápať ako vyjadrenie poradia. Lano sa cez kladku posúva rotačným pohybom kladky. Rotačný pohyb je určitým vyjadrením cyklu, cyklicky sa opakujúci princíp. Pod pilierom usporiadanosť okrem iného chápeme tiež cykly.

Kladku tiež môžeme chápať ako vzor, pretože kladka vyjadruje určitý druh pravidelnosti. Pri riešení úloh s kladkami sa vyskytuje pravidelnosť vo forme mentálnych schém, teda toho, ako žiak pri takejto úlohe rozmýšľa a postupuje. Kladka sa vo všeobecnosti spája so zmenou smeru pôsobiacej sily, jej využitie je známe ako jednoduchý stroj. Existuje mnoho rôznych úloh, v ktorých vystupuje kladka, a ktoré vyžadujú dopočítať rôzne veličiny. Žiak teda pri riešení danej úlohy môže postupovať rôznymi spôsobmi, väčšinou tým spôsobom, ktorý mu je blízky, čo v reči neurokonštruktivismu znamená, že žiak volí pravidelne taký postup, ktorý sa mu pri danom príklade spája s najväčším počtom predchádzajúcich skúseností. Takto môže učiteľ rôzne riešenia úloh kategorizovať na základe rôznorodosti prepojení, ktoré si žiak v rámci predchádzajúcich skúseností vytvoril. Riešenie úlohy, preto z pohľadu učiteľa, môže spadať pod pilier kategória. Následne na základe kategórie riešenia úlohy žiakom vie učiteľ analyzovať prevládajúce predchádzajúce skúsenosti či pozorovať opakujúce sa vzory riešenia. Piliere tak ponúkajú organizujúci princíp nielen pre učenie sa žiaka, ale aj pre prácu učiteľa.

To, pod aký pilier spadá daný pojem je subjektívno-objektívna záležitosť. Pre každý pilier je charakteristické niečo iné a vo východiskách presne definované, avšak piliere zohľadňujú individualitu učiaceho sa a kontext, v rámci ktorého sa učiaci s daným pojmom stretáva. Tento kontext sa v rámci jednej témy mení počas rozvoja myslenia učiaceho sa. Táto zmena môže viesť k presunom daného pojmu do iných pilierov, ako je to znázornené na obrázku 6. Napríklad naklonená rovina u žiaka vo veku 11 rokov môže spadať pod pilier symboly, žiak môže naklonenú rovinu vnímať, ako symbol – trojuholník. V tomto veku sa u učiaceho rozvíja prevažne symbolizácia okolitého sveta. To súvisí aj s Piagetovskými stupňami intelektuálneho vývoja, nakoľko zvyčajne v tomto veku dochádza k prechodu od konkrétnych operácií k formálnym, čo znamená, že učiaci sa začínajú uvažovať abstraktne. Po osvojení si vedomostí o vektorovom súčte, môže žiak chápať naklonenú rovinu ako pilier kategórie na základe rozkladu síl na zložky. Môže si naklonenú rovinu asociovať s rozkladom síl na zložky, ktorý kategorizuje pôsobiace sily do smerov, v ktorých pôsobia.

Niektoré môže kladku pokladať za usporiadanie, niektorí zas za vzor a učiteľovi sa prvotne môže priradiť ku kategórii. Zaradenie jednotlivých pojmov k pilierom u jednotlivca súvisí s neuroplasticitou mozgu. Pre učiteľa je však prínosné byť schopný identifikovať možné piliere, do ktorých si žiak tento pojem môže zaradiť. V súčasnosti tento prístup môžeme sledovať, napríklad v adaptívnom testovaní. Adaptívne testovanie

je štandardný postup pri testovaní, resp. dotazníkoch, kedy na základe odpovede na otázku sa priradí žiakovi nasledujúca otázka. Na základe súboru žiackych odpovedí sa vytvorí profil žiaka.

Pojem „veľmi malá hmotnosť“ môžeme zaradiť do pilieru vzťahu. Tento pojem vyjadruje mieru, respektíve veľkosť fyzikálnej veličiny hmotnosť. Od žiaka sa očakáva správny odhad toho, aká hmotnosť je veľmi malá. Podobne môžeme pod pilier vzťahu radiť pojem „teleso s hmotnosťou“, respektíve hmotnosť, ktorá je charakteristikou daného telesa.

Pojem naklonená rovina predstavuje komplexnejší problém. Naklonenú rovinu môžeme brať ako symbol, pretože symbolizuje reálne situácie, napríklad lyžiarsky svah, rampu na naloženie nákladu alebo obyčajný kopec. Zároveň však naklonenú rovinu môžeme vnímať ako reálny objekt, ktorý vo fyzikálnych úlohách symbolizujeme pravouhlým trojuholníkom. Pravouhlý trojuholník je charakteristický veľkosťou svojho najväčšieho vnútorného uhla, a teda deväťdesiat stupňovým uhlom. Právý uhol preto predstavuje pilier kategórie. Podobne pod uhlom, ktorý zoviera naklonená rovina s vodorovným smerom chápeme sklon naklonenej roviny. Tento uhol je jednou z charakteristík naklonenej roviny, hovoríme o pilieri kategórie.

V dynamických úlohách s naklonenou rovinou sa od žiaka zvyčajne očakáva vypočítať zrýchlenie sústavy. Zrýchlenie sústavy ako číselný údaj, respektíve výsledok fyzikálnej úlohy môžeme zaradiť pod pilier vzťahu, pretože je to veľkosť fyzikálnej veličiny zrýchlenie. Zároveň pojem „zrýchlenie sústavy“ môžeme chápať ako vlastnosť danej sústavy, a teda ju môžeme zaradiť pod pilier kategórie.

Odporová sila a ťažná sila lana sú odlišné druhy interakcií. Jedným z charakteristickým postupov pri riešení úloh s naklonenou rovinou je rozklad síl na zložky. Tento úkon predstavuje určitý postup, teda rozklad síl na zložky z tohto hľadiska môžeme radiť pod pilier vzory. Dané zložky síl sa zvyknú následne triediť na tie, ktoré pôsobia v smere pohybu telesa, tie, ktoré pôsobia proti smeru pohybu telesa a tie, ktoré sa vzájomne vykompenzujú. Takéto triedenie môžeme považovať za kategorizovanie síl, a teda rozklad síl na zložky môžeme radiť pod pilier kategórie. Rozklad síl na zložky tiež môžeme zaradiť pod pilier vzťahu, pokiaľ uvažujeme zakresľovanie síl v určitých pomeroch, napríklad vektor sily, ktorou je teleso s hmotnosťou m priťahované k Zemi

zakreslíme raz taký veľký, ako vektor sily, ktorou je teleso s hmotnosťou $\frac{m}{2}$ priťahované k Zemi.

5 Príklad aktivity rozvíjajúcej tému naklonená rovina

V tejto časti bakalárskej práce prezentujeme tabuľku, ktorú sme vytvorili na základe rozvoja myslenia učiaceho sa v kontexte naklonenej roviny uvedeného v predchádzajúcej kapitole. V tejto tabuľke (Tabuľka 1) sme k jednotlivým kľúčovým pojmom priradili nielen ročník, v ktorom navrhujeme dané pojmy preberať, ale aj možné piliere rozvíjané jednotlivými pojmami.

Následne prezentujeme aktivitu, ktorú navrhujeme zaradiť do série vzdelávacích aktivít vytvorenej so zámerom rozvíjať myslenie žiaka v kontexte naklonenej roviny tak, aby bol schopný správne vyriešiť úlohy z predchádzajúcej kapitoly.

5.1 Návrh dizajnu série vzdelávacích aktivít k téme naklonená rovina

Tabuľka 1 znázorňuje návrh časového usporiadania rozvoja pojmov súvisiacich s témou naklonená rovina. Na základe tejto tabuľky je možné dizajnovať sériu vzdelávacích aktivít, ktorých cieľom je rozvinúť myslenie žiaka do takej miery, aby bol schopný správne vyriešiť úlohy na tému naklonená rovina, ktoré sme uviedli ako štandardné pre žiaka pripravujúceho sa na maturitu z fyziky.

<i>Kľúčový pojem</i>	<i>Vek žiaka</i>	<i>Zaradenie do ročníka</i>	<i>Identifikovaný pilier</i>
Naklonená rovina ako jednoduchý stroj	9 až 10 rokov	4. ročník ZŠ	Symboly
Vzájomné silové pôsobenie telies – grafické znázornenie	11 rokov	6. ročník ZŠ/ 1. ročník osemročného gymnázia	Symboly
Vzájomné silové pôsobenie telies – druhy silových pôsobení	11 rokov	6. ročník ZŠ/ 1. ročník osemročného gymnázia	Kategórie
Vzájomné silové pôsobenie telies – výsledná sila	11 rokov	6. ročník ZŠ/ 1. ročník osemročného gymnázia	Vzťahy a/alebo vzory
Tretia sila a trenie	11 rokov	6. ročník ZŠ/ 1. ročník osemročného gymnázia	Symboly
Pohyb po kružnici, dostredivá sila	11 rokov	6. ročník ZŠ/ 1. ročník osemročného gymnázia	Symboly
Energia – druhy a zdroje, premena, využitie a uchovanie energie	11 rokov	6. ročník ZŠ/ 1. ročník osemročného gymnázia	Symboly a/alebo kategórie, a/alebo vzory, a/alebo usporiadania

Kinematika – dráha, rýchlosť, zrýchlenie	12 až 13 rokov	7. ročník ZŠ/ 2. ročník osemročného gymnázia	Symboly a/alebo vzory, a/alebo vzťahy
Mechanika tuhého telesa – ťažisko, moment sily (slovne definované)	13 rokov	7. ročník ZŠ/ 2. ročník osemročného gymnázia	Symboly
Vektorový súčet síl pôsobiacich v rovine	14 rokov	8. ročník ZŠ/ 3. ročník osemročného gymnázia	Vzťahy a/alebo vzory
Newtonove pohybové zákony	14 rokov	8. ročník ZŠ/ 3. ročník osemročného gymnázia	Vzťahy
Moment sily, ťažisko – fyzikálne vzťahy	14 rokov	8. ročník ZŠ/ 3. ročník osemročného gymnázia	Usporiadania a/alebo vzťahy
Mechanická energia, zákon zachovania mechanickej energie	14 rokov	8. ročník ZŠ/ 3. ročník osemročného gymnázia	Usporiadania a/alebo vzťahy
Moment zotrvačnosti	16 rokov	1. ročník štvorročného gymnázia/ 5. ročník osemročného gymnázia	Usporiadania a/alebo vzťahy, a/alebo kategórie

Tabuľka 1: Návrh časového usporiadania rozvoja pojmov súvisiacich s témou naklonená rovina.

5.2 Modelovanie pohybu lyžiara

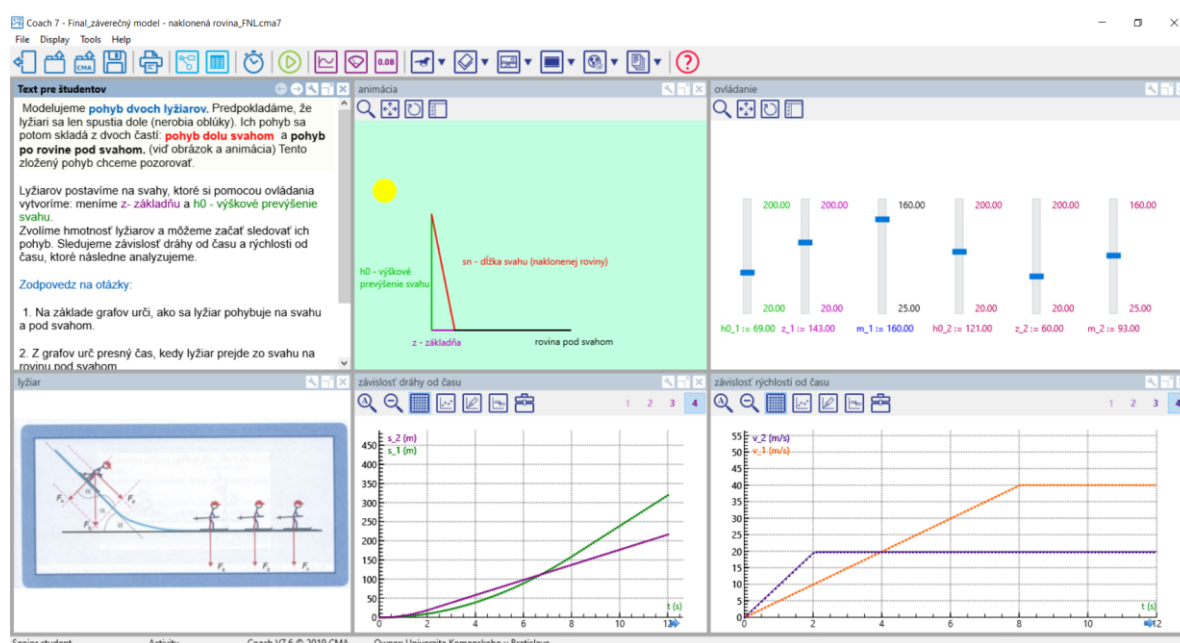
Modelovanie pohybu lyžiara je aktivita vytvorená v prostredí Coach 7. Ide o prepojenie a doplnenie viacerých aktivít uvedených v Učebnici fyziky pre prvý ročník gymnázia (Koubek, Lapitková, Demkanin, 2009) z kapitol 2.13 Rovnomerný pohyb, 2.14 Dráha a rýchlosť rovnomerného pohybu, 2.15 Meranie rýchlosti a 2.16 Prvý Newtonov pohybový zákon. Cieľom vytvorenia aktivity bola aktualizácia staršieho typu modelovania – v Exceli. (Koubek, Lapitková, Demkanin, 2009, s. 49-58)

Žiak piateho až ôsmeho ročníka osemročného gymnázia podľa Štátneho vzdelávacieho programu vie rozložiť silu na zložky do vhodne zvolených smerov, a overiť navrhnutým experimentom vzťah medzi sklonom naklonenej roviny a veľkosťou pohybovej zložky gravitačnej sily. Žiak tiež vie zostrojiť graf závislosti rýchlosti od času a dráhy od času pre zrýchlený pohyb a riešiť úlohy s využitím vzťahov kinematiky aj dynamiky pre pohyby so zrýchlením. (ŠPÚ, 2014, s. 7)

5.2.1 Model pohybu lyžiara v prostredí Coach 7

V prostredí Coach 7, sme vytvorili model, ktorý znázorňuje pohyb lyžiara na svahu, a aj pod ním. Predpokladáme, že lyžiar sa z kopca len spustí priamo dole (teda nerobí oblúky). Pohyb lyžiara je teda zložený pohyb z rovnomerne zrýchleného pohybu na naklonenej rovine a rovnomerného priamočiareho pohybu na rovine pod svahom, resp. pod naklonenou rovinou. Modelujeme zložený pohyb a sledujeme závislosť rýchlosti od času a dráhy od času.

Cieľovou skupinou tejto aktivity sú žiaci tretieho ročníka osemročného gymnázia, respektíve žiaci ôsmeho ročníka základných škôl. Zaradenie do tretieho ročníka osemročného gymnázia sme realizovali na základe vyššie uvedenej tabuľky (Tabuľka 1) a rozvoja myslenia. Model obsahuje textové okno s informáciami o modeli a pokynmi pre užívateľa (obr. 22).



Obrázok 22: Model pohybu lyžiara.

K tomuto modelu sme vytvorili pracovný list pre žiaka (Príloha 1). Pri tvorbe tohto listu sme vychádzali z učebnice Fyziky pre prvý ročník štvorročných gymnázií. (Koubek, Lapitková, Demkanin, 2009, s. 49-58) Tento list je zameraný na určovanie okamžitej rýchlosti telesa, ktoré sa pohybuje nerovnomerne. Cieľom tejto aktivity je overiť platnosť tvrdenia: „Rýchlosť pohybu telesa v istom čase je rýchlosť, ktorou by sa teleso pohybovalo, keby od tohto času bol jeho pohyb rovnomerný priamočiary.“ (Koubek, Lapitková, Demkanin, 2009, s. 56) U žiaka sa pomocou tejto aktivity snažíme

rozvíjať grafickú gramotnosť, nakoľko žiaci pri jednotlivých úlohách vychádzajú z analýzy grafov závislosti dráhy od času a rýchlosti od času.

5.2.2 Analýza aktivity z hľadiska teórie piatich pilierov mysle

Vo fyzikálnych úlohách s naklonenou rovinou je často od žiaka požadované dopočítať rýchlosť, ktorou sa objekt bude po prechode na rovinu pohybovať. Túto zručnosť sa v rámci tejto aktivity snažíme rozvíjať. To, kedy je vhodné túto aktivitu zaradiť do vyučovacieho procesu závisí od predchádzajúcich skúseností žiaka, ktorému má byť táto aktivita priradená.

Kľúčovými pojmami aktivity *Modelovanie pohybu lyžiara* sú dráha, rýchlosť, zrýchlenie, rovnomerný a nerovnomerný pohyb, priamočiary pohyb. Všetky tieto pojmy by pred aktivitou mali byť žiakovi známe a aktivitou by malo dôjsť k rozvoju vzťahu medzi nimi. Žiak pri riešení úloh v rámci tejto aktivity analyzuje graficky znázornené závislosti dráhy od času a rýchlosti od času, čím dochádza k posilňovaniu grafických reprezentácií, teda symbolov. Touto aktivitou by teda mal byť u žiaka rozvíjané piliere vzťahy a/alebo symboly.

Autorka teórie piatich pilierov myslenia analyzovala štúdie neurovied zaoberajúce sa procesmi učenia sa v oblasti jazyka a matematiky. Na základe analýzy vyše tisíc štúdií vyslovila záver, že symbolické reprezentácie jazyka a matematiky zdieľajú veľmi podobné, až rovnaké neurónové dráhy. Tento záver vedie k vysloveniu predpokladu, že to isté by mohlo platiť aj pre iný zo systému pilierov.

V oblasti kognitívnych neurovied sa pomocou magnetickej rezonancie skúmajú neurónové reprezentácie známych konceptov, a následne sú rozložené do zmysluplných neurónových zložiek. V kapitole 1 sme opísali štúdiu Schumachera, Mansona a Justa, ktorí skúmali neurónové reprezentácie pojmov v kontexte Energie a hmoty. (Manson, Schumacher, Just, 2021) Výsledok tejto štúdie je zobrazený na obrázku 5 a popísaný v kapitole 1. Na základe analýzy jednotlivých pojmov z hľadiska teórie piatich pilierov mysle by bolo možné odhadnúť neurónové reprezentácie jednotlivých pilierov a ich umiestneniu v mozgu. Následne by bolo možné dizajnoviť série vzdelávacích aktivít tak, aby učiteľ čo najefektívnejšie stimuloval potrebné neurónové dráhy, čím by zefektívnil učenie sa žiaka.

Podľa vyššie uvedených predpokladov môže byť analýza rozvoja myslenia v kontexte naklonená rovina uvedená v tejto bakalárskej práci použitá ako príklad analýzy témy fyzikálneho vzdelávania z hľadiska piatich pilierov myslenia. Následne na základe identifikovaných pilierov je možné následne dizajnovat' sériu vzdelávacích aktivít tak, aby rozvoj potrebných pojmov prebehol efektívne a pre žiaka zmysluplne. V nasledujúcej kapitole bližšie uvedieme možnosti aplikácie tejto teórie do vyučovania, spolu so známymi metódami vyučovania, ktoré sa bežne používajú vo vyučovaní (nielen) fyziky, a zároveň sa pokladajú v rámci neurokonštruktivismu za účinné a efektívne.

6 Možnosti využitia teórie piatich pilierov mysle vo vyučovaní

V predchádzajúcej časti sme ukázali, ako možno aplikovať jednotlivé piliere pri riešení fyzikálnej úlohy. Aplikovaním jednotlivých pilierov pri riešení úlohy tiež tieto piliere rozvíjame, rozvíjame schopnosť žiaka používať ich v jednotlivých kontextoch. Príklad rozvíjania pilierov v kontextoch spojených s lomom svetla je analyzovaný v článku (Demkanin, Novotná, Sukeľová, 2022). Môžeme si položiť otázku, či v kontexte spojenom s lomom svetla a v kontexte spojenom s naklonenou rovinou rozvíjame rovnaké spôsoby uvažovania, myslenia. Neurokonštruktivizmus hovorí, že to možné je.

Piliere majú potenciál zefektívniť učenie tým, že zmenšia úsilie, ktoré je potrebné vynaložiť, a zároveň zatriktívnia učenie pridaním nového rozmeru ku všetkým témam. Aplikovaním piatich pilierov do existujúcich štúdií je možné zmapovať ľudské učenie v širšom rozsahu, ktorý predstavujú tradičné školské predmety, ako aj zväžiť ich prieniky, čím sa zníži potreba ďalšieho času na vyučovanie v týchto oblastiach. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 101)

Prekrývanie sietí je zaujímavou oblasťou výskumu súvisiaceho s „ekonomikou organizácie neurónových sietí“. Autorka naznačuje, že učitelia majú potenciál zefektívniť učenie sa žiakov, keďže tie isté neurónové siete môžu často dosahovať odlišné akademické ciele. Stanislav Dehaene zistil, že mnohé z neurónových mechanizmov potrebných na čítanie sú podobné neurónovým mechanizmom potrebným pre matematické zručnosti. Autorka tvrdí, že tieto prekrývajúce sa oblasti poskytujú skvelý prehľad o tom, ako by sme mali skutočne učiť, teda zdôrazňovaním podobností medzi jazykom a matematikou a nie ich oddelovaním a zdôrazňovaním rozdielov, ako sa to dnes bežne vyskytuje v školskej praxi. Takýto prístup by viedol k efektívnejšiemu využívaniu vyučovacieho času, a súčasne by stimuloval viaceré tematické siete v mozgu. Namiesto vyučovania samotných matematických symbolov, by napríklad učitelia mohli doplniť matematické symboly (resp. vzory, poradie, vzťahy a kategórie) o symboly z jazyka, prírodného prostredia, umenia atď., čo žiakom môže pomôcť si lepšie vytvoriť súvislosti v rámci symbolov a/alebo si ich ľahšie zapamätať. To vedie k prirodzenejšiemu transdisciplinárnemu spôsobu myslenia o svete a môže zefektívniť učenie. Skutočnosť, že symbolické reprezentácie sa v mozgu prekrývajú, vedie k vysloveniu predpokladu, že to isté by mohlo platiť aj pre iný zo systému pilierov. Zefektívnenie učenia znamená,

že základné pojmy v škole si možno osvojiť rýchlejšie, čo poskytuje viac času ísť do hĺbky v predmetoch. Ako všetci učitelia vedia, čas je v našich triedach najdôležitejší a mnohé oblasti učebných osnov sú z hľadiska „pokrytia“ obmedzené z dôvodu určitého počtu hodín, ktoré sú venované jednotlivým predmetom. Piliere by umožnili viac času v odlišných doménach tým, že by sa ušetrili oblasti prekrývania. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 101-102)

6.1 Možnosti implementácie teórie Piatich pilierov mysle do súčasných kurikul

Školy a formálne vzdelávanie existujú už pomerne dlhý čas a v oblasti vyučovacích metód sa udialo mnoho významných posunov. Mnoho z nich sa týkalo vyučovacích metód, stratégií, prostriedkov, technológií a aktivít a väčšina z nich bola aplikovaná prostredníctvom konštruktivistického vyučovania a dosiahla výborné výsledky. Hoci za posledné storočie bolo nemálo pokusov o úpravu kurikula (Common Core, International Baccalaureate, a rôzne národné kurikulá), zmien zameraných na dizajn predmetov nebolo mnoho. V medzinárodnom porovnaní školských kurikul je prekvapivá miera podobnosti obsahu. Všetky školské systémy na svete zahŕňajú výučbu nejakej formy jazyka, matematiky, sociálnych štúdií (história, sociológia), umenia, a telesnej výchovy, a takmer všetky vyžadujú výučbu druhého jazyka. To znamená, že školské kurikulum po stáročia bolo a ostáva zamerané na výučbu konkrétnych predmetov, ktorých obsah je sprostredkovaný v rámci základných oblastí poznania, ako sú matematika, jazyk, veda a umenie. Predmetovo zamerané kurikulá sú všeobecne uznávané po celom svete. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 5)

Autorka uvádza tri možné aplikácie tejto teórie do súčasnej podoby kurikula (viď. tabuľka 2). Zároveň uvádza, že napriek množstvu štúdií, ktoré konceptuálne podporujú teóriu piatich pilierov mysle, doposiaľ nebolo možné tieto aplikácie otestovať, nakoľko je táto teória pomerne nová.

Tri spôsoby aplikácie teórie piatich pilierov mysle v školách			
	<i>Možnosť A: Predmetovo – orientované kurikulum</i>	<i>Možnosť B: Kurikulum orientované na „zvládacie učebné stratégie“</i>	<i>Možnosť C: Pilierovo orientované kurikulum</i>
	Nízka úroveň zmien: Pilieri ako metodológia	Stredná úroveň zmien: Pilieri ako „zvládacie učebné stratégie“	Vysoká úroveň zmien: Pilieri ako kurikulum
Príprava učiteľov	Školenie učiteľov zamerané na použitie myslenie v rámci pilierov ako metodológiu v rámci ich predmetového zamerania	Školenie učiteľov zamerané na rozvoj dizajnu „zvládacích učebných stratégií“ v ich kurzoch využitím pilierov	Školenie učiteľov zamerané na výmenu súčasného kurikula za pilieri
Učebnice	Bez zmeny	Prekrytie pilermi	Nové učebnice
Doplňujúce zdroje	Bez zmeny	Prekrytie pilermi	Nové kurikulum
Rozdelenie podľa veku alebo úrovne	Vek	Úroveň	Úroveň
Zamerané na ukončenie ročníka alebo zvládnutie učiva („mastery“)	Ukončenie ročníka	Zvládnutie učiva („mastery“)	Zvládnutie učiva („mastery“)
Zlepšená diagnóza problémov s učením	-	X	X
Posilnená transdisciplinárnosť	X	X	X

Tabuľka 2: Možnosti aplikácie piatich pilierov. (Tokuhama-Espinosa, 2019, s. 120)

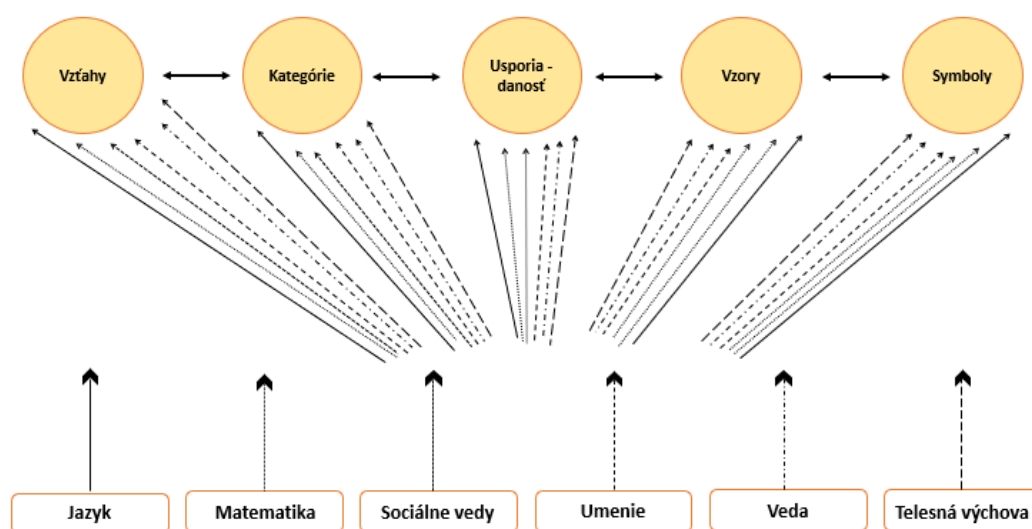
V prvej možnosti pilieri predstavujú zmenu metodiky a zmýšľania. Učitelia len pridávajú zmienku o pilieroch počas toho, ako učia. Táto aplikácia pilierov by si vyžadovala iba bystrejšie pozorovanie a flexibilnú myseľ, pretože učiteľ robí explicitné a implicitné odkazy na symboly, vzory, poradie, kategórie a vzťahy vyučovaného predmetu. (Tokuhama-Espinosa, 2019, s. 120) Spôsob aplikácie teórie piatich pilierov mysle uvedený v tejto bakalárskej práci v podobe návrhu dizajnu série aktivít na tému naklonená rovina považujeme za príklad aplikovania tejto teórie ako metodiky.

Vo variante B by učitelia aplikovali kurikulum hierarchie pilierov súbežne s bežným kurikulumom podľa predmetu, to znamená, že by pilieri boli neurokonštruktivisticky spracované a zaradené do bežného kurikula. Hlavným cieľom v možnosti B sú „zvládacie učebné stratégie“ („mastery learning“) a nie dosiahnuté výsledky na úrovni ročníka pre konkrétnu oblasť predmetu. Možnosť B, ako neurokonštruktivistický dizajn, naznačuje, že kompetencie nižšej úrovne (znalosti,

zručnosti a postoje) by sa mali osvojiť skôr, ako sa pristúpi k pojmom vyššieho rádu. Na vytýčenie cieľov zvládacích učebných stratégií by sa každý predmet rozčlenil podľa hierarchie a pilierov. Mapovanie pilierov zahŕňa rozčlenenie každej oblasti od začiatocníkov po pokročilých, ktoré autorka navrhuje rozdeliť podľa úrovni 0-14 a nie podľa našich súčasných ročníkov. (Tokuhamo-Espinosa, 2019, s. 126)

Nižšie varianty tohto prístupu s reálnejšími možnosťami zavedenia do praxe súvisia so súčasnými snahami vzájomne prepájať vzdelávanie v rámci prírodovedných predmetov (vzdelávacia oblasť Človek a príroda), prípadne v oblasti STEM vzdelávania. Plná verzia tohto prístupu sa pravdepodobne bude podobat' súčasnemu prístupu MYP IB.

Posledný variant využíva piliere namiesto súčasnej štruktúry kurikula, to znamená, že kurikulum je mapované podľa piliera a nie podľa predmetu. V tomto návrhu by všetky doménové oblasti tradičných predmetov (matematika, jazyk, prírodné vedy, umenie, informatika, telesná výchova, dejepis, spoločenské vedy atď.) boli neurokonštruktivisticky definované individuálne v hierarchickej forme podľa pilierov. Po definovaní všetkých doménových oblastí by sa prekryli jedna cez druhú. Keď sú všetky predmety, ktoré sa pravidelne vyučujú v škole, začlenené do pilierovo-hierarchívno-konštruktivistického modelu, objaví sa konečný návrh učebných osnov, ktorý nielenže poskytuje usporiadanú a efektívnu štruktúru školského štúdia, ale vytvára pre študentov autentickéjšie učenie v transdisciplinárnom dizajne, tak ako je znázornené na obrázku 23. (Tokuhamo-Espinosa, 2019, s. 129-130)



Obrázok 133: Mapovanie prekryvania pilierov a predmetov vzdelávania (Tokuhamo-Espinosa, 2019, s. 130)

V tomto kompletne prepracovanom modeli učebných osnov by študenti mali päť hodín denne, pričom každá vyučovacia hodina by sa venovala jednému pilieru vo všetkých oblastiach vzdelávania. Trieda symbolov by napríklad vysvetľovala symboly v každej oblasti predmetu (matematické symboly, jazykové symboly, umelecké symboly, symboly medziľudských vzťahov atď.), ako aj symboly v okolitom prostredí a neformálnych vzdelávacích kontextoch. Po globálnom zavedení každého piliera na každej úrovni vzdelávania (0-14) by sa vyučovali symboly špecializované podľa domén. Triedy by boli štruktúrované tak, aby pomohli študentom vidieť, ako sú veci podobné, skôr než budú skúmať, ako sa líšia, čo využíva túžbu mozgu využiť predchádzajúce znalosti, identifikovať známe a potom dať prednosť neznámemu. Podobne by sa vyučovali všetky ostatné piliere. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 130-131)

6.2 Využitie teórie Piatich pilierov mysle v školskej praxi

V tejto podkapitole uvádzame metódy bežne používané vo vyučovaní, ktoré sa z pohľadu súčasných vied o učení považujú za efektívne. Zároveň opisujeme poznatky z neurovied, ktoré objasňujú účinnosť jednotlivých metód.

Využitie analógií a predchádzajúcej skúsenosti

Učenie sa môže byť náročné a častokrát sa žiakom môže zdať vzdialené, nútené, a neprirodzené, čo žiaci často potvrdzujú, keď sa v úzkosti chytajú za hlavu. Mozog však vie efektívne narábať s novými informáciami. Neurónové siete privedú vnímaný stimul do mozgu s prvou zástavkou v pamäťových centrách, kde sú nové informácie porovnávané s tým, čo už vieme. Každý nový poznatok teda prechádza cez filter predchádzajúcich skúseností. Zavedenie každého nového obsahu by malo byť vždy vykonané v známom referenčnom rámci. Pokiaľ nie sú dostupné priame prepojenia na minulé poznatky, kľúčové je použitie analógií, pričom platí: učenie je tým viac uľahčené, čím viac sa zhoduje s analógiou. Od počiatku existencie komunikácie medzi ľuďmi sú analógie používané na pomoc pri spojení neznámych konceptov ponúkaním „paralelných“ myšlienok. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 17)

„Analógia je proces, pri ktorom vlastnosti jedného systému (pôvodný systém) prenášame na vlastnosti iného systému (analogický systém), kde skúmame vzájomné súvislosti a na základe výsledkov tohto skúmania vytvárame predpovede o správaní pôvodného systému. Na rozdiel od dedukcie, indukcie či abdukcie, analógia skúma dva systémy a nezovšeobecňuje.“ (Demkanin, 2018, s. 84)

Byť schopný spojiť vedomosti z predchádzajúcich skúseností je základným aspektom učenia sa nových vecí a dôležitým prvkom pri rozvíjaní myslenia. Analógie sú jedny z najlepších spôsobov ako sa naučiť niečo nové, pokiaľ nemáme žiadny poznatok, či predchádzajúce skúsenosti na to, aby sme novej informácii porozumeli. Myslenie v kontexte pilierov predstavuje analogické myslenie. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 18)

Metakognícia a spätná väzba

Okrem analógií je dôležité mať na pamäti, že pri učení nových vecí sú neoddeliteľnou súčasťou procesu spätná väzba a metakognícia, ktoré sú navzájom prepojené. Práve piliere môžu uľahčiť žiakom schopnosť metakognície a spracovania, resp. dávania spätnej väzby. V mozgu neustále prebiehajú kognitívne procesy, avšak bez vedenia pomocou spätných väzieb a školenia učitelia sa nie je schopný dosiahnuť vyšší level myslenia, či metakogníciu. Externá spätná väzba a kladenie otázok napomáha rozvíjať vzorce myslenia a zlepšuje metakognitívne procesy učiacich sa. Učitelia môžu teóriu pilierov použiť ako ďalší spôsob podávania spätnej väzby, ktorá podporuje žiakov vnímať svet okolo nich. Riadená spätná väzba učiteľa žiakovi rozvíja metakognitívny vnútorný dialóg. Pilieri teda môžu tvoriť podporný systém rozvoja prirodzeného cyklu spätná väzba – metakognícia. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 18)

„Metakognícia je kognícia, v ktorej informácia, s ktorou učitelia sa pracuje, opisuje vlastnosti kognície. Metakognícia môže vznikať v rôznych fázach učenia. Napr. pred samotným kognitívnym javom, keď učitelia sa predpovedá či má vedomosti a zručnosti potrebné pre riešenie úlohy. Môže vznikať súčasne s kognitívnym javom, keď učitelia sa monitoruje svoj progres. Tiež môže byť po samotnom jave, keď vyhodnocuje ako úspešný proces bol a či je možné použiť ho aj nabudúce. Vo všeobecnosti, metakognície majú podstatný vplyv na proces učenia a účinná metakognícia sa dá podporovať vhodným prostredím na učenie (learning environment), pri dizajne prostredia je vhodné brať do úvahy metakognície.“ (Demkanin, 2018, s. 124)

„Poskytovanie spätnej väzby žiakom je jednou z najdôležitejších a často aj najťažších úloh učiteľa. Každá spätná väzba poskytnutá žiakovi je v podstate formatívnym hodnotením žiakovej činnosti, väčšina skefoldov poskytnutých žiakovi sa zakladá na posúdení žiakovho pokroku. Takmer vždy, a pri riadenom skúmaní vždy, by učiteľ mal žiakovi poskytnúť komentár, ktorý nie je kategorický, ktorý je v priamom súvisi s obsahom a procesom skúmania, a ktorý v sebe zahŕňa identifikáciu možných

zlepšení procesu skúmania. Takáto spätná väzba môže pomáhať k transformácii vedomostí žiaka, namiesto prezentovania informácií žiakovi učiteľom. Spätná väzba je potrebná rovnako v rámci formatívneho hodnotenia, teda počas realizácie skúmania vo všetkých fázach realizácie, rovnako aj v rámci sumatívneho hodnotenia, teda formulácie výslednej správy žiakovi o výsledkoch jeho práce, o jeho pokroku. Spätná väzba má okrem iného aj nasmerovať žiakovu pozornosť a činnosť k hľadaniu chyby, iste nie žiaka znechutiť alebo odradiť ho od ďalšej práce.“ (Demkanin, 2018, s. 41,73)

Autorka knihy Päť pilierov mysle navrhuje, že ak budeme žiakov od útleho veku viesť k rozpoznaniu symbolov, vzorcov/postupov, poradia, kategórií a vzťahov okolo nich už od predprimárneho a primárneho vzdelávania, neskôr by týmto spôsobom premýšľali o každej novej prijatej informácii. Navyše, ak sa učitelia pravidelne budú odkazovať na piliere, napr. „Aké kategórie tu rozlišujete?“, „Čo je iné na tomto pilieri alebo podobné na tomto postupe/vzorci?“, prehĺbia tým porozumenie novej informácie u žiakov, pretože ich predchádzajúce znalosti sa stanú zrejmejšími vďaka opakovanej spätnej väzbe vedúcej k rozvoju metakognitívnych zručností. (Tokuhamu-Espinosa, 2019, s. 17-18)

Na záver uvádzame konkrétne príklady využitia poznatkov uvedených v tejto bakalárskej práci aj v súvislosti s vyučovaním fyziky. Zaujímavou teóriou snažiacou sa podrobne popísať prácu mysle s poznatkami je teória Knowledge-in-Pieces A. di Sessa (diSessa, 2019). Rozvoj neurokonštruktivismu upevnil význam metódy vyučovania skefolding, ktorý sa vyznačuje reagovaním učiteľa (tútora) na aktuálne reakcie učiaceho sa, postupným utlmovaním podpory v rozvoji pojmu alebo spôsobilosti (v danom kontexte) a postupným prenosom zodpovednosti súvisiacej s daným pojmom alebo spôsobilosťou v danom kontexte na učiaceho sa. (Demkanin, 2022), (Demkanin, Novotná, 2021) Zaujímavá a perspektívna metóda rozvoja externalizácie procesov myslenia, metóda tiché video, je dostupná napríklad v článku (Velmovská, Gorčáková 2022).

Záver

V našej práci sa venujeme teórii Piatich pilierov mysle. V teoretickej časti práce sme uviedli rozvoj nových kognitívnych smerov vychádzajúcich z konštruktivismu. Následne sme bližšie predstavili teóriu Piatich pilierov mysle, ktorá bola formulovaná na základe súčasných výsledkov neurovied. V rámci tejto časti sme popísali jednotlivé piliere, ako aj všetky piliere ako celok.

Na základe tejto teórie sme analyzovali rozvoj myslenia učiaceho sa v kontexte naklonená rovina, čomu predchádzalo definovanie úrovne vedomostí a zručností žiaka osemročného gymnázia, maturanta z fyziky, súvisiacich s témou naklonená rovina. Následne sme vybrali dve fyzikálne úlohy, ktoré považujeme za štandardné úlohy s naklonenou rovinou pre žiaka pripravujúceho sa na maturitu z fyziky. V rámci týchto dvoch úloh sme identifikovali príklady jednotlivých pilierov mysle, čo sme následne využili pri analýze nami vytvorenej aktivity *Model pohybu lyžiara* v prostredí Coach. Vytvorili sme tabuľku, ktorá predstavuje prehľad potrebného rozvoja myslenia v kontexte naklonenej roviny spolu s identifikovanými piliermi, ktoré sú v rámci jednotlivých pojmov rozvíjané.

V poslednej časti bakalárskej práci sme uviedli návrhy autorky teórie Piatich pilierov mysle ako aplikovať túto teóriu do súčasných kurikul. Tiež sme uviedli metódy bežne využívané vo vyučovaní (nielen) fyziky a bližšie ich popísali z pohľadu neurokonštruktivismu.

Zoznam bibliografických odkazov

- DEMKANIN, P. 2018. *Didaktika fyziky*. Bratislava: Univerzita Komenského v Bratislave, 2018. 156 s. ISBN 978-80-233-4374-9.
- DEMKANIN, P. 2022. *Some issues we learned during distance education in scaffolding within pre/service physics teachers' training*. AIP Conference Proceedings 2458, 030005, 2022. Dostupné na: DOI:10.1063/5.007827.
- DEMKANIN, P., NOVOTNÁ, S., SUKELOVÁ, T. 2022. *Strategies and Challenges of Physics Curriculum – Refraction of light as an example of brain-friendly curriculum design*. Valencia: INTED, 2022. Dostupné na: DOI: 10.21125/inted.2022.0386.
- DEMKANIN, P., NOVOTNÁ, S. 2021. *Selected aspects of tutoring and scaffolding pre-service physics teachers*. Valencia: INTED, 2021. Dostupné na: DOI: 10.21125/inted.2021.1814
- DEMKANIN, P., KOVÁČ, M. 2019. *Effective individual work of pupils within physics education in the light of the learning sciences*. AIP Conference Proceedings 2152, 020002, 2019. Dostupné na: DOI: 10.1063/1.5124742.
- DISESSA, A. 2019. A Friendly Introduction to “Knowledge in Pieces”: Modeling Types of Knowledge and Their Roles in Learning. In: *G. Kaiser et al. (eds.), Invited Lectures from the 13th International Congress on Mathematical Education. ICME-13 Monographs*. Hamburg, 2019. Dostupné na: https://doi.org/10.1007/978-3-319-72170-5_5
- DUNCAN, T., KENNETT, H. 2014. *Cambridge IGCSE Physics*. Londýn: Hodder Education, an Hachette UK Company, 2014. 315 s. ISBN 978-1-4441-76421.
- HARLEN, W. 2015. *Working with Big Ideas of Science Education*. Trieste: Science Education Programme of IAP.
- KOUBEK, V., LAPITKOVÁ, V., DEMKANIN, P. 2009. *Fyzika pre 1. ročník gymnázia*. Prievidza: Združenie EDUCO. 152 s. ISBN 978-80-89431-00-7.
- LAPITKOVÁ, V., KOUBEK, V., MORKOVÁ, Ľ. 2012. *Fyzika pre 8. ročník základnej školy a 3. ročník gymnázia s osemročným štúdiom*. Martin: Vydavateľstvo Matice slovenskej, 2012. 196 s. ISBN 978-80-8115-045-6.

- MANSON, R. A., SCHUMACHER, R. A., JUST, M. A. 2021. The neuroscience of advanced scientific concepts. [online]. In: *Science of Learning*. 6, 29 (2021). The University of Queensland. [cit. 02.05.2022]. Dostupné na: <https://doi.org/10.1038/s41539-021-00107-6>.
- MORRIS, P. 2015. *Physics*. Londýn: Hodder Education, 2015. ISBN 9781471839337.
- OLDŘICH L., BEDNAŘÍK, M., ŠIROKÁ, M. 2008. *Fyzika, Sbírka úloh pro střední školy*. Praha: Prometheus, spol. s. r. o., 2008. 269 s. ISBN 978-80-7196-266-3.
- PETTY, G. 2013. *Moderní vyučování*. Praha: Portál, 2013. 358 s. ISBN: 978-8-026-2-0367-4.
- REYNOLDS, H. 2013. *Complete Physics for Cambridge Secondary 1*. Oxford: Oxford University Press, 2013. 255 s. ISBN 978-0-19-8390024-4.
- SAWYER, R., K. 2014. *The Cambridge handbook of the learning sciences*. Cambridge University Press, 2014. ISBN 978-1-107-03325-2.
- ŠPÚ (Štátny pedagogický ústav), 2019. *Cieľové požiadavky na vedomosti a zručnosti maturantov z fyziky*. [online]. Bratislava: ŠPÚ, 2019. [cit. 25-04-2022]. Dostupné na: https://www.statpedu.sk/files/sk/svp/maturitne-skusky/platne-od-sk-r-2018/2019/cp_fyzika_2019.pdf.
- ŠPÚ (Štátny pedagogický ústav), 2014. *Inovovaný štátny vzdelávací program pre 2. stupeň ZŠ: Fyzika – nižšie stredné vzdelávanie*. [online]. Bratislava: ŠPÚ, 2014. [cit. 17-04-2022]. Dostupné na: https://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/inovovany-statny-vzdelavaci-program/fyzika_nsv_2014-12-03.pdf.
- ŠPÚ (Štátny pedagogický ústav), 2014. *Inovovaný štátny vzdelávací program pre gymnáziá s osemročným vzdelávacím programom: Fyzika*. [online]. Bratislava: ŠPÚ, 2014. [cit. 17.4.2022]. Dostupné na: https://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/inovovany-statny-vzdelavaci-program/fyzika_g_8_r.pdf.
- ŠPÚ (Štátny pedagogický ústav), 2014. *Inovovaný štátny vzdelávací program pre gymnáziá so štvorročným a päťročným vzdelávacím programom: Fyzika*. [online]. Bratislava: ŠPÚ, 2014. [cit. 17.4.2022]. Dostupné na:

https://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/inovovany-statny-vzdelavaci-program/fyzika_g_4_5_r.pdf.

ŠPÚ (Štátny pedagogický ústav), 2021. *Východiská zmien vo vzdelávacích oblastiach – charakteristika a ciele vzdelávacích oblastí pre základné vzdelávanie (Podklad na verejné konzultácie)*. [online]. Bratislava: ŠPÚ, 2021. [cit. 1.5.2022]. Dostupné na: <https://vzdelavanie21.sk/wp-content/uploads/2022/01/2022-01-13-SPU-Vychodiska-zmien-vo-VO.pdf>.

TOKUHAMA-ESPINOSA, T. (2019) *Five Pillars of the Mind*. New York: W.W. Norton & Company Ltd. 2019. 221 s. ISBN 978-0-393-7-1321-3.

TOMANOVÁ, E., a kol. 1995. *Zbierka úloh z fyziky pre gymnáziá, I. časť*. Bratislava: SPN, 1995. 254 s. ISBN: 80-08-00590-4.

VELMOVSKÁ, K., GORČÁKOVÁ, S. 2022. *Oral Examinations of the Student During Distance Physics Education*. AIP Conference Proceedings 2458, 030036, 2022. Dostupné na: <https://doi.org/10.1063/5.0078421>.

VELMOVSKÁ, K., LAPITKOVÁ, V. 2015. *Pokusy pre učiteľa fyziky – vysokoškolská učebnica*. Bratislava: Knižné a edičné centrum FMFI UK, 2015. 270 s. ISBN 978-80-8147-033-2.

ŽOLDOŠOVÁ, K., a kol. 2018. *Prírodoveda – metodická príručka pre učiteľov prvého stupňa ZŠ*. Bratislava: Raabe, 2018. 400 s. ISBN 978-80-8140-320-0.

Zoznam príloh

Príloha č. 1: Pracovný list: Modelovanie pohybu lyžiara

Príloha č. 1: Pracovný list: Modelovanie pohybu lyžiara

Pracovný list: Modelovanie pohybu lyžiara

Okamžitá rýchlosť pohybu

Okamžitá rýchlosť je rýchlosť, ktorou sa teleso práve pohybuje. Veľkosť okamžitej rýchlosti sa môže v jednotlivých bodoch daného úseku trajektórie odlišovať od priemernej rýchlosti v_p . To znamená, že môže byť väčšia, alebo menšia ako priemerná, alebo sa teleso môže na určitý čas aj zastaviť. Rýchlosť telesa v pokoji je nulová.



Krátka diskusia

Zamysli sa nad nasledujúcim výrokom: **Rýchlosť pohybu telesa v istom čase je rýchlosť, ktorou by sa teleso pohybovalo, keby od tohto času bol jeho pohyb rovnomerný priamočiary.** Je tento výrok pravdivý? Diskutuj so spolužiakmi, svoje tvrdenie podlož argumentmi a zapíš si závery z diskusie.

(Priestor na poznámky k diskusií)

Zodpovedaj nasledujúce otázky:

1. Okamžitú rýchlosť telesa, ktoré sa pohybuje rovnomerne priamočiaro vieme určiť. Veľkosť rýchlosti telesa, ktoré sa pohybuje rovnomerne *nie je konštantná / je konštantná*. Jej veľkosť vypočítame zo vzťahu:

_____ .

2. Vieme určiť aj okamžitú rýchlosť telesa, ktoré sa pohybuje nerovnomerne? Ak áno, ako? Napríklad jazda autom, beh, bicyklovanie, atď.

Všeobecný plán

Modelujeme pohyb dvoch lyžiarov. Predpokladáme, že lyžiari sa len spustia dole (nerobia oblúky). Ich pohyb sa potom skladá z dvoch častí: pohyb dolu svahom a pohyb po rovine pod svahom. (viď obrázok a animácia) Tento zložený pohyb chceme pozorovať. Lyžiarov postavíme na svahy, ktoré si pomocou ovládania vytvoríme: meníme z - základňu a h_0 - výškové prevýšenie svahu. Zvolíme hmotnosť lyžiarov a môžeme začať sledovať ich pohyb. Sledujeme závislosť dráhy od času a rýchlosti od času, ktoré následne analyzujeme.

Analýza a vyhodnotenie výsledkov modelu pohybu lyžiara

1. **Na základe grafov urči, ako sa lyžiar pohybuje na svahu a pod svahom.**

Lyžiar sa na svahu pohybuje *rovnomerne zrýchlene/ rovnomerne priamočiaro/ rovnomerne spomalene/ nepohybuje sa*.

Lyžiar sa pod svahom pohybuje *rovnomerne zrýchlene/ rovnomerne priamočiaro/ rovnomerne spomalene/ nepohybuje sa*.

2. Z grafov urč presný čas, kedy lyžiar prejde zo svahu na rovinu pod svahom.

$$t_{prechod} =$$

3. Z grafu urč rýchlosť, ktorou sa lyžiar pohybuje na rovine pod svahom.

$$v_{rovina} =$$

4. Nastav rovnaké svahy pre lyžiarov ($h_{0_1}=h_{0_2}$ a $z_1=z_2$) a zisti, či sa pohyby lyžiarov líšia, ak majú lyžiari rôzne hmotnosti. Svoje tvrdenia podpor argumentmi.

Zistil/a som:

5. Ako súvisia výsledky modelu s výrokom: *Rýchlosť pohybu telesa v istom čase je rýchlosť, ktorou by sa teleso pohybovalo, keby od tohto času bol jeho pohyb rovnomerný priamočiary.*

6. Porovnaj svoje tvrdenia z úlohy 5 s tvrdeniami z diskusie.

Záver

V rámci počítačom podporovaného modelového experimentu sme skúmali okamžitú rýchlosť telesa, ktoré sa pohybuje nerovnomerne. Zistili sme, že za okamžitú rýchlosť môžeme považovať _____

_____.
Analyzovali sme nerovnomerný pohyb a grafy závislosti dráhy od času a rýchlosti od času nerovnomerného pohybu. Na záver sme skúmali, či hmotnosť lyžiara ovplyvní výsledky nášho modelového experimentu.

(priestor na zhrnutie – sem zapíš dôležité závery z modelového experimentu, čo nové si sa naučil/a, čo ťa prekvapilo, prípadne čomu ešte nerozumieš, a chcel/a by si to ďalej skúmať)