

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra anorganické chemie



ŽIVÁ PERIODICKÁ SOUSTAVA PRVKŮ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Autor: Bc. Veronika Bakošová
Studijní obor: Učitelství chemie pro střední školy / Učitelství biologie pro střední školy
Typ studia: Prezenční
Vedoucí práce: Mgr. Peter Antal, Ph.D.

Olomouc 2024

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci sepsala samostatně pod dohledem vedoucího diplomové práce a že jsem uvedla všechnu použitou literaturu na konci práce. Prohlašuji, že jsem v souvislosti s vytvořením této diplomové práce neporušila autorská práva.

Souhlasím s tím, aby byla tato práce přístupná v knihovně katedry anorganické chemie Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci.

V Olomouci dne 25. 4. 2024

Bc. Veronika Bakošová

Poděkování

Velice ráda bych poděkovala vedoucímu své diplomové práce panu Mgr. Peteru Antalovi, Ph.D. za skvělé odborné vedení, čas, trpělivost a vhodné připomínky při vypracovávání této práce. Dále bych chtěla velice poděkovat paní Bc. Zuzaně Brabcové za čas, ochotu a cenné rady při tvorbě výukového programu a poskytnutí prostoru a chemikálií v Pevnosti poznání ke zkoušení experimentů, slečně Ivaně Hanákové za pomoc u výukového programu, Střední odborné škole lesnické a strojírenské Šternberk a paní Mgr. Haně Spáčilové za účast na výukovém programu. Dále děkuji za finanční podporu projektu Studentské grantové soutěže na UP IGA_PrF_2024_031. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat svému manželovi, rodině a přátelům za jejich obrovskou podporu a motivaci.

Bibliografická identifikace:

Jméno a příjmení autora: Bc. Veronika Bakošová

Název práce: Živá periodická soustava prvků

Typ práce: Diplomová

Pracoviště: Katedra anorganické chemie, Přírodovědecká fakulta,
Univerzita Palackého v Olomouci

Vedoucí práce: Mgr. Peter Antal, Ph. D.

Rok obhajoby práce: 2024

Abstrakt:

Tato diplomová práce je zaměřena na periodickou soustavu prvků a tvorbu výukového programu pro Pevnost poznání na stejné téma. V teoretické části je vypracována literární rešerše týkající se historického vývoje periodické soustavy prvků, různých grafických znázornění periodické tabulky a její současné podoby. Teoretická část se dále věnuje trendům v periodické soustavě prvků, kde jsou vybrány některé chemické a fyzikální vlastnosti. Poslední pasáž teoretické části je věnována science centru Pevnost poznání v Olomouci, zejména jeho historii a poslání. Praktická část zahrnuje popis jednotlivých kroků při tvorbě výukového programu „Živé prvky“ pro Pevnost poznání. Součástí praktické části je metodický list obsahující výběr demonstračních a účastnických experimentů a další doprovodné materiály k programu. V rámci výukového programu byl proveden didaktický výzkum efektivity tohoto programu a naplnění stanovených výukových cílů. Z výzkumu vzešlo pozitivní hodnocení výukového programu a také podněty na základě, kterých došlo k organizační a časové úpravě programu.

Klíčová slova: periodická soustava prvků, periodické trendy, výukový program „Živé prvky“, demonstrační a žákovské experimenty

Počet stran: 71

Jazyk: Čeština

Bibliographical identification:

Author's first name and surname: Bc. Veronika Bakošová

Title: The living periodic table of elements

Type of thesis: Diploma

Department: Department of Inorganic Chemistry, Faculty of Science,
Palacký University Olomouc, Czech Republic

Supervisor: Mgr. Peter Antal, Ph. D.

The year of presentation: 2024

Abstract:

This thesis focuses on the periodic table of elements and the development of an educational program for Fort Science on the same topic. The theoretical part includes a literature review concerning the historical development of the periodic table of elements, various graphical representations of the periodic table, and its current form. Furthermore, the theoretical section examines trends in the periodic table of elements, highlighting selected chemical and physical properties. The final segment of the theoretical part addresses the science centre Fort Science in Olomouc, particularly its history and mission. The practical component entails a description of the individual steps involved in creating the educational program "Living Elements" for Fort Science. This includes a methodical guide comprising a selection of demonstration and participatory experiments, along with additional accompanying materials for the program. Within the educational program, a didactic study was conducted to assess its effectiveness and the fulfillment of predetermined educational objectives. The research yielded a positive evaluation of the educational program and provided insights leading to organizational and scheduling adjustments to the program.

Keywords: periodic table of elements, periodic trends, educational program
„Living Elements“, demonstration and participatory experiments

Number of pages: 71

Language: Czech

Obsah

1	ÚVOD	8
2	TEORETICKÁ ČÁST	9
2.1	Periodická soustava prvků v Rámcových vzdělávacích programech	9
2.2	Periodická soustava prvků	9
2.2.1	Historický vývoj periodické soustavy prvků	9
2.2.2	Grafická znázornění periodické soustavy prvků	11
2.2.3	Současná podoba periodické soustavy prvků	15
2.3	Trendy v periodické soustavě prvků	16
2.3.1	Elektronegativita	16
2.3.2	Ionizační energie	18
2.3.3	Elektronová afinita	19
2.3.4	Atomový poloměr	20
2.3.5	Skupenství	21
2.3.6	Kovový charakter	22
2.4	Pevnost poznání	23
2.4.1	Česká science centra	23
2.4.2	Neformální vzdělávání	23
2.4.3	Historie Pevnosti poznání	23
2.4.4	Vzdělávací programy v Pevnosti poznání	24
3	PRAKTICKÁ ČÁST	26
3.1	Výukový program Živé prvky	26
3.2	Podpůrné materiály k výukovému programu	26
3.2.1	Metodický list	26
3.2.2	Doprovodný text	36
3.2.3	Tabulky s trendy	50
3.2.4	Kartičky s pojmy	52
3.2.5	Samolepky na LEGO dlaždice	53
3.2.6	Materiály na magnetické tabule	53
3.3	Didaktický výzkum	54
4	VÝSLEDKY A DISKUZE	57
4.1	Výukový program Živé prvky	57
4.1.1	Teoretická část výukového programu	57

4.1.2	Praktická část výukového programu	59
4.2	Výsledky didaktického výzkumu	60
4.2.1	Hodnocení žáky	61
4.2.2	Hodnocení pedagogického dozoru	64
5	ZÁVĚR	65
6	POUŽITÁ LITERATURA	67
7	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	71

1 ÚVOD

Periodická soustava prvků představuje jednu z nejdůležitějších pomůcek v chemii. Tato soustava znázorňuje základní organizační uspořádání chemických prvků, umožňuje systematické zkoumání a porozumění vlastnostem a chování prvků. Periodickou tabulku zná téměř každý, minimálně z hodin chemie na základní škole. Většina školáků má ovšem k periodické tabulce negativní vztah, což bych chtěla touto prací změnit. Mým cílem je, aby žáci ve škole k periodické tabulce přistupovali jako k pomůcce, ne ke kusu papíru, který musí nosit do hodin chemie. Chtěla bych žáky naučit, jak v ní číst, a aby porozuměli jejím zákonitostem a našli v ní skryté kouzlo třeba prostřednictvím chemických experimentů.

Cílem této diplomové práce je vypracovat přehled informací, které se týkají periodické soustavy chemických prvků, a tvorba podpůrných materiálů (metodický list, sada demonstračních a žákovských pokusů, doprovodné materiály) do výukového programu pro Pevnost poznání na téma o periodické soustavě prvků.

První pasáž teoretické části je věnována periodické tabulce prvků. V úvodu je nastíněno postavení učiva o periodické soustavě v rámcovém vzdělávacím programu pro základní vzdělávání a pro gymnázia. V další části je popsán historický vývoj periodické soustavy prvků a některé její grafické typy. Následně je znázorněna aktuální podoba periodické soustavy, její uspořádání a klasifikace. Další kapitola pojednává o trendech některých chemických a fyzikálních vlastností v periodické tabulce. V poslední pasáži teoretické části je představeno science centrum Pevnost poznání, a možnosti neformálního vzdělávání, které nabízí.

Praktická část je věnována tvorbě výukového programu pro Pevnost poznání na téma o periodické soustavě prvků. V první části je popsána tvorba teoretické části programu, která se týká vymýšlení aktivit a metod k řešení problematiky týkající se trendů v periodické soustavě prvků. Také je popsán proces výběru vhodných demonstračních a žákovských experimentů. V praktické části je také charakterizováno, jak byly zpracovány podpůrné materiály k výukovému programu, a jaká je jejich výsledná podoba. V poslední části je představena metoda zjišťování dat formou evaluačního dotazníku pro žáky, výsledky tohoto didaktického výzkumu a na to navazující úpravy výukového programu.

CÍLE PRÁCE

- Vypracování přehledu informací týkajících se periodické soustavy chemických prvků.
- Vytvoření podpůrných materiálů (metodický list, sada demonstračních a žákovských pokusů) pro výukový program Periodická soustava prvků v Pevnosti poznání.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Periodická soustava prvků v Rámcových vzdělávacích programech

V Rámcovém vzdělávacím programu pro základní vzdělávání je téma periodické soustavy prvků zařazeno ve vzdělávací oblasti Člověk a příroda, konkrétněji ve vzdělávacím oboru Chemie. Výuka vzdělávacího oboru chemie začíná na českých základních školách až na 2. stupni. Učivo o periodické soustavě prvků patří ke vzdělávacímu obsahu Anorganické sloučeniny v rámci, kterého by mělo být probráno učivo o oxidech, kyselinách a hydroxidech, kyslíkatých a nekyslíkatých solích. Očekávanými výstupy žáka je porovnání vlastností a využití vybraných významných oxidů, kyselin, hydroxidů a solí, a zvážení vlivu významných zástupců těchto skupin sloučenin na životní prostředí. Dále by se měl žák orientovat na stupnici pH a umět sdělit příklady uplatnění neutralizace v praktickém životě. (1)

V Rámcovém vzdělávacím programu pro gymnázia je téma periodické soustavy prvků začleněno do vzdělávací oblasti Člověk a příroda a do vzdělávacího oboru Chemie. Chemie musí být v 1. a 2. ročníku do výuky zařazena, v dalších ročnících je však dobrovolná a stanovuje si ji školní vzdělávací program dané školy. Učivo o periodické soustavě prvků patří do kategorie Obecná chemie a následně do Anorganické chemie. Očekávanými výstupy žáka je přemýšlení nad vlastnostmi prvků a jejich chováním v chemických reakcích na základě poznatků o periodické soustavě prvků. (2)

2.2 Periodická soustava prvků

2.2.1 Historický vývoj periodické soustavy prvků

Periodická tabulka prvků je běžným plakátem ve školních třídách a na chodbách, ale je to více než jen tabulková organizace chemických prvků. Pomocí periodické tabulky lze předpovídat reaktivitu chemických prvků a průběh chemických reakcí, pochopit trendy ve vlastnostech a předpokládat vlastnosti ještě neobjevených prvků. (3)

Současná podoba periodické soustavy prvků je výsledkem více než 200 let práce mnoha vědců. Jedním z prvních badatelů, který se o uspořádání prvků pokusil, byl francouzský chemik Louis B. G. de Morveau, který v roce 1772 zkompletoval tabulku „chemicky jednoduchých látek“, která rozdělovala prvky na kovy a nekovy. Stejnou tabulku převzal francouzský chemik Antoine L. de Lavoisier do svého díla *Traité Élémentaire de Chemie*, které publikoval v roce 1789. (3), (4)

O 40 let později německý fyzik Johann W. Döbereiner zkoumal podobnost chemických a fyzikálních vlastností některých prvků. Odhalil trojice prvků a sloučenin (triády), u kterých

je hodnota atomové (příp. molekulové) hmotnosti středního prvku průměrem atomových (příp. molekulových) hmotností zbývajících prvků triády, např. CaO, SrO, BaO a NiO, CuO, ZnO. (3), (4)

V roce 1843 zařadil Leopold Gmelin do čtvrtého vydání *Handbuch der Chemie* 16 triád prvků. Roku 1857 zveřejnil Jean B. Dumas základní tabulku, která obsahovala 32 prvků uspořádaných v 8 sloupcích, a zobrazující jejich příbuznost. Francouzský geolog a mineralog Alexandre-Émile B. de Chancourtois v roce 1862 poprvé seřadil prvky na základě rostoucí atomové hmotnosti, přičemž prvky s podobnými chemickými vlastnostmi se nacházely ve stejných sloupcích. Následně roku 1863 zveřejnil uspořádání prvků do šroubovice. (4)

Lothar Meyer v roce 1864 vydal tabulku mocenství, která obsahovala 49 prvků. Téhož roku William Odling uspořádal 57 tehdy známých prvků podle narůstající atomové hmotnosti, přičemž prvky s podobnými vlastnostmi ležely ve vodorovných řadách. O rok později John A. R. Newlands zjistil, že každých 8 prvků má podobné vlastnosti a navrhnul zákon oktáv. Newlands také správně předpověděl hodnotu atomové hmotnosti dosud neobjeveného prvku germania. V letech 1868 až 1869 navrhnul Lothar Meyer křivku atomových objemů a také periodickou tabulku, která byla ovšem uveřejněna až roku 1895. (3), (4)

Roku 1869 Dmitrij I. Mendělejev publikoval periodický zákon, který říká, že vlastnosti prvků jsou periodickou funkcí jejich atomových hmotností. V periodické tabulce prvků z roku 1969 (*Obrázek 1*) jsou prvky ve vertikálních sloupcích uspořádány na základě rostoucích atomových hmotností. V horizontálních řadách jsou seřazeny prvky ve skupinách s příbuznými postupně se měnícími vlastnostmi. Mendělejev vydal různé verze periodické soustavy poskládané z 63 prvků a vynechal místo pro dosud neobjevené prvky. V dalších letech se věnoval úpravám a vylepšování periodické tabulky a předpověděl objev 10 prvků (Sc, Ga, Ge, Tc, Re, Po, Fr, Ra, Ac a Pa). Mendělejev předvídal vlastnosti některých neobjevených prvků, kterým dával zvláštní pojmenování na základě jejich umístění v tabulce. Používal k tomu předponu „eka“, tedy „pod“. Např. v 9. horizontální řadě předpověděl neznámý prvek mezi hliníkem $A_r(\text{Al}) = 27,4$ a uranem $A_r(\text{U}) = 116$, který nazval „eka-aluminium“, a předpověděl některé vlastnosti tohoto prvku a jeho sloučenin. Později byl eka-aluminium objeven jako prvek gallium. Podobně tak předpověděl objev neznámého prvku mezi křemíkem $A_r(\text{Si}) = 28$ a cínem $A_r(\text{Sn}) = 118$, který pojmenoval jako „eka-silicium“, charakterizoval jeho pravděpodobné vlastnosti a atomovou hmotnost 70. (3), (4), (5)

ОПЫТЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ.

ОСНОВАННОЙ НА ИХЪ АТОМНОМЪ ВѢСѢ И ХИМИЧЕСКОМЪ СХОДСТВѢ.

		Ti = 50	Zr = 90	? = 180.	
		V = 51	Nb = 94	Ta = 182.	
		Cr = 52	Mo = 96	W = 186.	
		Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,1.	
		Fe = 56	Rn = 104,4	Ir = 198.	
		Ni = Co = 59	Pi = 106,8	O = 199.	
H = 1		Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200.	
	Be = 9,1	Mg = 24	Zn = 65,2	Cd = 112	
	B = 11	Al = 27,1	? = 68	Ur = 116	Au = 197?
	C = 12	Si = 28	? = 70	Sn = 118	
	N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	Bi = 210?
	O = 16	S = 32	Se = 79,4	Te = 128?	
	F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	I = 127	
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133	Tl = 204.
		Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137	Pb = 207.
		? = 45	Ce = 92		
		?Er = 56	La = 94		
		?Yt = 60	Di = 95		
		?In = 75,8	Th = 118?		

Д. Менделѣевъ

Obrázek 1: Mendělejevova periodická tabulka z roku 1869 v ruštině (3)

V letech 1894 až 1898 Lord Rayleigh, William Ramsay a Morris W. Travers prokázali důkaz a následně vyizolovali vzácné plyny. Roku 1913 Niels Bohr prozkoumal periodickou tabulku z hlediska teorie struktury atomů a dokázal existenci jen 14 lanthanoidů. Ve stejném roce Henry G. J. Moseley zkoumal závislost frekvence charakteristického rentgenového záření, které emitují jádra jednotlivých prvků a odůvodnil tak pořadí prvků v tabulce. V roce 1940 došlo k syntéze prvního transuranu ${}_{93}\text{Np}$ díky práci Edwina McMillana a Philipa Abelsona. Syntéze dalších transuranů se věnoval dalších 15 let Glen T. Seaborg se svými kolegy. Roku 1944 prezentoval Seaborg aktinoidovou hypotézu a předpověděl objev 14 prvků v této skupině. (4)

2.2.2 Grafická znázornění periodické soustavy prvků

V posledních sto letech bylo vytvořeno přes 700 různých grafických znázornění periodické soustavy prvků nejrůznějších tvarů: krátké, trojúhelníkové, střední, dlouhé, spojitě, skládané, prostorové a další. (6), (7)

Krátká periodická tabulka

Krátké tabulky jsou známé již od Mendělejevovy publikace tabulky s osmi sloupci na základě podobnosti fyzikálně-chemických vlastností v každém sloupci. Krátká tabulka (Obrázek 2) s osmi sloupci je dodnes populární zejména v Rusku, kde se Mendělejev narodil. Dokonce i John A. R. Newlands vložil svou myšlenku o zákonu oktáv do krátké tabulky. (6)

Předností krátké formy periodické tabulky je její kompaktní velikost, ale také snadná orientace v základních informacích o prvcích a ve vztazích mezi prvky hlavní skupiny a přechodnými kovy. Její nevýhodou je omezené množství informací o prvcích. V tabulce jsou různé prvky seskupeny dohromady, nejsou tedy viditelné důležité chemické trendy, a také oddělení mezi kovy a nekovy je těžko rozpoznatelné. Krátká periodická tabulka je tedy spíše vhodná jako rychlý referenční zdroj základních informací o prvcích. (6)

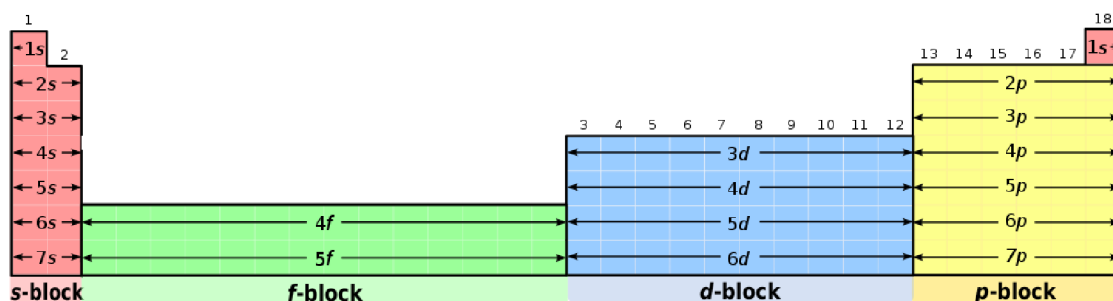
		Group																										
		a	I	b	a	II	b	a	III	b	a	IV	b	a	V	b	a	VI	b	a	VII	b	a	VIII	b			
1	I	H	1																					2	He			
2	II	Li	3		Be	4		B	5		C	6		N	7		O	8		F	9		Ne	10				
3	III	Na	11		Mg	12		Al	13		Si	14		P	15		S	16		Cl	17		Ar	18				
4	IV	K	19		Ca	20		Sc	21		Ti	22		V	23		Cr	24		Mn	25		Fe	26	27	Co	28	Ni
	V		29	Cu		30	Zn		31	Ga		32	Ge		33	As		34	Se		35	Br		36	Kr			
5	VI	Rb	37		Sr	38		Y	39		Zr	40		Nb	41		Mo	42		Tc	43		Ru	44	45	Rh	46	Pd
	VII		47	Ag		48	Cd		49	In		50	Sn		51	Sb		52	Te		53	I		54	Xe			
6	VIII	Cs	55		Ba	56		57-71			72	Hf		73	Ta		74	W		75	Re		76	Os	77	Ir	78	Pt
	IX		79	Au		80	Hg		81	Tl		82	Pb		83	Bi		84	Po		85	At		86	Rn			
7	X	Fr	87		Ra	88		89-103			104	Rf		105	Db		106	Sg		107	Bh		108	Hs	109	Mt	110	Ds
	XI		111	Rg		112	Cn		113	Nh		114	Fl		115	Mc		116	Lv		117	Ts		118	Og			
Higher oxides		R ₂ O		RO		R ₂ O ₃		RO ₂		R ₂ O ₅		RO ₃		R ₂ O ₇		RO ₄												
Volatile hydrogen compounds						[(RH ₃) _x]		RH ₄		RH ₃		RH ₂		RH														
57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71														
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu														
89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103														
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr														

Obrázek 2: Moderní forma krátké periodické tabulky (6)

Dlouhá periodická tabulka

Dlouhá periodická tabulka (*Obrázek 3*) obsahuje přibližně 32 sloupců, přičemž f-prvky nejsou z tabulky vyčleněny, ale jsou vloženy mezi s-prvky a d-prvky podle rostoucího protonového čísla. (6)

Výhodou dlouhé formy je správné postavení lanthanoidů a aktinoidů, díky kterému poskytuje tabulka více informací o vlastnostech prvků. Také jsou zde lépe viditelné trendy v chemických a fyzikálních vlastnostech prvků. Dlouhá tabulka také umožňuje rozdělení na bloky (s, p, d, f), což usnadňuje porozumění ve vztazích mezi prvky a jejich elektronovými konfiguracemi. Nevýhodou je ovšem její velká šířka a větší složitost, která je méně praktická pro vyhledávání základních informací o prvcích. (6)

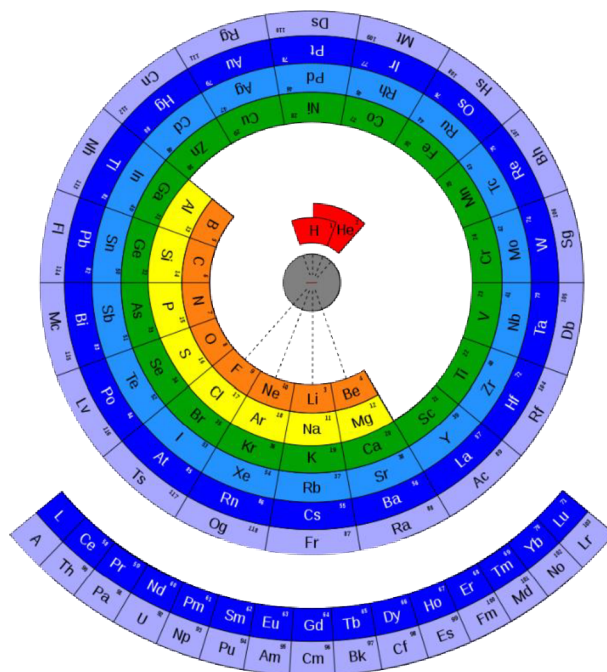


Obrázek 3: Dlouhá periodická tabulka (6)

Kruhová periodická tabulka

Kruhová periodická tabulka (*Obrázek 4*) je alternativní formou uspořádání prvků, která je navržena tak, aby lépe popsala vlastnosti prvků, např. tvar, atomovou strukturu, jádro apod. Kruhová forma periodické tabulky zahrnuje 18 skupin a 7 slupek (period). Pro číslování skupin jsou dodržována doporučení IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry). Slupky představují dráhy elektronů kolem jádra. Vodík a helium mají zvláštní postavení v první slupce. Stejně jako u klasické formy periodické tabulky jsou lanthanoidy a aktinoidy vyčleněny a umístěny pod kruhovou tabulku jako oblouk. (7)

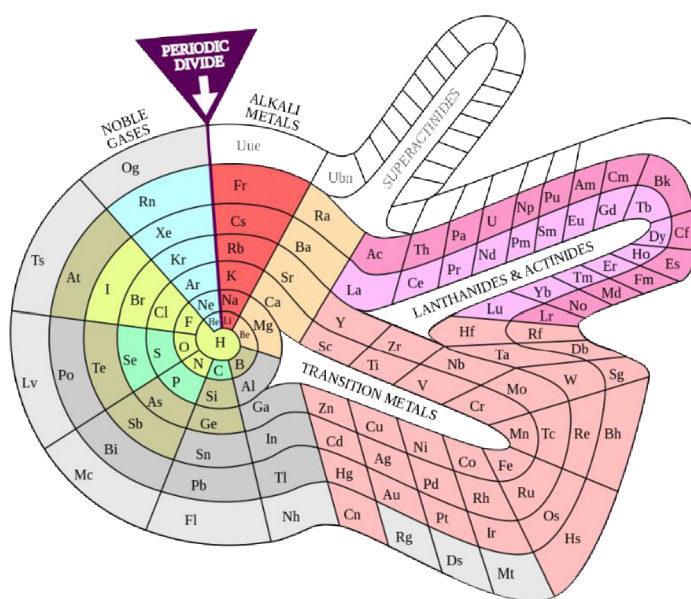
Grafické uspořádání kruhové periodické tabulky poskytuje vizuální pomůcku při zobrazování periodických cyklů. Díky kruhovému uspořádání s jádrem ve středu, znázorňuje tvar atomu dle Bohrova modelu. Atomový poloměr roste od vnitřních slupek po vnější. Kruhová forma umožňuje lepší porozumění chemickým trendům a vztahům mezi prvky. Na druhou stranu je tato forma méně tradiční podobou periodické tabulky, což může některým uživatelům způsobovat potíže v jejím čtení. (7)



Obrázek 4: Kruhová periodická tabulka (6)

Spirálová periodická tabulka

Uspořádání do tvaru spirály (*Obrázek 5*) publikoval v roce 1964 Theodor Benfey, který jednoznačně určil umístění lanthanoidů a aktinoidů. Spirála začíná vodíkem a postupuje směrem ven od středu, kde se postupně přidávají další prvky. Spirálová periodická soustava se skládá ze dvou poloostrovů (přechodných kovů, lanthanoidů a aktinoidů), a také umožňuje zavedení nových prvků (superaktinidů). (6)



Obrázek 5: Spirálová periodická tabulka (6)

2.2.3 Současná podoba periodické soustavy prvků

V současné verzi periodické tabulky jsou prvky uspořádány na základě rostoucího protonového čísla v sedmi vodorovných řadách, které se nazývají periody. Na konci každé periody se nachází vzácný plyn. Periody jsou očíslovány a shodují se s hodnotou hlavního kvantového čísla valenční vrstvy, která je u prvků dané periody postupně zaplňována elektrony. Do svislých sloupců, tzv. skupin, jsou zařazeny prvky se shodným počtem valenčních elektronů. Ve skupinách se nacházejí prvky se stejnými nebo podobnými vlastnostmi. Na základě doporučení IUPAC (Obrázek 6) jsou skupiny očíslovány arabskými číslicemi od 1 do 18. (8), (9)

IUPAC Periodic Table of the Elements

The image shows the IUPAC Periodic Table of the Elements. It is a grid of elements with columns numbered 1 to 18. Each element cell contains its atomic number, symbol, name, and atomic weight. The lanthanoids and actinoids are shown in separate rows below the main table. A key indicates that the atomic number is the top number, the symbol is in the middle, the name is at the bottom, and the atomic weight is at the very bottom.



For notes and updates to this table, see www.iupac.org. This version is dated 4 May 2022. Copyright © 2022 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.

Obrázek 6: Periodická soustava prvků dle UIPAC, verze z roku 2022 (10)

Na základě konfigurace valenční vrstvy dělíme prvky na nepřechodné prvky, kam patří prvky hlavních skupin (prvky s a p), které jsou situovány na začátku a na konci period. V prostředku jednotlivých period se nacházejí prvky d, které označujeme jako prvky přechodné. Jako prvky vnitřně přechodné označujeme prvky f, které jsou umístěny mimo periody. (8), (9)

U některých skupin prvků jsou v praxi využívány triviální názvy, přičemž se tyto prvky nemusí nacházet v rámci totožné skupiny periodické tabulky prvků:

alkalické kovy – Li, Na, K, Rb, Cs, Fr;

kovy alkalických zemin – (Be, Mg), Ca, Sr, Ba, Ra

(Be a Mg se někdy mezi kovy alkalických zemin neřadí kvůli rozdílným chemickým vlastnostem oproti ostatním prvkům 2. skupiny);

triely – Ga, In, Tl;
tetrelly – Si, Ge, Sn, Pb;
pentely – N, P, As, Sb, Bi;
chalkogeny – O, S, Se, Te, Po;
halogeny – F, Cl, Br, I, At;
vzácné plyny – He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn;
lanthanoidy – Ce až Lu;
aktinoidy – Th až Lr;
triáda železa – Fe, Co, Ni;
lehké platinové kovy – Ru, Rh, Pd;
těžké platinové kovy – Os, Ir, Pt;
a další. (8), (9)

U příležitosti 150. výročí Mendělejevovy publikace vyhlásilo UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) rok 2019 Mezinárodním rokem periodické tabulky. UNESCO na svých webových stránkách zveřejnilo: „*The Periodic Table of Chemical Elements is more than just a guide or catalogue of the entire known atoms in the universe; it is essentially a window on the universe, helping to expand our understanding of the world around us.*” (3)

2.3 Trendy v periodické soustavě prvků

V důsledku periodicity elektronové konfigurace valenční sféry atomů lze pozorovat periodicitu chemických a některých fyzikálních vlastností. Trendy v periodické soustavě prvků jsou změny chemických a některých fyzikálních vlastností prvků, k jejichž projevu dochází v periodách nebo skupinách periodické tabulky. Na tyto trendy má vliv několik faktorů: velikost atomu nebo iontu, počet protonů v jádře, počet elektronů v obalech apod. (4)

2.3.1 Elektronegativita

Elektronegativitu (χ) definujeme jako schopnost atomu poutat k sobě elektrony sdílené s jiným atomem v kovalentní vazbě. Můžeme ji také vyjádřit jako míru snahy atomu vytvářet iontovou sloučeninu. Elektronegativita je přínosná a pozoruhodná pro kvalitativní pochopení chemické vazby. (8), (11)

Pojem elektronegativita zavedl v roce 1932 Linus Pauling. K určování elektronegativity prvků Paulingovou metodou je potřeba získat experimentální data disociačních energií vazeb.

Hodnotícím základem byl určen nejelektronegativnější prvek atom fluoru F s hodnotou elektronegativity $\chi_F = 4$ (konkrétněji 3,98). Hodnoty Paulingových elektronegativit rostou se zvyšujícím se oxidačním číslem prvku. (4)

Roku 1934 navrhnul Robert Mulliken určení elektronegativit pomocí studia elektronových spekter atomů. Mulliken posuzoval schopnost atomů tvořit ionty. Pokud bude mít atom vysokou ionizační energii a vysokou elektronovou afinitu, poté bude významně poutat sdílený elektron ke svému jádru a lze ho považovat za silně elektronegativní atom. V opačné situaci bude atom elektropozitivní. Díky tomu určil elektronegativitu prvku jako průměrnou hodnotu jeho ionizační energie (E_I) a elektronové afinity (E_A) (2.1). (4), (12)

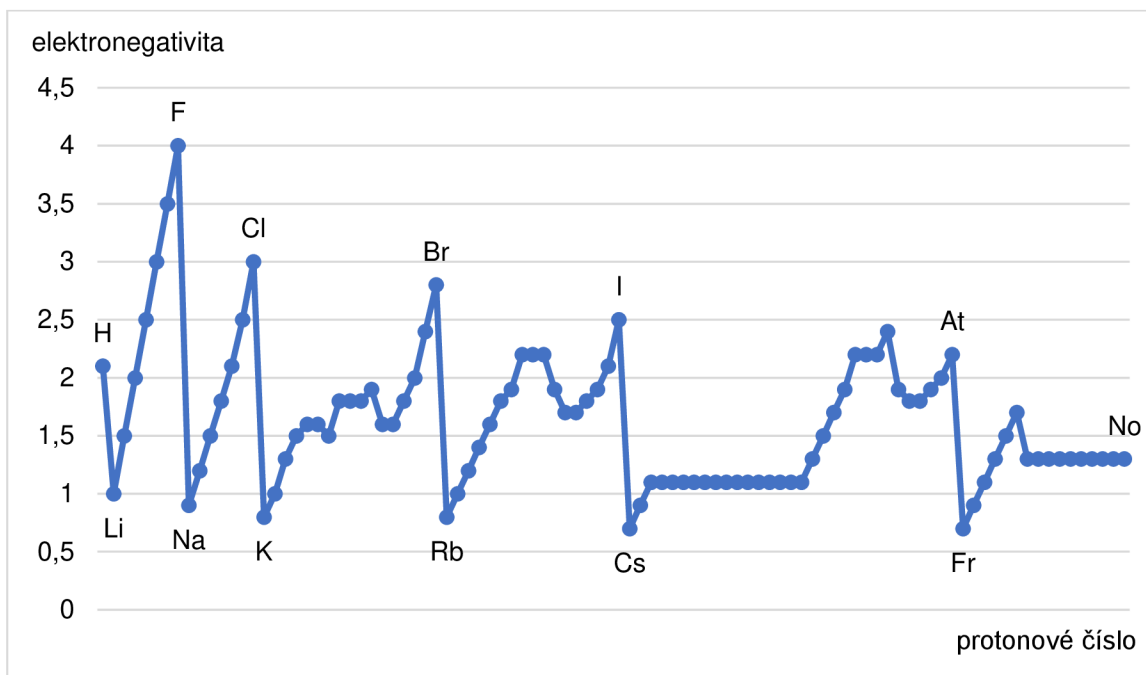
$$\chi_M = (E_I + E_A)/2 \quad (2.1)$$

Výzkumem elektronegativity se dále zabývali Louis Allred a Eugen Rochow, kteří určili coulombickou sílu jako míru, kterou poutá atom elektrony z kovalentní vazby. Hodnoty Allredovy-Rochowovy elektronegativity lze vypočítat na základě efektivního náboje jádra (Z_{ef}) a kovalentního poloměru (r_{kov}) podle vztahu (2.2). (8), (12)

$$\chi_{AR} = (3590 \cdot Z_{ef}/r_{kov}^2) + 0,744 \quad (2.2)$$

V periodách vzrůstá elektronegativita zleva doprava, protože se atomový poloměr zmenšuje a sdílené elektrony jsou blíže k jádru. Ve skupinách vzrůstá zdola nahoru (od 7. do 1. periody). Nejvyšší hodnotu elektronegativity má fluor, následně kyslík a dusík. Tyto prvky tedy nazýváme jako silně elektronegativní. Jako elektropozitivní označujeme prvky, které mají nízkou hodnotu elektronegativity. Z obecného hlediska platí, že nekovy jsou elektronegativní a kovy jsou elektropozitivní. (11), (12)

V anorganické chemii je nejpoužívanější Paulingova elektronegativita, která vychází z termochemických hodnot a může být vhodně využívána při předpovědi podobných údajů, např. k odhadu entalpie disociace vazby v molekule. Grafickou závislost Paulingovy elektronegativity na rostoucím protonovém čísle zobrazuje *Obrázek 7*. (12)



Obrázek 7: Graf závislosti elektronegativity (podle Paulinga) na rostoucím protonovém čísle (13)

2.3.2 Ionizační energie

Ionizační energii (I) můžeme definovat jako energii, která je potřebná k odtržení nejslaběji poutaného elektronu z neutrálního atomu v plynném stavu. Vzniká tedy kationt a elektron (2.3).



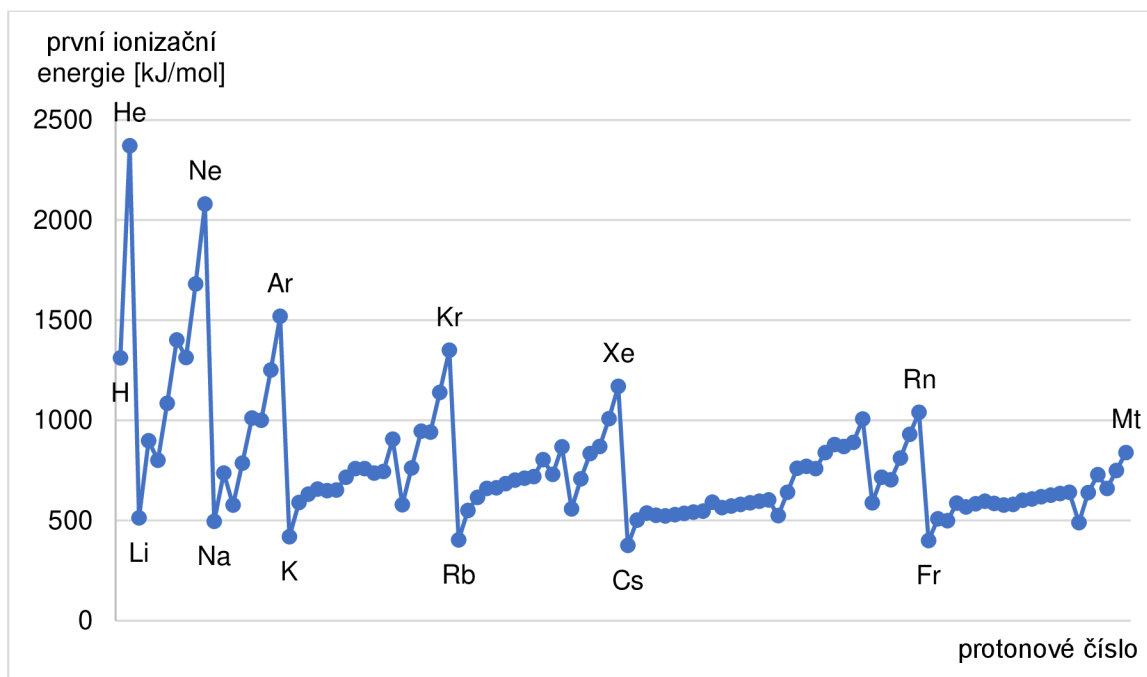
Aby došlo k odtržení prvního elektronu, je potřeba dodat první ionizační energii. K odebrání druhého elektronu je nutná druhá ionizační energie. Následně může dojít k ionizaci do třetího a vyššího stupně. Jednotkami ionizační energie jsou elektronvolty (udávané na 1 atom) nebo jouly (udávané na 1 mol atomů). (4), (8), (11)

Ionizační energie vždy nabývá kladné hodnoty, jelikož je potřeba vynaložit práci, která je nutná k oddálení jádrem přitahovaného elektronu od atomu. (8)

Závislost první ionizační energie atomů na jejich protonovém čísle zobrazuje *Obrázek 8*. Z periodické soustavy prvků můžeme zaznamenat několik poznatků. Hodnoty ionizační energie obecně v periodě rostou. Je viditelné, že nejnižší ionizační energii mají alkalické kovy. Naproti tomu atomy vzácných plynů nabývají vysokých hodnot ionizační energie. Všechny tyto zákonitosti mohou být vysvětleny pomocí elektronových konfigurací. Vzácné plyny (kromě

helium) nabývají elektronové konfigurace ns^2np^6 , takže disponují velkou stabilitou a k odstranění elektronu by bylo potřeba velké množství energie. (4), (8), (12)

První ionizační energie se zvyšuje v periodách zleva doprava, jelikož atomový poloměr se zmenšuje a elektrony jsou silněji poutány k jádru. Ve skupinách se snižuje s rostoucím protonovým číslem, protože atomový poloměr roste a elektrony jsou k jádru poutány volněji. Určuje stupeň stability izolovaného atomu a maximálních hodnot nabývá u inertních plynů. (11)



Obrázek 8: Graf závislosti první ionizační energie na rostoucím protonovém čísle (14)

2.3.3 Elektronová afinita

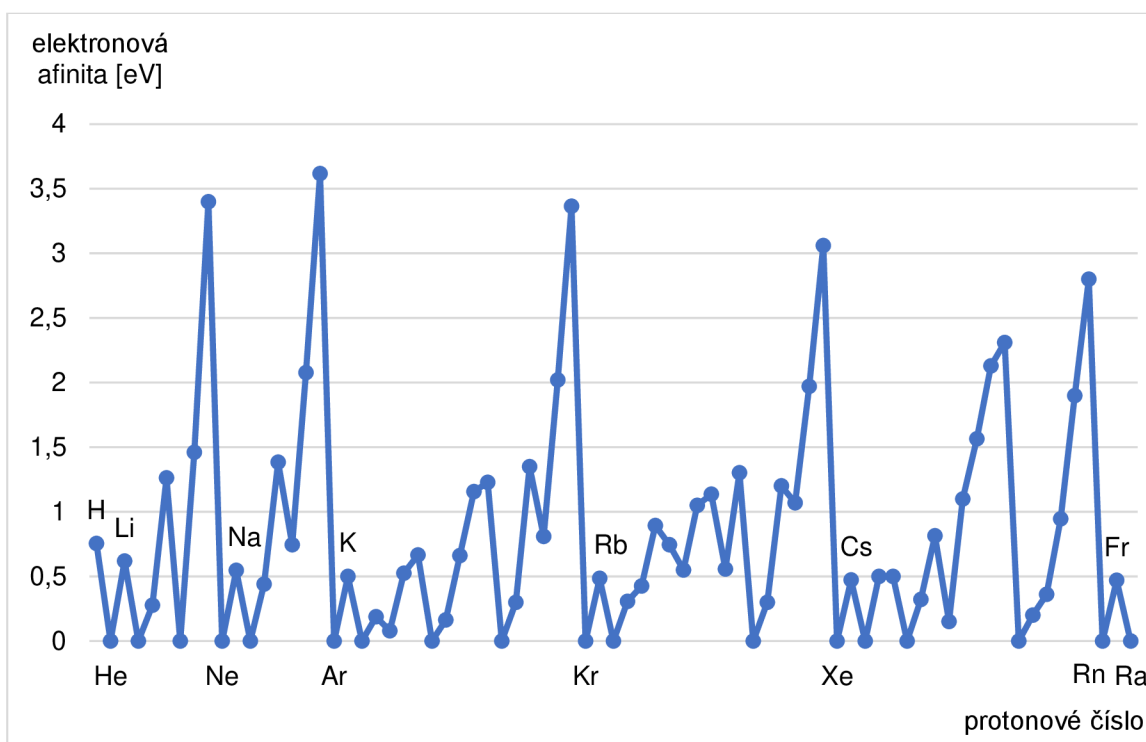
Energii uvolněnou při vzniku aniontu definuje elektronová afinita (A). Pokud přijme elektroneutrální atom v plynném skupenství elektron, dojde k uvolnění této energie (2.4).



V periodách dochází k růstu elektronové afinity zleva doprava. Ve skupinách dochází ke stejnému trendu jako u ionizační energie, tudíž klesá se zvyšujícím se protonovým číslem. Obrázek 9 znázorňuje závislost elektronové afinity na vzrůstajícím protonovém čísle. (11)

Většina prvků má kladnou hodnotu elektronové afinity. Navázání elektronu k neutrálnímu atomu je zpravidla exotermický proces. U některých prvků může elektronová afinita nabývat

nulové nebo záporné hodnoty. Prvky, které mají vysokou elektronovou afinitu, např. F, Cl, Br, I, ochotně vytvářejí anionty. (8), (11)

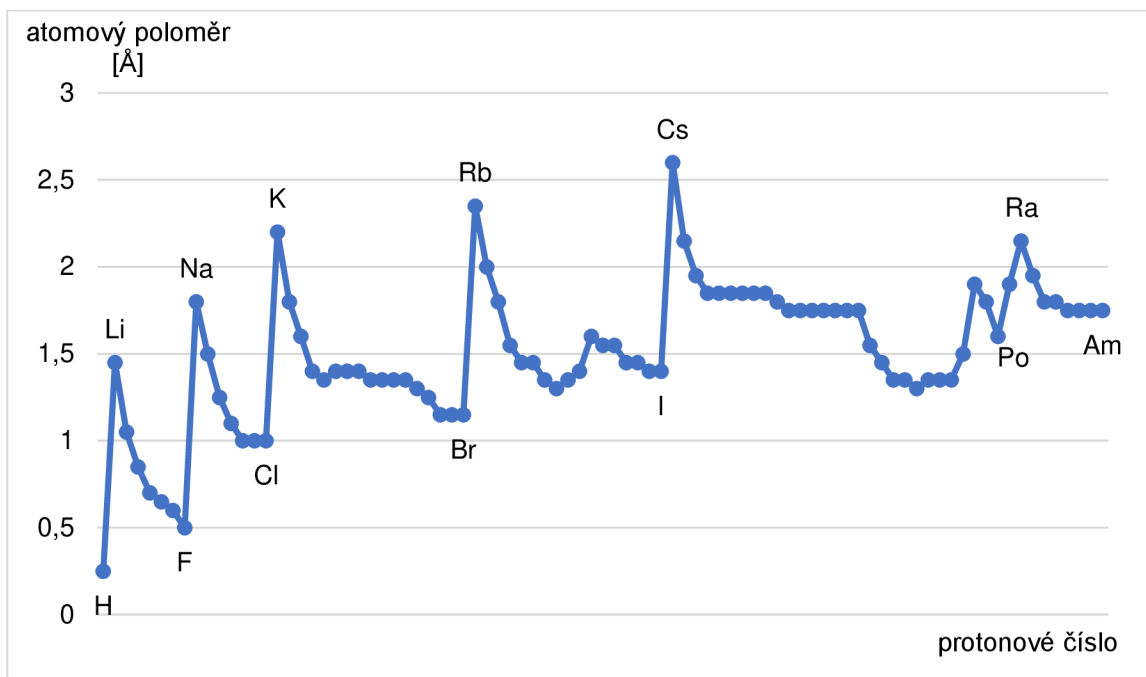


Obrázek 9: Graf závislosti elektronové afinity na rostoucím protonovém čísle (15)

2.3.4 Atomový poloměr

Poloměr atomů nemá přesné fyzikální vyjádření zejména kvůli tomu, že elektronový obal atomu a iontu je difuzní, a nelze tedy přesně stanovit jeho rozměry. Experimentálně dostupné jsou ovšem mezijaderné vzdálenosti iontů v iontových krystalech. Poloměr kovových prvků můžeme vyjádřit jako polovinu vzdálenosti mezi jádry nejbližších sousedících atomů v krystalové struktuře daného kovu. U nekovových prvků lze jejich kovalentní poloměr definovat jako polovinu vzdálenosti mezi jádry dvou atomů stejného prvku v molekule. (8)

Se vzrůstajícím protonovým číslem se atomový poloměr prvků v periodách zmenšuje, z důvodu růstu počtu valenčních elektronů a zvětšování přitažlivých sil mezi atomovým obalem a jádrem. Ve skupinách se atomové poloměry zvětšují s rostoucím protonovým číslem, jelikož se zvyšuje počet hladin v elektronovém obalu a roste vzdálenost mezi jádrem a vnějšími elektrony. Změnu atomového poloměru v závislosti na protonovém čísle znázorňuje *Obrázek 10*. (11)



Obrázek 10: Graf závislosti atomového poloměru na rostoucím protonovém čísle (16)

2.3.5 Skupenství

Při běžných podmínkách (teplota 20 °C a atmosférický tlak) je většina prvků v pevném skupenství (celkově 92 ze 118), přičemž vyplňují zejména levou a střední část tabulky. Zbývající pravou čtvrtinu tabulky zaplňují plynné prvky (celkově 11 ze 118). Za běžných podmínek se v kapalném skupenství nacházejí pouze 2 prvky – brom a rtuť. (17)

Skupenství prvků, tedy to, zda jsou v pevném, kapalném nebo plynném stavu, závisí na teplotě a tlaku. Každý prvek má svůj bod tání (teplota, při které je pevná a kapalná fáze v rovnováze) a bod varu (teplota, při které je kapalná fáze v rovnováze s plynnou, a při které kapalina vře v celém svém objemu), které jsou však závislé na okolním tlaku. (17)

Teplota tání je výrazně méně ovlivnitelná okolním tlakem než teplota varu. Při nižším tlaku se bod tání může snížit, což znamená, že pevné látky mohou přecházet do kapalného stavu při nižších teplotách než za normálního tlaku. Bod varu se v závislosti na okolním tlaku mění výrazně. Například ve vysokých horách, kde je nízký tlak, začne voda vřít již při 93 °C. Naopak v některých typech jaderných reaktorů s pracovním tlakem více než 15 MPa má voda teplotu varu nad 300 °C. (17)

2.3.6 Kovový charakter

Ze 118 prvků je téměř 80 % prvků kovových. Kovový charakter roste ve skupině shora dolů, v periodě zprava doleva. Periody tedy začínají alkalickým kovem a končí vzácným plynem (nekovem). Kovy a nekovy odděluje tzv. diagonála polokovů. (11), (18)

Kovy a nekovy se mezi sebou liší v několika fyzikálních a chemických vlastnostech, které shrnuje *Tabulka 1*.

Tabulka 1: Vlastnosti kovů a nekovů (11)

Kovy	Nekovy
Lesklé, kujné, tažné	Nemají kovový lesk, mnohdy křehké
Vodiče tepla a elektrického proudu	Nevodiče, příp. polovodiče
Mnohdy vysoká hustota	Nízká hustota
Tvorba kationtů	Tvorba aniontů
Redukční činidla	Oxidační činidla

Typickými fyzikálními vlastnosti kovů jsou kovový lesk, zpravidla stříbrošedá barva, kujnost a tvarovatelnost. Kovy jsou obecně dobré vodiče, tedy teplo i elektrický proud se jimi snadno šíří. S výjimkou rtuti ($t_{tání} = -38,8 \text{ °C}$) jsou při běžných podmínkách (teplota 20 °C) pevné látky. Fyzikální vlastnosti kovů vyplývají z charakteru kovové vazby. Je to způsobeno volnými elektrony v kovové mřížce, které jsou schopny přenášet teplo i elektrický proud. Kovy jsou z chemického hlediska elektropozitivní, mají tedy nízké hodnoty elektronegativity a současně nízkou ionizační energii. Proto ochotně odevzdávají elektrony ze své valenční vrstvy a mají tendenci tvořit spíše kationty. Oxidy kovů bývají většinou zásadotvorné. (11), (18)

Menší skupinu prvků zastupují nekovy, mezi které patří látky plynné (např. dusík, kyslík), kapalné (brom) i pevné (např. uhlík, fosfor). Nekovy mají mnohem větší vazebnou variabilitu, než pozorujeme u kovů. Z rozmanitých vazebných možností nekovů následně vyplývají i jejich různorodé fyzikální vlastnosti. Nekovy mají nižší tepelnou a elektrickou vodivost než nekovy. Nekovy totiž vytvářejí pevné kovalentní struktury, ve kterých jsou elektrony pevně vázané mezi atomy a nemohou se volně pohybovat, což omezuje jejich schopnost přenášet teplo a elektrický proud. Vysoká elektronegativita nekovů ovlivňuje jejich chemické vlastnosti. Nekovy mají schopnost tvořit záporné ionty tím, že přijímají elektrony do své valenční vrstvy za vzniku aniontů (např. F^- , O^{2-}). Oxidy nekovů bývají většinou kyselinotvorné. (11), (18)

Diagonála polokovů je specifická oblast v periodické soustavě prvků od bóru po astat. Prvky v této diagonále mají vlastnosti polokovů, což znamená, že mají některé charakteristiky kovů

a některé charakteristiky nekovů. Z fyzikálního pohledu mají s kovy společné pevné skupenství. Současně jsou ale špatné vodiče elektrického proudu nebo polovodiče, a nemusí mít kovový lesk. Reaktivita a chemické vlastnosti polokovů se také nachází mezi kovy a nekovy. Polokovy tvoří amfoterní oxidy. (18)

2.4 Pevnost poznání

2.4.1 Česká science centra

Společným cílem science center a planetárií je popularizace vědy, techniky a moderních technologií. Jejich posláním je prezentování vědy formou zábavy a interaktivních exponátů se vzdělávacími prvky. Jsou to místa, která slouží k smysluplnému trávení volného času návštěvníků všech věkových kategorií, a pro realizaci velkého množství aktivit zájmového a neformálního vzdělávání školních skupin i jednotlivců. (19), (20)

Česká republika nabízí k prozkoumání 7 institucí v 6 různých městech: VIDA! science centrum v Brně, Hvězdárna a planetárium Brno, Techmania Science Center v Plzni, Svět Techniky Ostrava, Planetárium Ostrava, Liberecké iQLANDIA Science Center, Hvězdárna a planetárium v Hradci Králové a Pevnost poznání v Olomouci. (21)

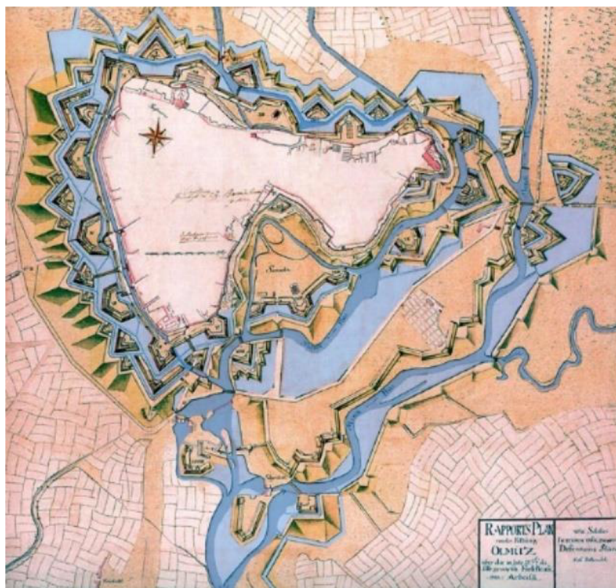
2.4.2 Neformální vzdělávání

Mezi neformální vzdělávání řadíme dobrovolné výchovně-vzdělávací aktivity, jejichž cílem je rozvoj schopností, dovedností, zájmů a potřeb mimo školní a rodinné prostředí. Neformálnímu vzdělávání se v České republice věnuje velké množství institucí veřejného, soukromého i nevládního typu. V posledním desetiletí můžeme k neformálnímu vzdělávání řadit science centra. (22), (23)

2.4.3 Historie Pevnosti poznání

Pevnost poznání vznikla rekonstrukcí čtyřpodlažního velkého dělostřeleckého skladu, který byl součástí Korunní pevnůstky. Korunní pevnůstka je složena z několika pevnostních objektů, jejichž budování začalo za vlády Marie Terezie. Ta se rozhodla v Olomouci vybudovat císařsko-královskou hraniční pevnost, tzv. bastionovou pevnost. Stavbě bastionové pevnosti předcházelo zboření všech olomouckých předměstí, a samotná výstavba byla zahájena v roce 1745. Bastionová pevnost byla dokončena v roce 1757 (*Obrázek 11*). Základ Korunní pevnůstky tvoří tzv. korunní hradba, která měla sloužit k ochraně zálivu, který byl tvořen hradbami a Mlýnským potokem. V polovině 19. století se objevil problém s nedostatkem

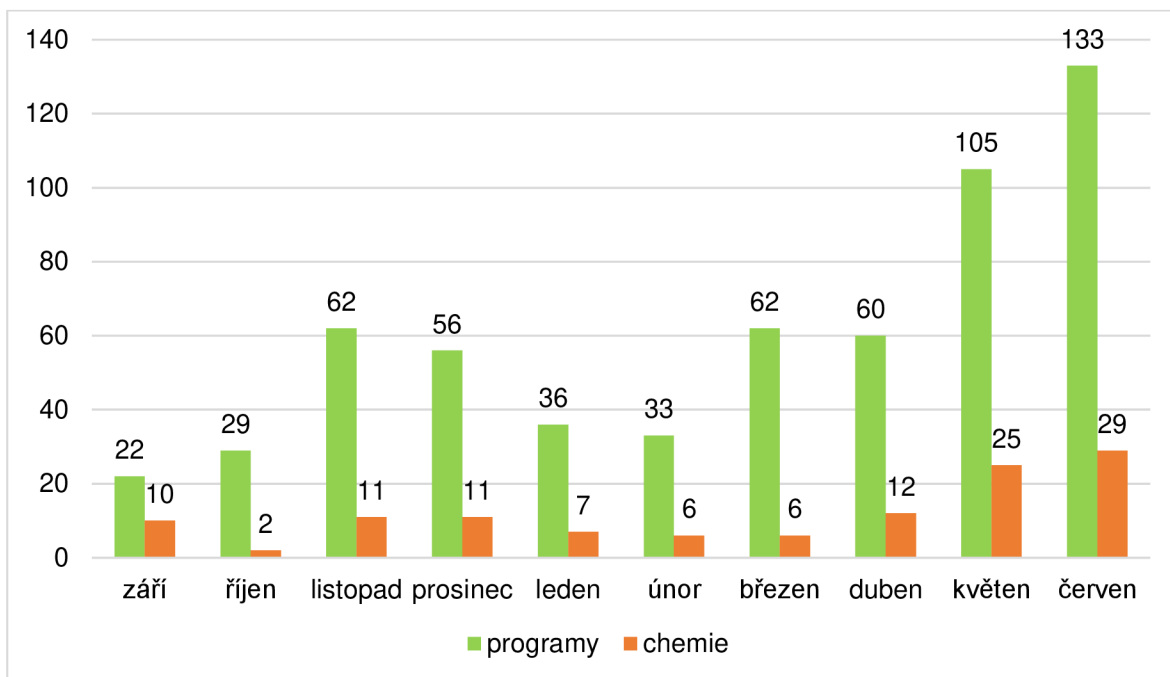
prostor pro uskladnění dělostřeleckého materiálu. Roku 1857 byl vybudován velký dělostřelecký sklad, ke kterému byl později doplněn menší dělostřelecký sklad. V roce 2010 byla chátrající budova velkého dělostřeleckého skladu prodána Univerzitě Palackého v Olomouci, která tak mohla začít s jeho rekonstrukcí a proměnou ve science centrum. Celá rekonstrukce byla prováděna pod přísným dohledem pracovníků Národního památkového ústavu v Olomouci, který dbal na maximální zachování autenticity této kulturní památky. (24), (25), (26)



Obrázek 11: Plán dokončené bastionové pevnosti z roku 1757 se zaplavením (24)

2.4.4 Vzdělávací programy v Pevnosti poznání

Pevnost poznání nabízí spoustu aktivit, ať už pro děti, školy nebo seniory. Mezi vzdělávací aktivity Pevnosti poznání patří edukační programy. Vzdělávací programy jsou určeny zejména pro školní skupiny zahrnující žáky předškolního, základního i středního vzdělávání. Výukové programy jsou navrženy tak, aby korespondovaly a navazovaly na rámcové vzdělávací programy a atraktivně doplnily školní formální výuku v neformálním prostředí interaktivního science centra. Výukové programy probíhají během školního roku, tedy od září do června. Největší zájem o výukové programy je však v květnu a červnu. *Obrázek 12* zobrazuje statistiku výukových programů ve školním roce 2022/2023, kde porovnává celkový počet výukových programů a programů z chemie. (23), (25), (27)



Obrázek 12: Graf zobrazující statistiku výukových programů ve školním roce 2022/2023

Vzdělávací programy v Pevnosti poznání jsou rozděleny do několika kategorií: biologie, fyzika, geografie, historie, chemie, matematika, speciální vzdělávací potřeby, centrum kritického myšlení, paměť národa a technická výchova. Školní skupina si navíc může zakoupit doprovodný program v kreativní dílně, vstup do celého muzea nebo zážitek v digitálním planetáriu. (24), (25)

3 PRAKTICKÁ ČÁST

3.1 Výukový program Živé prvky

Teoretická část výukového programu řeší problematiku trendů chemických a fyzikálních vlastností v periodické soustavě prvků. Jako nejlepší haptickou formu osvojení trendů v periodické soustavě prvků bylo zvoleno skládání trendů pomocí LEGO kostek. Pro potřeby teoretické části programu byly tedy nakoupeny šedé čtvercové LEGO podložky 32 x 32 výstupků (4 kusy), bílé LEGO kostky 2 x 2 (1000 kusů) a bílé LEGO dlaždice 2 x 2 (500 kusů). LEGO podložky byly na šířku krátké, takže došlo k jejich úpravě nařezáním a následným podlepením zalaminovaným papírem, aby jednotlivé části držely pohromadě.

Teoretická část programu obsahuje ještě další aktivitu, která se týká trendů v periodické soustavě prvků. Žáci dostanou kartičky s pojmy, které mají za úkol vyhledat s využitím umělé inteligence, např. ChatGPT, provést analýzu textu a připravit si krátké shrnutí pro ostatní spolužáky. Pro přípravu prezentace byly zakoupeny 4 kusy magnetické popisovací tabule velikosti 40 x 30 cm.

Praktická část výukového programu zahrnuje provádění demonstračních a žákovských experimentů. Konečný výběr experimentů byl dokončen na základě osobních preferencí a po dohodě se školitelem a vedoucí sekce chemie v Pevnosti poznání. Sada demonstračních a účastnických experimentů obsahuje 8 variant pokusů: 1. – 7. skupinu periodické soustavy prvků, ušlechtilé a neušlechtilé kovy.

3.2 Podpůrné materiály k výukovému programu

3.2.1 Metodický list

Metodický list byl vytvořen v programu Microsoft Word podle šablony výukových programů Laboratoře poznání. Metodika byla napsána s přihlédnutím na lektory laboratoře, kteří některé experimenty znají, ví, kde jsou uskladněny připravené roztoky atd. K metodickému listu přísluší doprovodný text, který slouží jako informační podklad pro lektory.

Při vyhledávání experimentů bylo čerpáno zejména z literárních a internetových zdrojů. Nejvíce vyhovujícím zdrojem pokusů byla bezpochyby skriptá Školní pokusy z chemie (28), ale využity byly také knihy z osobních zdrojů, Knihovny Univerzity Palackého v Olomouci a Knihovny Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého.

Seznam použitých experimentů:

Barvení plamene kationty kovů 1. skupiny (28);

Elektrolýza roztoku chloridu sodného (29);

Barvení plamene kationty kovů 2. skupiny, zapalování hořčíku (28);

Příprava a vlastnosti oxidu uhličitého (28);

Pyroluminiscence (30);

Amfoterní vlastnosti hliníku, štěknutí vodíku (28), (31);

Chemická zahrádka (28);

Adsorpční účinky aktivního uhlí (28);

Pokusy s kapalným dusíkem (32);

Je Coca-Cola zdravá? (33);

Reakce síry se zinkem (34);

Příprava kyslíku rozkladem manganistanu draselného (28);

Sloní zubní pasta (28);

Pozinkování a vznik mosazi (35), (36);

Elektrochemická řada napětí kovů (28).



METODICKÝ LIST

Živé prvky

Cílová skupina: SŠ

Časová náročnost: 45 min.

Anotace: Periodickou tabulku prvků zná téměř každý. Někomu se vybaví děsivý obraz na stěně učebny chemie, jinému zase vtipné básničky jako mnemotechnické pomůcky na zapamatování prvků. Na první pohled nudná tabulka plná okének a údajů. Nechte se ale ponořit do jejich tajemství, zjistěte, jaké zákonitosti v tabulce platí, a seznamte se s vlastnostmi prvků prostřednictvím chemických experimentů.

Výukové cíle:

- Žák pracuje v chemické laboratoři podle předem stanoveného postupu práce.
- Žák spolupracuje ve skupině, kde zpracovává a prezentuje zadanou problematiku.
- Žák získává informace s použitím umělé inteligence a analyzuje vygenerovaný text.
- Žák provede jednoduchý pokus s použitím základních laboratorních pomůcek a chemikálií.
- Žák aplikuje základní znalost o vlastnostech prvků a jejich chování v chemických procesech při provádění a vyhodnocování jednoduchých chemických reakcí.

Vzdělávací oblast: Člověk a příroda

Klíčové kompetence: k učení / k řešení problémů / komunikativní / sociální a personální / občanská

Provázanost v RVP G: Chemie (RVP G) – Obecná chemie – periodická soustava prvků

Průřezová témata: Osobnostní a sociální výchova, Environmentální výchova

Univerzita Palackého v Olomouci, 2024, Pevnost poznání

Pomůcky: pomůcky pro evokaci (barevné kartičky s pojmy, periodické tabulky prvků s trendy, LEGO kostky, LEGO podložky, krabičky s LEGO dlaždicemi, magnetické tabule s pomůckami, psací potřeby, tablety), jednotlivé pomůcky a chemikálie pro žákovské a demonstrační pokusy.

Specifické požadavky:

- Program se realizuje v laboratoři Pevnosti poznání. Aby vše proběhlo co nejlépe a bezpečně, doporučuje se realizovat program formou tandemové výuky.
- Realizace programu je podmíněna přítomností pedagogického dozoru skupiny v laboratoři po celou dobu jeho trvání.

Příprava před programem: Je důležité, aby lektor přišel minimálně 45 minut před začátkem školního programu. Před začátkem programu je třeba přichystat pracovní místa pro žáky. Počet pracovních míst se odvíjí od počtu žáků, kteří se programu účastní. Chystají se pracovní místa pro dvojice a experimenty podle poznámky v objednávce vzdělávacího programu.

Metody práce:

- metody slovní – vysvětlování, výklad, rozhovor
- metody názorně–demonstrační – pozorování dějů, předmětů, předvádění demonstračního pokusu, demonstrace obrázků
- metody praktické – žákovský pokus
- aktivizační metody – heuristické metody, diskusní metody

BODOVÝ SCÉNÁŘ

- Stručný popis aktivit včetně jejich časové náročnosti (čas)
- **Úvodní formality** (5 min.)

|lektoři| Účastníky přivítáme cca 5 minut před začátkem programu ve foyer Pevnosti poznání a třídu rozdělíme do skupin.

|lektoři| Účastníky odvedeme do laboratoře, necháme je odložit si věci a seznámíme je s bezpečnostními předpisy práce v laboratoři. Seznámení s bezpečnostními předpisy potvrdí pedagogický doprovod podpisem na záznam o seznámení s bezpečností. Poté žákům sdělíme, co je v následujícím čase čeká.

- **Evokace/motivace** (20 min.)

|lektoři| Účastníkům náhodně rozdáme kartičky a vyzveme je, aby se rozdělili do skupin dle barev na kartičkách (skupina má max. 4 členy).

|účastníci| Účastníci se rozdělí do skupin podle barev na kartičkách. Každá skupina bude zkoumat jeden trend v periodické soustavě prvků.

|lektoři| Skupinám rozdáme periodické tabulky prvků podle trendů na kartičkách, které si vylosovali. Každé skupině dáme podložku, kostky LEGA, tablet, magnetickou tabuli s pomůckami a psací potřeby.

Modrá – skupenství prvků

Zelená – atomový poloměr

Červená – kovový charakter

Žlutá – elektronegativita

|účastníci| Účastníci budou mít za úkol poskládat daný trend v periodické soustavě prvků pomocí LEGO kostek. Na jejich kartičkách se nachází různé pojmy související s daným trendem. Účastníci musí vyhledat danou vlastnost a k ní příslušné pojmy s pomocí umělé inteligence (např. ChatGPT) a připravit si prezentaci pro ostatní skupiny, do které musí pojmy zakomponovat. Pro přípravu prezentace mohou využít magnetické tabule s psacími potřebami. Pokud bude některá ze skupin rychle hotová, dáme jim navíc LEGO dlaždice se značkami prvků, které mohou do stavebnice doplnit. Jakmile budou všechny skupiny hotovy, každá skupina daný trend odprezentuje ostatním.

|účastníci| Účastníci vytvoří dvojice a každá se přesune k jednomu stanovišti.

• **Účastnický pokus, demonstrační pokus** (15 min.)

V této části programu budou žáci provádět žákovský pokus a lektori demonstrační pokus podle skupiny periodické soustavy, kterou si škola vybrala při objednávce programu. Pokusy je tedy potřeba připravit dle objednávky.

[lektori] Lektori předvádějí účastníkům demonstrační pokus s příslušným komentářem. Následně vysvětlí účastníkům pokyny k jejich žákovskému pokusu.

[účastníci] Účastníci ve dvojicích provádějí žákovský pokus podle pokynů lektora. Zbývající čas lze vyplnit povídáním o principu pokusů, zápisem rovnic reakcí, vlastnostech prvků a jejich sloučenin, využití v běžném životě apod. (viz. **DOPROVODNÝ TEXT**)

Výběr experimentů pro 1. skupinu PSP:

BARVENÍ PLAMENE KATIONTY KOVŮ 1. SKUPINY (demonstrační pokus)

Pomůcky: plynový hořák, rozprašovače s roztoky

Chemikálie: 1% roztoky chloridu lithného, sodného, draselného, rubidného, cesného v ethanolu

Pracovní postup: Pokus provádíme v digestoři.

- 1) Zapálíme plynový hořák.
- 2) Postupně do něj rozprašujeme roztoky kationtů kovů.

ELEKTROLÝZA ROZTOKU CHLORIDU SODNÉHO (účastnický pokus)

Pomůcky: U-trubice se dvěma bočními vývody, stojany, držáky, svorky, kádinky, skleněné tyčinky, lžičky, Pasteurovy pipety, uhlíkové elektrody, zdroje stejnosměrného napětí (baterie 9 V), vodiče s krokosvorkami

Chemikálie: chlorid sodný, 0,1% roztok fenolftaleinu v ethanolu, jodoškrobový papírek, voda

Pracovní postup:

- 1) Připravíme roztok chloridu sodného rozpuštěním 0,5 lžičky chloridu sodného v 50 ml vody. Skleněnou tyčinkou rozmícháme až do rozpuštění soli.
- 2) U-trubici upevníme do stojanu a naplníme ji připraveným roztokem elektrolytu tak, aby hladina elektrolytu byla kousek pod bočními vývody.
- 3) Do katodové strany U-trubice přidáme 2 kapky fenolftaleinu.
- 4) Do obou vývodů U-trubice ponoříme uhlíkové elektrody, které by měly být v elektrolytu ponořeny alespoň 1 cm.
- 5) Elektrody připojíme ke zdroji stejnosměrného napětí pomocí vodičů a zahájíme elektrolýzu.
- 6) Jodoškrobový papírek zasuneme do anodového bočního vývodu U-trubice.

Výběr experimentů pro 2. skupinu PSP:

BARVENÍ PLAMENE KATIONTY KOVŮ 2. SKUPINY, ZAPALOVÁNÍ HOŘČÍKU

(demonstrační pokus)

Pomůcky: plynový hořák, rozprašovače s roztoky, kleště, porcelánová miska

Chemikálie: 1% roztoky chloridu vápenatého, strontnatého hexahydrátu, barnatého dihydrátu v ethanolu, hořčiková páska

Pracovní postup: Pokus provádíme v digestoři.

- 1) Zapálíme plynový hořák.
- 2) Postupně do něj rozprašujeme roztoky kationtů kovů.
- 3) Do kleští chytíme hořčikovou pásku a nad porcelánovou miskou ji hořákem zapálíme.

PŘÍPRAVA A VLASTNOSTI OXIDU UHLIČITÉHO (účastnický pokus)

Pomůcky: odsávací baňky, zátky, gumové hadičky, kádinky, lžičky, Pasteurovy pipety, čajové svíčky, špejle, zapalovač, zkumavky, stojany na zkumavky

Chemikálie: uhličitán vápenatý, zředěná kyselina chlorovodíková (1 : 1), vápenná voda (2 g oxidu vápenatého rozpustíme ve 100 ml vody. Následně přefiltrujeme.)

Pracovní postup:

- 1) Do odsávací baňky dáme 2 lžičky uhličitánu vápenatého. S pomocí Pasteurovy pipety přidáme zředěnou kyselinu chlorovodíkovou a baňku uzavřeme zátkou.
- 2) **Nepodporuje hoření:** V kádince zapálíme svíčku. Na dno kádinky vnášíme gumovou hadičkou vznikající oxid uhličitý z odsávací baňky.
- 3) **Reakce s vápennou vodou:** Do zkumavky s vápennou vodou přivádíme gumovou hadičkou oxid uhličitý z odsávací baňky.
- 4) **Důkaz uhličitánů v přírodních látkách:** Do zkumavky vložíme kousek vaječné skořápky a přikápneme zředěnou kyselinu chlorovodíkovou. Vznikající oxid uhličitý můžeme prokázat vložením hořící špejle do zkumavky.

Výběr experimentů pro 3. skupinu PSP:

PYROLUMINISCENCE (demonstrační pokus)

Pomůcky: hliníkový kalíšek, trojnožka, trianql, Pasteurova pipeta, zapalovač, špejle

Chemikálie: pyroluminiscenční směs (roztok trimethylesteru kyseliny borité)

Pracovní postup: Pokus provádíme v digestoři.

- 1) Do hliníkového kalíšku nalijeme 2 ml pyroluminiscenční směsi. Kalíšek postavíme do trianqlu na trojnožce.
- 2) Směs zapálíme hořící špejlí a kontrolujeme do úplného dohoření.

AMFOTERNÍ VLASTNOSTI HLINÍKU, ŠTĚKNUTÍ VODÍKU (účastnický pokus)

Pomůcky: zkumavky, stojany na zkumavky, Pasteurovy pipety, čajové svíčky, zapalovače

Chemikálie: hliníkový alobal, zředěná kyselina chlorovodíková (1 : 1), 10% roztok hydroxidu sodného, voda

Pracovní postup:

- 1) Připravíme si 3 zkumavky a do čtvrtiny jejich obsahu je naplníme. Do první přidáme zředěnou kyselinu chlorovodíkovou, do druhé roztok hydroxidu sodného a do třetí vodu.
- 2) Do všech zkumavek vložíme malou kuličku alobalu a pozorujeme reakce.
- 3) V první a druhé zkumavce dochází k uvolňování vodíku, který jímáme do čisté zkumavky obrácené dnem vzhůru.
- 4) Po naplnění zkumavku uzavřeme prstem, přiložíme ji k plameni svíčky a co nejrychleji odkryjeme ústí zkumavky. Dojde k tzv. štěknutí vodíku.

Výběr experimentů pro 4. skupinu PSP:

CHEMICKÁ ZAHRÁDKA (demonstrační pokus)

Pomůcky: zkumavky, stojan na zkumavky, kádinka, pinzety

Chemikálie: roztok zředěného vodního skla (1 : 1), chlorid železitý, chlorid kobaltnatý hexahydrát, síran železnatý heptahydrát, síran nikelnatý hexahydrát, voda

Pracovní postup:

- 1) Před začátkem programu si naředíme roztok vodního skla, připravíme 4 zkumavky a do každé vložíme pár krystalů jiné soli.
- 2) Během programu nalijeme roztok zředěného vodního skla do všech zkumavek asi do 1/3 jejich výšky.
- 3) Necháme působit, mezitím se přesuneme k účastnickému pokusu a potom se vrátíme a ukážeme výsledek.

ADSORPČNÍ ÚČINKY AKTIVNÍHO UHLÍ (účastnický pokus)

Pomůcky: stojany, filtrační kruhy, nálevky, skleněné tyčinky, kádinky, lžičky, filtrační papír, nůžky

Chemikálie: aktivní uhlí, voda, potravinářská barviva

Pracovní postup:

- 1) Sestavíme filtrační aparaturu. Vystříhneme a poskládáme filtr, který vložíme do nálevky.
- 2) Do kádinky dáme 100 ml vody a trochu potravinářského barviva.
- 3) Do roztoku přidáme lžičku aktivního uhlí a pořádně zamícháme.
- 4) Roztok přefiltrujeme. Zhodnotíme zbarvení filtrátu a původního roztoku.

Výběr experimentů pro 5. skupinu PSP:

POKUSY S KAPALNÝM DUSÍKEM (demonstrační pokus)

Pomůcky: polystyrenová nádoba, Dewarova nádoba, rukavice, gumové balónky, plastová nálevka

Chemikálie: kapalný dusík

Pracovní postup:

- 1) **Změna objemu plynu:** Nafoukneme gumový balónek a zavážeme jej. Balónek polijeme kapalným dusíkem a pozorujeme zmenšení jeho objemu.
- 2) **Exploze balónku:** Do gumového balónku nalijeme plastovou nálevkou trochu kapalného dusíku. Balónek rychle zauzlujeme.

JE COCA-COLA ZDRAVÁ? (účastnický pokus)

Pomůcky: zkumavky, stojany na zkumavky, kádinky, Pasteurovy pipety, lžičky, univerzální indikátorové papírky

Chemikálie: Coca-Cola, zředěná kyselina chlorovodíková (1 : 1), mléko, vaječné skořápky, hydrogenuhličitan sodný

Pracovní postup:

- 1) **Měření pH:** Pomocí univerzálních indikátorových papírků změříme pH Coca-Coly a zředěné kyseliny chlorovodíkové.
- 2) **Vliv kyseliny na přírodní látky obsahující uhličitany:** Do dvou zkumavek si připravíme kousky vaječné skořápky. Do první zkumavky přidáme Coca-Colu a do druhé zřed. kyselinu chlorovodíkovou.
- 3) **Reakce s jedlou sodou:** Do dvou zkumavek si dáme lžičku hydrogenuhličitanu sodného. Do první zkumavky přidáme Coca-Colu a do druhé zřed. kyselinu chlorovodíkovou.
- 4) **Reakce s bílkovinou:** Dvě zkumavky naplníme do poloviny mlékem. Do první zkumavky přidáme Coca-Colu a do druhé zřed. kyselinu chlorovodíkovou.
- 5) Porovnáme hodnoty pH a výsledky reakcí mezi Coca-Colou a zředěnou kyselinou chlorovodíkovou.

Výběr experimentů pro 6. skupinu PSP:

REAKCE SÍRY SE ZINKEM (demonstrační pokus)

Pomůcky: trojnožka, triangl, hliníkový kalíšek, malá lžička, zapalovač, špejle, filtrační papír

Chemikálie: prášková síra, práškový zinek

Pracovní postup: Pokus provádíme v digestoři.

- 1) Do hliníkového kalíšku dáme půl malé lžičky práškové síry a celou malou lžičku práškového zinku.
- 2) Směs pečlivě promícháme a kalíšek se směsí přeneseme do trianglu na trojnožce podložené filtračním papírem.

- 3) Směs zapálíme hořící špejlí.

PŘÍPRAVA KYSLÍKU ROZKLADEM MANGANISTANU DRASELNÉHO (účastnický pokus)

Pomůcky: stojany, držáky, svorky, zkumavky, lihové kahany, skleněné odměrné válce, lžičky, zapalovače, špejle

Chemikálie: manganistan draselný, voda

Pracovní postup:

- 1) Zkumavku upevníme do stojanu do vodorovné polohy.
- 2) Do zkumavky dáme půl lžičky manganistanu draselného a začneme zahřívat.
- 3) Jakmile začne ve zkumavce „praskání“, vložíme do ní doutnající špejli. Dochází k rozhoření špejle.
- 4) Pokračujeme v zahřívání, dokud probíhá termický rozklad. Po skončení necháme zkumavku vychladnout (*mezitím může lektor ukázat demonstrační pokus*).
- 5) Odměrný válec naplníme vodou a vysypeme do něj obsah zkumavky. Dochází k barevné difuzi.

Výběr experimentů pro 7. skupinu PSP:

SLONÍ ZUBNÍ PASTA (demonstrační pokus)

Pomůcky: plastový táč, odměrné válce, kádinka, špejle, zapalovač

Chemikálie: koncentrovaný peroxid vodíku, nasycený roztok jodidu draselného (*rozpuštěnost ve vodě při 25 °C: 148 g/100 g*), saponát

Pracovní postup:

- 1) Do velkého odměrného válce (podloženého táčem) nalijeme 10 ml koncentrovaného peroxidu vodíku.
- 2) Přidáme trochu saponátu a zamícháme.
- 3) Do odměrného válce přilijeme 5 ml nasyceného roztoku jodidu draselného.
- 4) Do vzniklé pěny můžeme vložit doutnající špejli, která díky vznikajícímu kyslíku vzplane.

ELEKTROLÝZA ROZTOKU CHLORIDU SODNÉHO (účastnický pokus)

Pomůcky: U-trubice se dvěma bočními vývody, stojany, držáky, svorky, kádinky, skleněné tyčinky, lžičky, Pasteurovy pipety, uhlíkové elektrody, zdroje stejnosměrného napětí (baterie 9 V), vodiče s krokosvorkami

Chemikálie: chlorid sodný, 0,1% roztok fenolftaleinu v ethanolu, jodoškrobový papírek, voda

Pracovní postup:

- 1) Připravíme roztok chloridu sodného rozpuštěním 0,5 lžičky chloridu sodného v 50 ml vody. Skleněnou tyčinkou rozmícháme až do rozpuštění soli.

- 2) U-trubici upevníme do stojanu a naplníme ji připraveným roztokem elektrolytu tak, aby hladina elektrolytu byla kousek pod bočními vývody.
- 3) Do katodové strany U-trubice přidáme 2 kapky fenolftaleinu.
- 4) Do obou vývodů U-trubice ponoříme uhlíkové elektrody, které by měly být v elektrolytu ponořeny alespoň 1 cm.
- 5) Elektrody připojíme ke zdroji stejnosměrného napětí pomocí vodičů a zahájíme elektrolýzu.
- 6) Jodoškrobový papírek zasuneme do anodového bočního vývodu U-trubice.

Výběr experimentů pro ušlechtilé a neušlechtilé kovy:

POZINKOVÁNÍ A VZNIK MOSAZI (demonstrační pokus)

Pomůcky: kádinky, lihový kahan, kleště, lžičky, skleněná tyčinka, magnetická míchačka s ohřevem, zapalovač, ubrousky

Chemikálie: chlorid sodný, ocet, 3 měděné mince, 20% roztok hydroxidu sodného, práškový zinek, voda

Pracovní postup: Pokus provádíme v digestoři.

- 1) Před začátkem programu si očistíme 3 měděné mince v roztoku 15 ml octa a 2 lžiček chloridu sodného. Mince mícháme v roztoku tak dlouho, dokud se nelesknou. Následně je usušíme ubrouskem.
- 2) Do roztoku hydroxidu sodného přidáme 2 lžičky práškového zinku a zahříváme tak, aby nedošlo k varu.
- 3) Do horkého roztoku, ze kterého se uvolňuje vodík, vložíme 2 očištěné mince a zahříváme asi 5 minut za občasného míchání.
- 4) Mince se nám pokryly vrstvou zinku. Poté vyjmeme mince kleštěmi z roztoku a umyjeme je v kádince se studenou vodou.
- 5) Jednu minci zahřejeme v plameni kahanu. Následně všechny 3 mince porovnáme.

ELEKTROCHEMICKÁ ŘADA NAPĚTÍ KOVŮ (účastnický pokus)

Pomůcky: zkumavky, stojany na zkumavky, Pasteurovy pipety, pinzety, houbička na mytí nádobí

Chemikálie: 2% roztok síranu měďnatého pentahydrátu, 2% roztok síranu železnatého heptahydrátu, 1% roztok dusičnanu stříbrného, zředěná kyselina chlorovodíková (1 : 1), železné hřebíky, měděné plíšky, saponát

Pracovní postup:

- 1) Železné hřebíky odmastíme s pomocí saponátu.
- 2) Do zkumavky s roztokem síranu měďnatého vložíme odmaštěný železný hřebík.
- 3) Do zkumavky s roztokem síranu železnatého vložíme měděný plíšek.
- 4) Do 2 zkumavek si připravíme zředěnou kyselinou chlorovodíkovou. Do jedné dáme železný hřebík, do druhé měděný plíšek.

- 5) Do 2 zkumavek si připravíme roztok dusičnanu stříbrného. Do jedné dáme železný hřebík, do druhé měděný plíšek.
- 6) Na základě pozorování reakcí seřadíme kovy (H, Cu, Fe, Ag) do elektrochemické řady napětí kovů.

• **Úklid** (3 min.)
|účastníci| Po laborování si účastníci uklidí svá pracovní místa a umyjí si ruce. Účastníci pomohou rozebrat LEGO stavebnice.

• **Poděkování a rozloučení** (2 min.)
|lektori| Se skupinou se rozloučíme, sdělíme jim, jak hodnotíme jejich práci a poděkujeme jim, že se programu zúčastnili.

3.2.2 Doprovodný text

Přestože jsou všichni lektori Laboratoře poznání studenti chemických oborů, k metodickému listu byl vypracován v programu Microsoft Word doprovodný text, který obsahuje informace ke 4 řešeným trendům, zejména to, co by měla prezentace účastníků obsahovat. V textu jsou dále popsány principy experimentů a doplňují je poznámky a zajímavosti k jednotlivým prvkům, jejich sloučeninám nebo skupinám periodické soustavy prvků se zaměřením na propojení informací s praktickým životem.

Při tvorbě doprovodného textu byly informace čerpány ze středoškolských učebnic, z obrazových encyklopedií o prvcích a ze zdrojů experimentů. (11), (28), (37), (38), (39)

Výukový program Živé prvky – DOPROVODNÝ TEXT

ELEKTRONEGATIVITA

Elektronegativita je schopnost atomu přitahovat vazebné elektrony. Elektronegativita je veličina bez jednotky a značíme ji řeckým písmenem χ (chí).

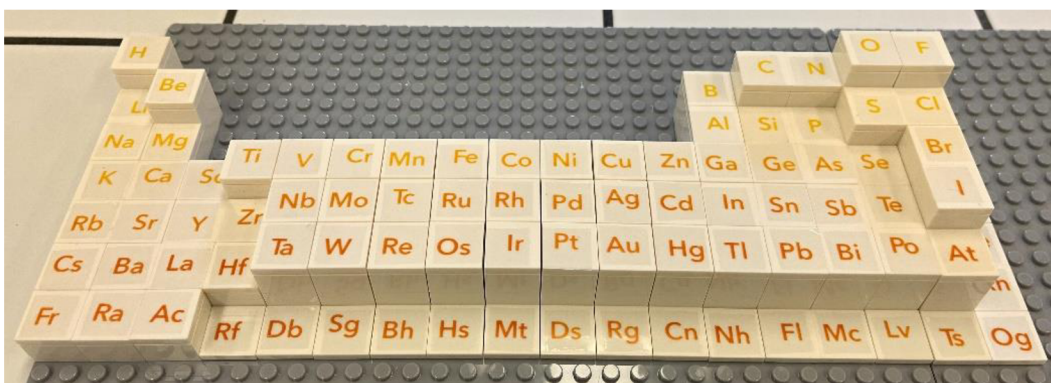
Ve skupinách vzrůstá elektronegativita zdola nahoru (od 7. do 1. periody), protože se zvyšuje počet slupek a tím se zvětšuje i velikost atomu, kde dosah přitažlivých sil jádra slábne. V periodách vzrůstá elektronegativita zleva doprava, protože se atomový poloměr zmenšuje a sdílené elektrony jsou blíže k jádru. Dle Paulinga má nejvyšší hodnotu elektronegativity fluor (4,0) a nejnižší hodnotu cesium a francium (0,7).

Vzácné plyny mají v periodické soustavě prvků nejvyšší elektronegativitu, přesto jejich elektronegativita není ve většině PSP uvedena. Elektronegativita je totiž vlastnost atomu v molekule. Vzácné plyny však sloučeniny až na výjimky nevytvářejí kvůli úplné obsazenosti

atomových orbitalů 8 valenčními elektrony. Elektronová konfigurace $ns^2 np^6$ činí vzácné plyny stabilními, a proto jsou také chemicky nereaktivní (inertní).

Podle rozdílu elektronegativit rozdělujeme chemické vazby na vazbu nepolární, polární a iontovou. **Nepolární kovalentní vazba** je vazba mezi atomy s rozdílem elektronegativit v intervalu 0 – 0,4, kde jsou elektrony mezi atomy rovnoměrně rozloženy. Příkladem nepolární vazby je např. molekula vodíku H–H, chloru Cl–Cl, kyslíku O=O. Vazba atomů, u které je rozdíl elektronegativit v intervalu 0,4 – 1,7, se nazývá **polární kovalentní vazba**. Elektrony chemické vazby už nejsou rovnoměrně rozloženy mezi atomy, ale hustota elektronů je posunuta k elektronegativnějšímu atomu. V důsledku tohoto posunu elektronové hustoty vzniká na molekule částečný (parciální) náboj, který se značí řeckým písmenem δ (delta). Polární vazby najdeme např. v molekule vody H₂O nebo chlorovodíku HCl. **Iontová vazba** vzniká mezi atomy s rozdílem elektronegativit větším než 1,7. Atom s vyšší elektronegativitou si zde přitahuje elektrony od elektropozitivnějšího atomu a vytváří anion. Typickým příkladem sloučeniny s iontovou vazbou je chlorid sodný, který obsahuje sodné kationty (Na⁺) a chloridové anionty (Cl⁻).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1H 2,1																	2He
2	3Li 1,0	4Be 1,5											5B 2,0	6C 2,5	7N 3,0	8O 3,5	9F 4,0	10Ne
3	11Na 0,9	12Mg 1,2											13Al 1,5	14Si 1,8	15P 2,1	16S 2,5	17Cl 3,0	18Ar
4	19K 0,8	20Ca 1,0	21Sc 1,3	22Ti 1,5	23V 1,6	24Cr 1,6	25Mn 1,5	26Fe 1,8	27Co 1,8	28Ni 1,8	29Cu 1,9	30Zn 1,6	31Ga 1,6	32Ge 1,8	33As 2,0	34Se 2,4	35Br 2,8	36Kr
5	37Rb 0,8	38Sr 1,0	39Y 1,2	40Zr 1,4	41Nb 1,6	42Mo 1,8	43Tc 1,9	44Ru 2,2	45Rh 2,2	46Pd 2,2	47Ag 1,9	48Cd 1,7	49In 1,7	50Sn 1,7	51Sb 1,9	52Te 2,1	53I 2,5	54Xe
6	55Cs 0,7	56Ba 0,9	57-71	72Hf 1,3	73Ta 1,5	74W 1,7	75Re 1,9	76Os 2,2	77Ir 2,2	78Pt 2,2	79Au 2,4	80Hg 1,9	81Tl 1,8	82Pb 1,8	83Bi 1,9	84Po 2,0	85At 2,2	86Rn
7	87Fr 0,7	88Ra 0,9	89-103	104Rf 1,3	105Db 1,5	106Sg 1,7	107Bh 1,9	108Hs 2,2	109Mt 2,2	110Ds 2,2	111Rg 2,4	112Cn 1,9	113Nh 1,8	114Fl 1,8	115Mc 1,9	116Lv 2,0	117Ts 2,2	118Og
6	57La 1,1-1,2	58Ce 1,1-1,2	59Pr 1,1-1,2	60Nd 1,1-1,2	61Pm	62Sm 1,1-1,2	63Eu 1,1-1,2	64Gd 1,1-1,2	65Tb	66Dy 1,1-1,2	67Ho 1,1-1,2	68Er 1,1-1,2	69Tm 1,1-1,2	70Yb 1,1-1,2	71Lu 1,1-1,2			
7	89Ac 1,1	90Th 1,3	91Pa 1,5	92U 1,7	93Np 1,3	94Pu 1,3	95Am 1,3	96Cm 1,3	97Bk 1,3	98Cf 1,3	99Es 1,3	100Fm 1,3	101Md 1,3	102No 1,3	103Lr			



ATOMOVÝ POLOMĚR

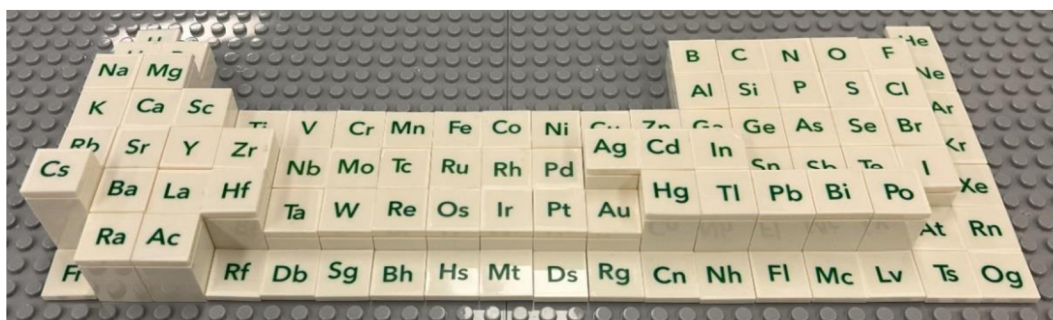
Atomový poloměr lze definovat jako polovinu vzdálenosti dvou na sebe vázaných atomů daného prvku.

Atomový poloměr je typicky udáván v **jednotkách** pikometry (pm, $1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m}$, asi miliontina šířky lidského vlasu) nebo angströmy (Å, $1 \text{ Å} = 100 \text{ pm}$). Atomové poloměry jsou velmi malé, a proto jsou pikometry a angströmy vhodnými jednotkami pro jejich vyjádření.

Se vzrůstajícím protonovým číslem se atomový poloměr prvků v periodách zmenšuje, z důvodu růstu počtu valenčních elektronů a zvětšování přitažlivých sil mezi atomovým obalem a jádrem. Ve skupinách se atomové poloměry zvětšují s rostoucím protonovým číslem, jelikož se zvyšuje počet hladin v elektronovém obalu a roste vzdálenost mezi jádrem a vnějšími elektrony.

Atomový poloměr je úzce spojen s **elektronovými slupkami atomu**. V rámci elektronových slupek jsou elektrony umístěny v různých energetických hladinách a orbitalech, které jsou od sebe vzdáleny a mají různé poloměry. Čím vyšší je energetická hladina, tím více jsou elektrony vzdáleny od jádra. To znamená, že atomy s vyššími elektronovými slupkami mají obecně větší atomové poloměry než atomy s nižšími elektronovými slupkami, protože elektrony na vyšších energetických hladinách jsou ve větší vzdálenosti od jádra.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1H 0,25																	2He
2	3Li 1,45	4Be 1,05											5B 0,85	6C 0,70	7N 0,65	8O 0,60	9F 0,50	10Ne
3	11Na 1,80	12Mg 1,50											13Al 1,25	14Si 1,10	15P 1,00	16S 1,00	17Cl 1,00	18Ar
4	19K 2,20	20Ca 1,80	21Sc 1,40	22Ti 1,40	23V 1,35	24Cr 1,40	25Mn 1,40	26Fe 1,40	27Co 1,35	28Ni 1,35	29Cu 1,35	30Zn 1,35	31Ga 1,30	32Ge 1,25	33As 1,15	34Se 1,15	35Br 1,15	36Kr
5	37Rb 2,35	38Sr 2,00	39Y 1,80	40Zr 1,55	41Nb 1,45	42Mo 1,45	43Tc 1,35	44Ru 1,30	45Rh 1,35	46Pd 1,40	47Ag 1,60	48Cd 1,55	49In 1,55	50Sn 1,45	51Sb 1,45	52Te 1,40	53I 1,40	54Xe
6	55Cs 2,60	56Ba 2,15	57-71	72Hf 1,55	73Ta 1,45	74W 1,35	75Re 1,35	76Os 1,30	77Ir 1,35	78Pt 1,35	79Au 1,35	80Hg 1,50	81Tl 1,90	82Pb 1,80	83Bi 1,60	84Po 1,90	85At	86Rn
7	87Fr	88Ra 2,15	89-103	104Rf	105Db	106Sg	107Bh	108Hs	109Mt	110Ds	111Rg	112Cn	113Nh	114Fl	115Mc	116Lv	117Ts	118Og
6	57La 1,95	58Ce 1,85	59Pr 1,85	60Nd 1,85	61Pm 1,85	62Sm 1,85	63Eu 1,85	64Gd 1,80	65Tb 1,75	66Dy 1,75	67Ho 1,75	68Er 1,75	69Tm 1,75	70Yb 1,75	71Lu 1,75			
7	89Ac 1,95	90Th 1,80	91Pa 1,80	92U 1,75	93Np 1,75	94Pu 1,75	95Am 1,75	96Cm	97Bk	98Cf	99Es	100Fm	101Md	102No	103Lr			



SKUPENSTVÍ

Při běžných podmínkách (teplota 20 °C a atmosférický tlak) je většina prvků v pevném skupenství (celkově 92 ze 118), přičemž vyplňují zejména levou a střední část tabulky. Zbývající pravou čtvrtinu tabulky zaplňují plynné prvky (celkově 11 ze 118). Za běžných podmínek se v kapalném skupenství nacházejí pouze 2 prvky – brom a rtuť. Čistý brom je červenohnědá kapalina, která se využívá třeba jako dezinfekční látka pro úpravu vody. Rtuť má stříbrnou barvu a donedávna se vyskytovala v teploměrech nebo zářivkách. Pro svou toxicitu je ovšem její používání značně kontrolováno.

Skupenství prvků, tedy to, zda jsou v pevném, kapalném nebo plynném stavu, **závisí na teplotě a tlaku**. Každý prvek má svůj bod tání (teplota, při které je pevná a kapalná fáze v rovnováze) a bod varu (teplota, při které je kapalná fáze v rovnováze s plynnou, a při které kapalina vře v celém svém objemu), které jsou však závislé na okolním tlaku.

Teplota tání je výrazně méně ovlivnitelná okolním tlakem než teplota varu. Při nižším tlaku se bod tání může snížit, což znamená, že pevné látky mohou přecházet do kapalného stavu při nižších teplotách než za normálního tlaku. Bod varu se v závislosti na okolním tlaku mění výrazně. Například ve vysokých horách, kde je nízký tlak, začne voda vřít již při 93 °C. Naopak v některých typech jaderných reaktorů s pracovním tlakem více než 15 MPa má voda teplotu varu nad 300 °C.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1H																	2He
2	3Li	4Be											5B	6C	7N	8O	9F	10Ne
3	11Na	12Mg											13Al	14Si	15P	16S	17Cl	18Ar
4	19K	20Ca	21Sc	22Ti	23V	24Cr	25Mn	26Fe	27Co	28Ni	29Cu	30Zn	31Ga	32Ge	33As	34Se	35Br	36Kr
5	37Rb	38Sr	39Y	40Zr	41Nb	42Mo	43Tc	44Ru	45Rh	46Pd	47Ag	48Cd	49In	50Sn	51Sb	52Te	53I	54Xe
6	55Cs	56Ba	57-71	72Hf	73Ta	74W	75Re	76Os	77Ir	78Pt	79Au	80Hg	81Tl	82Pb	83Bi	84Po	85At	86Rn
7	87Fr	88Ra	89-103	104Rf	105Db	106Sg	107Bh	108Hs	109Mt	110Ds	111Rg	112Cn	113Nh	114Fl	115Mc	116Lv	117Ts	118Og
6	57La	58Ce	59Pr	60Nd	61Pm	62Sm	63Eu	64Gd	65Tb	66Dy	67Ho	68Er	69Tm	70Yb	71Lu			
7	89Ac	90Th	91Pa	92U	93Np	94Pu	95Am	96Cm	97Bk	98Cf	99Es	100Fm	101Md	102No	103Lr			



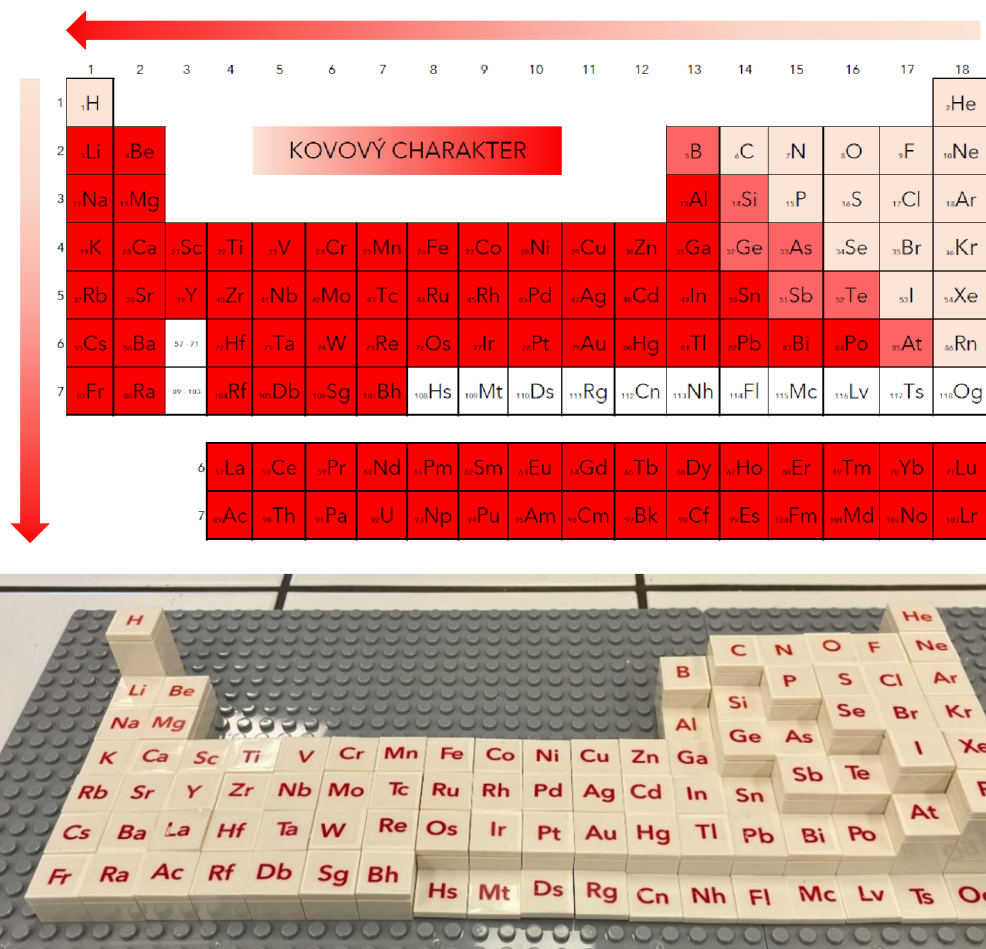
KOVOVÝ CHARAKTER

Ze 118 prvků je téměř 80 % prvků kovových. Kovový charakter roste ve skupině shora dolů, v periodě zprava doleva. Periody tedy začínají alkalickým kovem a končí vzácným plynem (nekovem). Kovy a nekovy odděluje tzv. diagonála polokovů.

Diagonála polokovů je specifická oblast v periodické soustavě prvků od bóru po astat. Prvky v této diagonále mají vlastnosti polokovů, což znamená, že mají některé charakteristiky kovů (např. jsou to pevné látky) a některé charakteristiky nekovů (např. nemají kovový lesk, jsou špatné vodiče nebo polovodiče). Polokovy, zejména křemík, arsen a germanium mají význam v polovodičové technologii, kde jsou základem pro výrobu polovodičových součástek.

Tepelná a elektrická vodivost jsou 2 důležité fyzikální parametry, ve kterých se kovy a nekovy liší. Kovy jsou obecně dobré vodiče, tedy teplo i elektrický proud se jimi snadno šíří. Je to způsobeno volnými elektrony v kovové mřížce, které jsou schopny přenášet teplo i elektrický proud. Nekovy mají naopak nižší tepelnou a elektrickou vodivost než kovy. Nekovy totiž tvoří pevné kovalentní struktury, ve kterých jsou elektrony pevně vázané mezi atomy a nemohou se volně pohybovat, což omezuje jejich schopnost přenášet teplo a elektrický proud.

Dalším významným rozdílem mezi kovy a nekovy je jejich **schopnost vytvářet ionty**. Kovy mají tendenci tvořit kladné ionty tím, že odevzdávají elektrony ze své valenční vrstvy a kladně se nabíjejí v kationty (např. Na^+). Nekovy mají schopnost tvořit záporné ionty tím, že přijímají elektrony do své valenční vrstvy za vzniku aniontů (např. Cl^-).



1. skupina PSP

BARVENÍ PLAMENE KATIONTY KOVŮ 1. SKUPINY

Princip: Kationty některých prvků charakteristicky barví plamen. Tepelná energie plamene způsobí excitaci elektronů v elektronovém obalu atomu. Excitovaný stav je však nestabilní a atomy uvolňují energii vyzařením v podobě viditelného světla konkrétní barvy.

Kationt kovu	Barva plamene
Li ⁺	červená
Na ⁺	žlutá
K ⁺	fialová
Rb ⁺	fialová
Cs ⁺	fialová

Poznámka: Barvení plamene kationty kovů s-prvků se využívá v pyrotechnice při výrobě ohňostrojů. Přidáním konkrétního prvku lze docílit požadovaného barevného efektu.

ELEKTROLÝZA ROZTOKU CHLORIDU SODNÉHO

Princip: Elektrolýza je děj, který probíhá na elektrodách díky působení stejnosměrného elektrického proudu na roztok elektrolytu, do kterého jsou elektrody ponořeny. Po zahájení elektrolýzy putují sodné kationty k záporně nabitě katodě, kde přijímají elektron, dochází k redukci a vzniká elementární sodík. Jelikož elektrolýza probíhá ve vodném roztoku, dojde k reakci sodíku s vodou za vzniku hydroxidu sodného a plynného vodíku. Chloridové anionty směřují ke kladné anodě, kde odevzdávají elektron a probíhá oxidace na plynný chlór.

Katoda (redukce): $\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}$; $2 \text{Na} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{NaOH} + \text{H}_2$

Anoda (oxidace): $2 \text{Cl}^- - 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cl}_2$

Rovnice elektrolýzy: $2 \text{NaCl} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{NaOH} + \text{H}_2 + \text{Cl}_2$

Fenolftalein je acidobazický indikátor, který je v neutrálním a kyselém prostředí bezbarvý, v zásaditém prostředí se barví do růžova. Přidáním fenolftaleinu do katodového prostoru prokážeme přítomnost vznikajícího hydroxidu sodného, který je silnou zásadou. Přítomnost chlóru dokážeme jodoškrobovým papírkem, na kterém se objeví fialové zbarvení, které je způsobené tím, že vznikající chlór vytěsňuje jód z jodidu draselného (elektronegativnější halogen vytěsňuje méně elektronegativní halogen z jeho halogenidu).

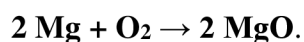


Poznámka: Elektrolýza se využívá při výrobě chemických prvků (např. hliníku, vodíku, kyslíku) a sloučenin (např. hydroxidu sodného). Další uplatnění nachází v galvanickém poměďování nebo očišťování kovů. Chlorid sodný (kuchyňská sůl) se využívá nejen v kuchyni, ale také k posypu silnic a chodníků jako ochrana před namrzáním. Směs soli s vodou totiž mrzne při nižších teplotách než samotná voda. Hydroxid sodný, komerčně prodáváný jako Krtek, se používá v domácnostech k čištění odpadu. Slabší kyseliny chloru se využívají např. jako bělicí látky nebo k dezinfekci vody v plaveckých bazénech.

2. skupina PSP

BARVENÍ PLAMENE KATIONTY KOVŮ 2. SKUPINY, ZAPALOVÁNÍ HOŘČÍKU

Princip: Kationty některých prvků charakteristicky barví plamen. Tepelná energie plamene způsobí excitaci elektronů v elektronovém obalu atomu. Excitovaný stav je však nestabilní a atomy uvolňují energii vyzářením v podobě viditelného světla konkrétní barvy. Čistý hořčík hoří oslnivým bílým plamenem, který dosahuje teploty až 2200 °C, za vzniku oxidu hořečnatého:



Kationt kovu	Barva plamene
Mg ²⁺	bílá
Ca ²⁺	cihlově červená
Sr ²⁺	červená
Ba ²⁺	žlutozelená



Poznámka: Barvení plamene kationty kovů s-prvků se využívá v pyrotechnice při výrobě ohňostrojí. Přidáním konkrétního prvku lze docílit požadovaného barevného efektu. Stroncium slouží také k barvení signálních světlic. Hořčík se v minulosti používal pro tvorbu prvních fotografických blesků.

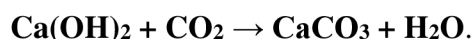
PŘÍPRAVA A VLASTNOSTI OXIDU UHLIČITÉHO

Princip: Rozkladem uhličitanu vápenatého zředěnou kyselinou chlorovodíkovou dochází k uvolnění plynného oxidu uhličitého:



Oxid uhličitý má větší hustotu než vzduch a nepodporuje hoření, proto zapálenou svíčku snadno uhasí.

Oxid uhličitý lze prokázat reakcí s vápennou vodou, kde dochází ke vzniku bílé sraženiny uhličitanu vápenatého:



Vaječné skořápky, lastury, ulity jsou také tvořeny uhličitany. Reakcí s kyselinou chlorovodíkovou tedy opět dochází k uvolňování oxidu uhličitého, který lze prokázat vložení hořící špejle do zkumavky a jejím uhašením.

Poznámka: Oxid uhličitý je běžnou součástí zemské atmosféry, ale jeho koncentrace v ovzduší kolísá. Oxid uhličitý je tzv. skleníkový plyn, který ovlivňuje klima a globální

oteplování. Kvůli jeho větší hustotě, než má vzduch, může jeho vysoká koncentrace představovat nebezpečná rizika v jeskyních, kanalizačních prostorech, vinných sklípcích a v dalších uzavřených prostorech.

3. skupina PSP

PYROLUMINISCENCE

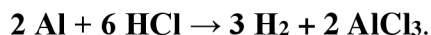
Princip: Pyroluminiscence je jev záření atomů nebo molekul, které byly excitovány působením vysoké teploty, např. v plameni. Hořením dochází k oxidaci trimethylesteru kyseliny borité na oxid boritý. Během reakce vzniká reaktivní meziprodukt (excitovaná částice BO^*), který zapříčiňuje tvorbu zeleného světla. Ester je naředěn velkým množstvím methanolu, který hoří slabým modrým plamenem a neovlivňuje tedy výslednou barvu plamene.



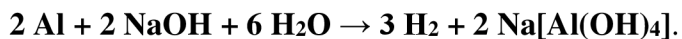
Poznámka: Sloučeniny boru se využívají v pyrotechnice při výrobě ohňostrojů, kde se podílejí na zelených barvách.

AMFOTERNÍ VLASTNOSTI HLINÍKU, ŠTĚKNUTÍ VODÍKU

Princip: Hliník je tzv. amfoterní látka, která nereaguje s vodou, ale reaguje s kyselinami i zásadami za vzniku solí. Hliník reaguje s kyselinou chlorovodíkovou za vzniku vodíku a chloridu hlinitého:



Hliník je schopen reagovat s hydroxidem sodným za vzniku vodíku a tetrahydroxidohlinitanu sodného:



Do zkumavky jímáme třaskavou směs, kterou když přiložíme ke kahanu, dojde k „štěknutí“ vodíku (výbuchu).

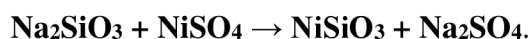
Poznámka: Hliník je po železe druhým nejpoužívanějším kovem, zejména kvůli svým dobrým vodivým vlastnostem, odolnosti vůči korozi, nízké hustotě, a tudíž i lehkosti. Z hliníku se vyrábí tenká lesklá fólie, která nachází uplatnění jako obalový materiál nebo také ve výrobě protipožárních obleků. Hliník se využívá k výrobě hliníkových plechovek, obalů od deodorantů, víček od jogurtů, obalů od sýrů nebo čokolád. Hliník je dobrý vodič, proto se z něj vyrábějí dráty vysokého napětí. Speciální slitiny hliníku se využívají k výrobě částí letadel.

Vodík je nejlehčí plyn, mnohem lehčí než vzduch. Proto se v minulosti často používal k plnění vzducholodí a balónů. Vodík však se vzduchem tvoří výbušnou směs.

4. skupina PSP

CHEMICKÁ ZAHRÁDKA

Princip: Vodní sklo je vodný roztok alkalických křemičitanů (sodného nebo draselného). Se solemi jiných kovů vytváří vodní sklo nerozpustné, různobarevné krystaly křemičitanů těchto kovů, např.



Poznámka: Vodní sklo se dá běžně koupit v drogerii a využívá se např. ke konzervaci vajec nebo k nátěrům cihlových zdí, aby se leskly. Křemičitany a oxid křemičitý jsou důležitou součástí jílu, ze kterých se vyrábí porcelán nebo keramika.



ADSORPČNÍ ÚČINKY AKTIVNÍHO UHLÍ

Princip: Filtrace je metoda dělení heterogenních směsí. Slouží k oddělení pevné látky od kapaliny nebo plynu prostřednictvím filtru, nejčastěji filtračního papíru. Aktivní uhlí neboli živočišné uhlí patří mezi tzv. střevní adsorbenty. Pomocí velkého povrchu, částice vážou mikroorganismy nebo toxické látky ve střevě, a tím potlačí jejich aktivitu. Aktivní uhlí v tomto pokusu je využito pro očištění roztoku od potravinářského barviva.

Poznámka: Aktivní uhlí se vyrábí z uhlí, dřeva nebo kokosových ořechů. Využívá se především k terapii průjmu nebo jako první pomoc při otravě většinou látek. Jeho adsorpční schopnosti se také využívá v plynových maskách, filtrech do digestoří a dalších výrobcích.

5. skupina PSP

POKUSY S KAPALNÝM DUSÍKEM

Princip: Ponořením balónku do kapalného dusíku dochází k jeho zchlazení a poklesu tlaku v balónku, čímž se balónek stáhne. Dokonce se zkapalní a ztuhnou některé složky vzduchu v balónku. Gumová stěna balónku je sice tenká, ale při ochlazení si zachovává svou pružnost, takže balónek nepraskne. Kapalný dusík se neustále vypařuje. Po jeho nalití do balónku a zauzlování se kapalný dusík vypařuje tak, až se balónek nafoukne a praskne.

Poznámka: Kapalný dusík je bezbarvá kapalina, která vře za normálního tlaku při $-195,8\text{ }^\circ\text{C}$. Kapalný dusík je nehořlavý a netoxický a díky své nízké teplotě je hojně využíván ke zchlazování čehokoliv. Jeho významná role je ve zdravotnickém průmyslu, kde se používá

ke zmrazování různého biologického materiálu nebo vypalování bradavic. Také je využíván v potravinářském průmyslu, při chlazení skla, elektrod, polovodičů, betonu apod. Chlazení kapalným dusíkem se využívalo třeba i při restaurování šikmé věže v Pize, kde ho používali ke zchlazení jejího podloží.

JE COCA-COLA ZDRAVÁ?

Princip: Složkou Coca-Coly je mimo dalších přísad kyselina fosforečná. Účastníci pomocí několika experimentů porovnávají reakce Coca-Coly, kterou běžně pijí, a kyseliny chlorovodíkové. Obě látky jsou kyseliny, Coca-Cola je slabší kyselina s pH 4. Působením kyselin na uhličitany, které se nachází ve vaječných skořápkách, dochází k rozkladu uhličitánů na oxid uhličitý, který se projevuje uvolňováním bublinek. Reakcí kyseliny s hydrogenuhličitánem sodným taktéž dochází ke vzniku oxidu uhličitého. Reakce s Coca-Colou je ovšem slabší než s kyselinou chlorovodíkovou. Mléko se skládá převážně z bílkovin, tuků, mikroprvků a vody. Po přidání kyseliny se mléko začne srážet.

Poznámka: Coca-Cola patří mezi druhy nápojů způsobující obezitu, zejména pro svůj vysoký obsah cukru (100 ml Coca-Coly obsahuje 10,6 g cukru). Kofein přítomný v „kole“ je příčinou toho, že její konzumenti nevnímají její sladkost. Pokud najdete ve složení limonády označení E338, jedná se právě o kyselinu fosforečnou, která Coca-Colu okyseluje a dodává jí charakteristickou štiplavou chuť. Těžko věřit, že tato složka oblíbené Coca-Coly se využívá třeba ve výrobě hnojiv, léků nebo v čistících a dezinfekčních prostředcích.

6. skupina PSP

REAKCE SÍRY SE ZINKEM

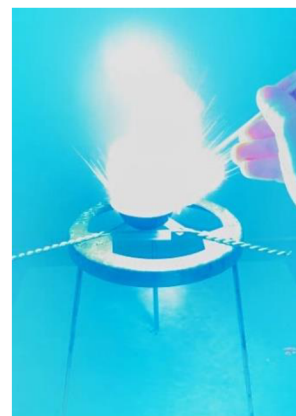
Princip: Po zapálení směsi síry a zinku dochází k exotermické reakci za vzniku sulfidu zinečnatého:



Reakce je doprovázená světelným a tepelným efektem.

Poznámka: Některé sloučeniny síry dominují značným zápachem. Síra byla již v minulosti využívána jako složka střelného prachu, a jako součást některých výbušnin a zábavní pyrotechniky se využívá dodnes. Sulfid zinečnatý slouží jako tzv. luminofor, tedy

látka, kterou když nasvítíte, ve tmě potom sama světélkuje (fosforescence). Tento luminofor můžeme najít na hračkách, hodinkových ručičkách nebo ve starých televizních obrazovkách.



PŘÍPRAVA KYSLÍKU ROZKLADEM MANGANISTANU DRASELNÉHO

Princip: Termickým rozkladem manganistanu draselného dochází ke vzniku mangananu draselného, oxidu manganičitého a kyslíku:



Kyslík podporuje hoření, a proto rozhoří doutnající špejli.

Po vysypání tmavě zeleného mangananu draselného do válce s vodou dochází k reakci za vzniku fialového manganistanu draselného:



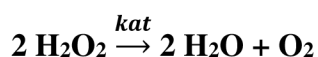
Poznámka: Manganistan draselný neboli hypermangan se dá běžně koupit v drogerii jako přípravek na plísňová onemocnění. V průmyslu a laboratořích je velmi oblíbený jako výborné oxidační činidlo. Oxid manganičitý (burel) je znám už od pravěku, kde ho pravěcí lidé využívali k jeskynním malbám. V dnešní době se využívá třeba k laboratorní přípravě chloru. Mangananu draselnému bývá někdy přezdíváno „*chameleon mineralis*“.



7. skupina PSP

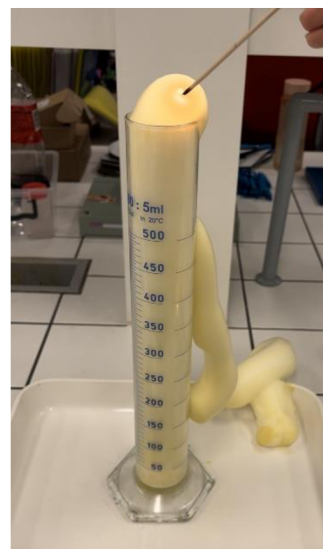
SLONÍ ZUBNÍ PASTA

Princip: Rozklad peroxidu vodíku je velmi pomalý, proto je urychlován přidáním katalyzátoru jodidu draselného. Peroxid vodíku se rozkládá na vodu a kyslík, který podporuje hoření.



Při této reakci vzniká z jodidu draselného jód, což dokazuje nahnědlá barva vzniklé pěny.

Poznámka: Peroxid vodíku se v nízkých koncentracích využívá jako antiseptikum (protimikrobiální látka) a dezinfekční přípravek. Jeho oxidační účinky jsou používány k rychlému zastavení krváčení při odřeninách, k rozpouštění ušního mazu nebo ve výrobě dezinfekčních gelů na ruce.



ELEKTROLÝZA ROZTOKU CHLORIDU SODNÉHO

Princip: Elektrolýza je děj, který probíhá na elektrodách díky působení stejnosměrného elektrického proudu na roztok elektrolytu, do kterého jsou elektrody ponořeny. Po zahájení elektrolýzy putují sodné kationty k záporně nabitě katodě, kde přijímají elektron, dochází

k redukci a vzniká elementární sodík. Jelikož elektrolyza probíhá ve vodném roztoku, dojde k reakci sodíku s vodou za vzniku hydroxidu sodného a plynného vodíku. Chloridové anionty směřují ke kladné anodě, kde odevzdávají elektron a probíhá oxidace na plynný chlór.

Katoda (redukce): $\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}$; $2 \text{Na} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{NaOH} + \text{H}_2$

Anoda (oxidace): $2 \text{Cl}^- - 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cl}_2$

Rovnice elektrolyzy: $2 \text{NaCl} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{NaOH} + \text{H}_2 + \text{Cl}_2$

Fenolftalein je acidobazický indikátor, který je v neutrálním a kyselém prostředí bezbarvý, v zásaditém prostředí se barví do růžova. Přidáním fenolftaleinu do katodového prostoru prokážeme přítomnost vznikajícího hydroxidu sodného, který je silnou zásadou. Přítomnost chlóru dokážeme jodoškrobovým papírkem, na kterém se objeví fialové zbarvení, které je způsobené tím, že vznikající chlór vytěsňuje jód z jodidu draselného (elektronegativnější halogen vytěsňuje méně elektronegativní halogen z jeho halogenidu).

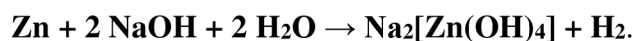


Poznámka: Elektrolyza se využívá při výrobě chemických prvků (např. hliníku, vodíku, kyslíku) a sloučenin (např. hydroxidu sodného). Další uplatnění nachází v galvanickém poměďování nebo očišťování kovů. Chlorid sodný (kuchyňská sůl) se využívá nejen v kuchyni, ale také k posypu silnic a chodníků jako ochrana před namrzáním. Směs soli s vodou totiž mrzne při nižších teplotách než samotná voda. Hydroxid sodný, komerčně prodáváný jako Krtek, se používá v domácnostech k čištění odpadu. Slabší kyseliny chloru se využívají např. jako bělicí látky nebo k dezinfekci vody v plaveckých bazénech.

Ušlechtilé a neušlechtilé kovy

POZINKOVÁNÍ A VZNIK MOSAZI

Princip: Měď nedokáže vyredukovat kovový zinek z jeho roztoku, protože je ušlechtilější kov a má vyšší standardní redoxní potenciál. Nadbytkem zinku v roztoku a jeho reakcí s hydroxidem sodným a vodou dochází k vytvoření galvanického článku, díky kterému lze zinek z roztoku vyredukovat. Zinek reaguje s hydroxidem sodným za vzniku komplexní sloučeniny tetrahydroxidozinečnanu sodného, a současně se uvolňuje vodík:



Když do roztoku vložíme měděné mince, začne se na jejich povrchu elektrochemicky vylučovat zinek, čímž mince dostanou stříbrnou barvu. Po zahřátí v plameni kahanu pronikne zinek do měděné vrstvy mince a dojde ke vzniku jejich slitiny mosazi.

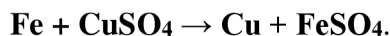


Poznámka: Pozinkování se využívá k ochraně železa a oceli proti korozi. Můžeme ho najít třeba na konstrukcích mostů, karosériích aut, střeších nebo drátěných plotech. Dalšími výrobky ze zinku jsou např. zahradní konve nebo okapy. Měď a její slitiny měly několik tisíciletí velký význam v hospodářském průmyslu. Mosaz se svou nazlátlou barvou nachází uplatnění třeba při výrobě dechových hudebních nástrojů. Slitina mědi a cínu (bronz) se v současnosti používá v sochařství, při výrobě medailí nebo pamětních předmětů.

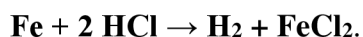
ELEKTROCHEMICKÁ ŘADA NAPĚTÍ KOVŮ

Princip: Beketovova řada napětí kovů je seřazení kovů podle rostoucích hodnot standardních elektrodoových potenciálů. Podle umístění určitého kovu v této řadě lze vyvodit jeho chování v redoxních reakcích. Neušlechtilé kovy ležící nalevo od vodíku vytěsňují ušlechtilé kovy napravo od vodíku z roztoků jejich iontů.

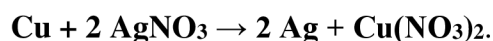
Železo je méně ušlechtilý kov než měď, proto jej vytěsňuje z roztoku síranu měďnatého:



Železo stojí nalevo od vodíku, takže jej vylučuje z kyseliny chlorovodíkové:



Měď leží napravo od vodíku, proto s kyselinou chlorovodíkovou nereaguje. Měď je méně ušlechtilý kov než stříbro, proto jej vytěsňuje z roztoku dusičnanu stříbrného:



Výsledné řazení: Fe, H, Cu, Ag

Poznámka: Beketovova řada napětí kovů poskytuje důležité informace o chemickém chování kovů pro mnoho elektrochemických procesů. Beketovova řada je základem pro výrobu baterií a galvanických článků, kde se zohledňuje při výběru kovů pro elektrody, aby bylo docíleno efektivní elektrochemické reakce. Je užitečná při antikorozi ochraně kovů, galvanickém pokovování, ve výrobě elektrod nebo při separaci kovů.

Např. Železo je galvanickým pokovováním potaženo slabou vrstvou mědi, která zabraňuje jeho korozi. Zinek se používá jako ochranná vrstva ocelových nosníků staveb, např. mostů. Galvanické pokovování se využívá ke stříbření šperků a dekorativních předmětů nebo elektrických kontaktů.

3.2.3 Tabulky s trendy

Tabulky s trendy elektronegativity, atomového poloměru, skupenství a kovového charakteru byly zpracovány v programu Microsoft Excel s využitím inspirace na webové stránce Ptable. Informace o aktuální verzi periodické soustavy prvků byly čerpány z internetových stránek IUPAC. (10)

V tabulkách s trendy se nachází všechny prvky periodické soustavy prvků se svými protonovými čísly, označení skupin a period. U elektronegativity a atomového poloměru jsou navíc uvedeny známé hodnoty pro jednotlivé prvky. Při tvorbě tabulek s trendy bylo čerpáno ze zdrojů informací, které byly využity při vypracování teoretické části diplomové práce. (13), (16)

Každému trendu byla určena jedna barva, do které byly následně laděny všechny další materiály: **elektronegativita – žlutá**; **atomový poloměr – zelená**; **skupenství – modrá**; **kovový charakter – červená**. Barvení políček v tabulce bylo programováno ručně. Tabulky byly pro zkoušku barevně vytištěny a následně drobně upraveny, např. text hodnot elektronegativity a atomového poloměru byl označen tučně. Dokončené tabulky (Obrázek 13) byly barevně vytisknuty a zalaminovány.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	¹ H 2,1																	² He	
2	³ Li 1,0	⁴ Be 1,5		ELEKTRONEGATIVITA										⁵ B 2,0	⁶ C 2,5	⁷ N 3,0	⁸ O 3,5	⁹ F 4,0	¹⁰ Ne
3	¹¹ Na 0,9	¹² Mg 1,2											¹³ Al 1,5	¹⁴ Si 1,8	¹⁵ P 2,1	¹⁶ S 2,5	¹⁷ Cl 3,0	¹⁸ Ar	
4	¹⁹ K 0,8	²⁰ Ca 1,0	²¹ Sc 1,3	²² Ti 1,5	²³ V 1,6	²⁴ Cr 1,6	²⁵ Mn 1,5	²⁶ Fe 1,8	²⁷ Co 1,8	²⁸ Ni 1,8	²⁹ Cu 1,9	³⁰ Zn 1,6	³¹ Ga 1,6	³² Ge 1,8	³³ As 2,0	³⁴ Se 2,4	³⁵ Br 2,8	³⁶ Kr	
5	³⁷ Rb 0,8	³⁸ Sr 1,0	³⁹ Y 1,2	⁴⁰ Zr 1,4	⁴¹ Nb 1,6	⁴² Mo 1,8	⁴³ Tc 1,9	⁴⁴ Ru 2,2	⁴⁵ Rh 2,2	⁴⁶ Pd 2,2	⁴⁷ Ag 1,9	⁴⁸ Cd 1,7	⁴⁹ In 1,7	⁵⁰ Sn 1,8	⁵¹ Sb 1,9	⁵² Te 2,1	⁵³ I 2,5	⁵⁴ Xe	
6	⁵⁵ Cs 0,7	⁵⁶ Ba 0,9	⁵⁷⁻⁷¹	⁷² Hf 1,3	⁷³ Ta 1,5	⁷⁴ W 1,7	⁷⁵ Re 1,9	⁷⁶ Os 2,2	⁷⁷ Ir 2,2	⁷⁸ Pt 2,2	⁷⁹ Au 2,4	⁸⁰ Hg 1,9	⁸¹ Tl 1,8	⁸² Pb 1,8	⁸³ Bi 1,9	⁸⁴ Po 2,0	⁸⁵ At 2,2	⁸⁶ Rn	
7	⁸⁷ Fr 0,7	⁸⁸ Ra 0,9	⁸⁹⁻¹⁰³	¹⁰⁴ Rf	¹⁰⁵ Db	¹⁰⁶ Sg	¹⁰⁷ Bh	¹⁰⁸ Hs	¹⁰⁹ Mt	¹¹⁰ Ds	¹¹¹ Rg	¹¹² Cn	¹¹³ Nh	¹¹⁴ Fl	¹¹⁵ Mc	¹¹⁶ Lv	¹¹⁷ Ts	¹¹⁸ Og	
6	⁵⁷ La 1,1-1,2	⁵⁸ Ce 1,1-1,2	⁵⁹ Pr 1,1-1,2	⁶⁰ Nd 1,1-1,2	⁶¹ Pm	⁶² Sm 1,1-1,2	⁶³ Eu	⁶⁴ Gd 1,1-1,2	⁶⁵ Tb	⁶⁶ Dy 1,1-1,2	⁶⁷ Ho 1,1-1,2	⁶⁸ Er 1,1-1,2	⁶⁹ Tm 1,1-1,2	⁷⁰ Yb	⁷¹ Lu 1,1-1,2				
7	⁸⁹ Ac 1,1	⁹⁰ Th 1,3	⁹¹ Pa 1,5	⁹² U 1,7	⁹³ Np 1,3	⁹⁴ Pu 1,3	⁹⁵ Am 1,3	⁹⁶ Cm 1,3	⁹⁷ Bk 1,3	⁹⁸ Cf 1,3	⁹⁹ Es 1,3	¹⁰⁰ Fm 1,3	¹⁰¹ Md 1,3	¹⁰² No 1,3	¹⁰³ Lr				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	1H 0,25																2He	
2	3Li 1,45	4Be 1,05	ATOMOVÝ POLOMĚR										5B 0,85	6C 0,70	7N 0,65	8O 0,60	9F 0,50	10Ne
3	11Na 1,80	12Mg 1,50										13Al 1,25	14Si 1,10	15P 1,00	16S 1,00	17Cl 1,00	18Ar	
4	19K 1,95	20Ca 1,80	21Sc 1,60	22Ti 1,40	23V 1,35	24Cr 1,40	25Mn 1,40	26Fe 1,40	27Co 1,35	28Ni 1,35	29Cu 1,35	30Zn 1,35	31Ga 1,30	32Ge 1,25	33As 1,15	34Se 1,15	35Br 1,15	36Kr
5	37Rb 2,35	38Sr 2,00	39Y 1,80	40Zr 1,55	41Nb 1,45	42Mo 1,45	43Tc 1,35	44Ru 1,30	45Rh 1,35	46Pd 1,40	47Ag 1,60	48Cd 1,55	49In 1,55	50Sn 1,45	51Sb 1,45	52Te 1,40	53I 1,40	54Xe
6	55Cs 2,60	56Ba 2,15	57-71	72Hf 1,55	73Ta 1,45	74W 1,35	75Re 1,35	76Os 1,30	77Ir 1,35	78Pt 1,35	79Au 1,35	80Hg 1,50	81Tl 1,90	82Pb 1,80	83Bi 1,60	84Po 1,90	85At	86Rn
7	87Fr	88Ra 2,15	89-103	104Rf	105Db	106Sg	107Bh	108Hs	109Mt	110Ds	111Rg	112Cn	113Nh	114Fl	115Mc	116Lv	117Ts	118Og

6	57La 1,95	58Ce 1,85	59Pr 1,85	60Nd 1,85	61Pm 1,85	62Sm 1,85	63Eu 1,85	64Gd 1,80	65Tb 1,75	66Dy 1,75	67Ho 1,75	68Er 1,75	69Tm 1,75	70Yb 1,75	71Lu 1,75
7	89Ac 1,95	90Th 1,80	91Pa 1,80	92U 1,75	93Np 1,75	94Pu 1,75	95Am 1,75	96Cm	97Bk	98Cf	99Es	100Fm	101Md	102No	103Lr

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	1H																2He	
2	3Li	4Be	SKUPENSTVÍ PŘI 20 °C										5B	6C	7N	8O	9F	10Ne
3	11Na	12Mg										13Al	14Si	15P	16S	17Cl	18Ar	
4	19K	20Ca	21Sc	22Ti	23V	24Cr	25Mn	26Fe	27Co	28Ni	29Cu	30Zn	31Ga	32Ge	33As	34Se	35Br	36Kr
5	37Rb	38Sr	39Y	40Zr	41Nb	42Mo	43Tc	44Ru	45Rh	46Pd	47Ag	48Cd	49In	50Sn	51Sb	52Te	53I	54Xe
6	55Cs	56Ba	57-71	72Hf	73Ta	74W	75Re	76Os	77Ir	78Pt	79Au	80Hg	81Tl	82Pb	83Bi	84Po	85At	86Rn
7	87Fr	88Ra	89-103	104Rf	105Db	106Sg	107Bh	108Hs	109Mt	110Ds	111Rg	112Cn	113Nh	114Fl	115Mc	116Lv	117Ts	118Og

6	57La	58Ce	59Pr	60Nd	61Pm	62Sm	63Eu	64Gd	65Tb	66Dy	67Ho	68Er	69Tm	70Yb	71Lu
7	89Ac	90Th	91Pa	92U	93Np	94Pu	95Am	96Cm	97Bk	98Cf	99Es	100Fm	101Md	102No	103Lr

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	1H																2He	
2	3Li	4Be	KOVOVÝ CHARAKTER										5B	6C	7N	8O	9F	10Ne
3	11Na	12Mg										13Al	14Si	15P	16S	17Cl	18Ar	
4	19K	20Ca	21Sc	22Ti	23V	24Cr	25Mn	26Fe	27Co	28Ni	29Cu	30Zn	31Ga	32Ge	33As	34Se	35Br	36Kr
5	37Rb	38Sr	39Y	40Zr	41Nb	42Mo	43Tc	44Ru	45Rh	46Pd	47Ag	48Cd	49In	50Sn	51Sb	52Te	53I	54Xe
6	55Cs	56Ba	57-71	72Hf	73Ta	74W	75Re	76Os	77Ir	78Pt	79Au	80Hg	81Tl	82Pb	83Bi	84Po	85At	86Rn
7	87Fr	88Ra	89-103	104Rf	105Db	106Sg	107Bh	108Hs	109Mt	110Ds	111Rg	112Cn	113Nh	114Fl	115Mc	116Lv	117Ts	118Og

6	57La	58Ce	59Pr	60Nd	61Pm	62Sm	63Eu	64Gd	65Tb	66Dy	67Ho	68Er	69Tm	70Yb	71Lu
7	89Ac	90Th	91Pa	92U	93Np	94Pu	95Am	96Cm	97Bk	98Cf	99Es	100Fm	101Md	102No	103Lr

Obrázek 13: Tabulky s trendy elektronegativity, atomového poloměru, skupenství, kovového charakteru v periodické soustavě prvků

3.2.4 Kartičky s pojmy

Výběr pojmů byl vytvořen na základě rozsahu, v jakém jsou dané trendy vlastností v periodické soustavě prvků ve škole probírány. U pojmů bylo vyzkoušeno vyhledávání pomocí umělé inteligence ChatGPT a prošly drobnou úpravou. Kartičky (Obrázek 14) byly zpracovány v programu Microsoft Word, barevně vytištěny a následně upraveny do větší velikosti a světlejších odstínů. Po úpravách byly opět barevně vytisknuty, nastříhány a zalaminovány.

trend elektronegativity v periodické soustavě prvků	trend atomového poloměru v periodické soustavě prvků
elektronegativita	atomový poloměr
elektronegativita a polarita vazby	jednotka atomového poloměru
elektronegativita vzácných plynů	atomový poloměr a elektronové slupky
trend skupenství v periodické soustavě prvků	trend kovového charakteru v periodické soustavě prvků
kapalné prvky při 20 °C	diagonála polokovů
závislost skupenství prvků na tlaku	tepelná a elektrická vodivost (kovy X nekovy)
závislost skupenství prvků na teplotě	schopnost vytvářet ionty (kovy X nekovy)

Obrázek 14: Kartičky s pojmy pro jednotlivé trendy

3.2.5 Samolepky na LEGO dlaždice

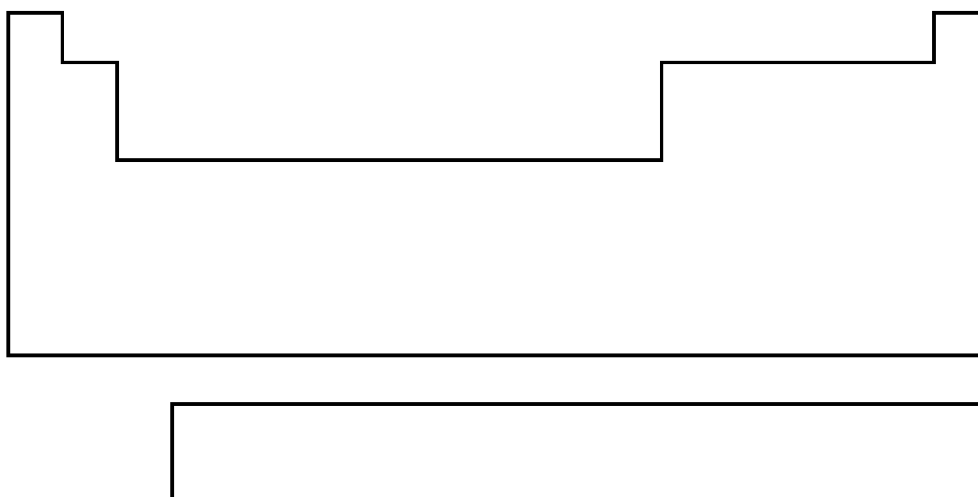
Pro teoretickou část programu byly nakoupeny šedé čtvercové LEGO podložky 32 x 32 výstupků (4 kusy), bílé LEGO kostky 2 x 2 (1000 kusů) a bílé LEGO dlaždice 2 x 2 (500 kusů). Pro LEGO dlaždice byly v programu Microsoft Word vytvořeny 4 tabulky, do kterých byly vepsány značky prvků ve 4 barvách (*Obrázek 15*). Následně byly značky prvků vytištěny na samolepkový papír, samolepky byly vystřiženy a nalepeny na LEGO dlaždice. Pro organizované uskladnění LEGO dlaždic byly zakoupeny 4 plastové krabičky s přihrádkami.

H	He	Li	Be	B	C	N	O	F
Ne	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh
Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir
Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt
Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og

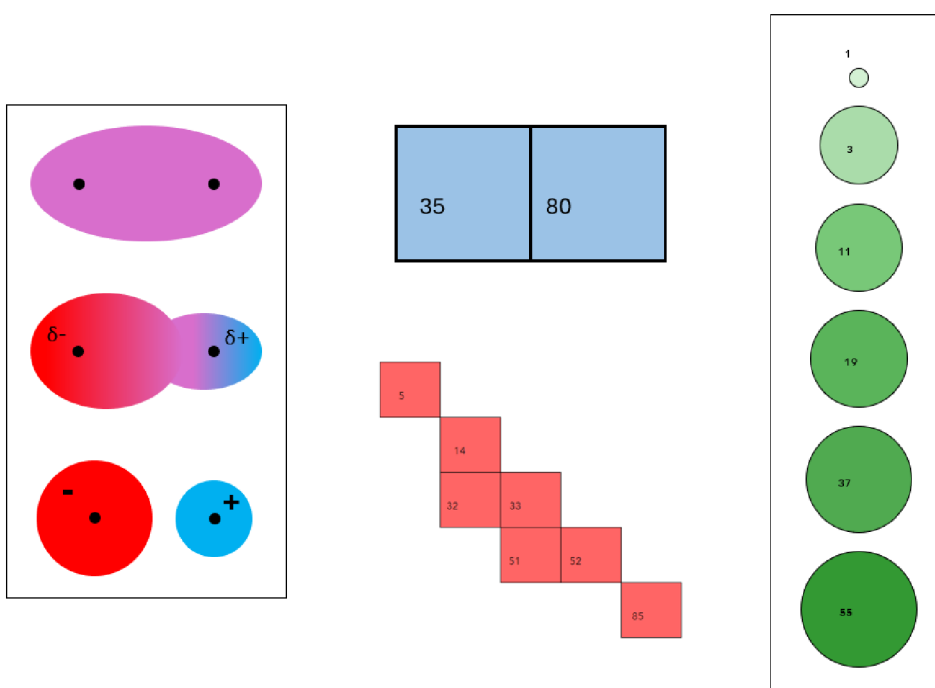
Obrázek 15: Modré samolepky na LEGO dlaždice

3.2.6 Materiály na magnetické tabule

Pomocné materiály (*Obrázek 16*, *Obrázek 17*) byly vypracovány v programech Microsoft Word a Microsoft Excel s použitím obrazců a tabulek, vytištěny na barevné tiskárně, zalaminovány a podlepeny magnetickou páskou, aby držely na magnetické tabuli.



Obrázek 16: Obrys periodické soustavy prvků



Obrázek 17: Pomocné materiály ke tvorbě prezentace

3.3 Didaktický výzkum

Pro získání dat k ohodnocení programu byl vytvořen na webové stránce Google Forms elektronický dotazník pro účastníky (Obrázek 19):

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSd9HjrUXDVPLCD7KjczxiR-soFBJBwHfQIMMRqSLFNIMvklpQ/viewform?usp=sf_link

Zpětná vazba byla vyžadována na konci výukového programu, kdy se žáci připojili k evaluačnímu dotazníku načtením QR kódu (Obrázek 18).



Obrázek 18: QR kód pro evaluační dotazník

Živé prvky

Prosíme, věnujte nám chvíli k ohodnocení našeho programu. Děkujeme.

Škola *

Text stručné odpovědi

Ročník *

Text stručné odpovědi

Čas na výukovém programu považují za: *

	1	2	3	4	
smysluplně využitý	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ztracený

Jak hodnotíte použité metody (skládání LEGA, využití AI, prezentování, experimenty)? *

	1	2	3	4	
velmi se mi líbily	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	vůbec se mi nelíbily

Která část programu vás nejvíce zaujala? *

Skládání trendu pomocí LEGA

Práce s umělou inteligencí a příprava prezentace

Prezentace

Demonstrační experiment lektora

Žákovský experiment

Jiná...

Jak hodnotíte organizaci práce ve vaší skupině? *

výborně 1 2 3 4 špatně

Pomohlo vám LEGO s pochopením trendu v periodické soustavě prvků? *

rozhodně ano 1 2 3 4 rozhodně ne

Odnášíte si z programu nějaké nové informace? Pokud ano, jaké například? *

Text stručné odpovědi

.....

Jak hodnotíte práci lektorů? *

velmi uspokojivě 1 2 3 4 velmi neuspokojivě

Prostor pro další postřehy a připomínky:

Text stručné odpovědi

.....

Obrázek 19: Evaluační dotazník k ohodnocení výukového programu

4 VÝSLEDKY A DISKUZE

4.1 Výukový program Živé prvky

V Pevnosti poznání pracuji více než 3,5 roku a v rámci své práce jsem získala mnoho zkušeností nejen ve výukových programech pro školy. Výukový program byl tedy co nejvíce přizpůsoben pracovnímu prostředí, organizačnímu uspořádání a nabídce pomůcek a chemikálií v chemické laboratoři Pevnosti poznání.

Úplně původní myšlenka byla propojení výukového programu s exponátem periodické soustavy prvků v Pevnosti poznání. Exponát periodické tabulky ovšem prochází renovací, která je časově náročná, takže byl program nakonec osamostatněn. Výukový program byl také nejprve zaměřen na žáky 8. a 9. ročníku základní školy a střední školy, ale po prostudování učebnic chemie byl věnován pouze žákům střední školy, kde se trendům v periodické soustavě prvků více věnují.

Už od počátku jsem chtěla, aby výukový program zahrnoval problematiku trendů chemických a fyzikálních vlastností v periodické soustavě prvků. Myslím si totiž, že žáci se často ve škole naučí pouze to, jak se daná vlastnost v periodické soustavě mění, ale nevidí v tom další souvislosti, které na to navazují, a ani si tento trend nezapamatují. Program jsem také nechtěla ochudit o praktickou část a provádění experimentů, které si myslím, že k chemii neodmyslitelně patří. Program byl však omezen časovou dotací 45 minut, která je společná téměř pro všechny výukové programy v Laboratoři poznání. Praktická část programu tedy nemohla být koncipována na celou periodickou tabulku, z toho tedy vzešlo rozdělení experimentů do 8 skupin: 1. – 7. skupina periodické soustavy prvků, ušlechtilé a neušlechtilé kovy. V každé skupině byly vtipovány 2 prvky, které by měly dominovat a na ně byly přizpůsobeny demonstrační a účastnické experimenty.

Název výukového programu byl ze strany Pevnosti poznání změněn z původního názvu Živá periodická soustava prvků na Živé prvky. Důvodem změny názvu byla podobnost s fyzikálním vzdělávacím programem Živá sluneční soustava.

4.1.1 Teoretická část výukového programu

Do teoretické části výukového programu jsem chtěla zapojit pochopení problematiky trendů v periodické soustavě prvků. Trendů v chemických a fyzikálních vlastnostech je ovšem velmi mnoho a některé nejsou úplně pravidelné a zahrnují i výjimky. Zároveň jsem chtěla vybrat vlastnost, o které se žáci ve škole učí, a může jim v budoucím studiu chemie velmi pomoci. Byly tedy vybrány 4 vlastnosti: elektronegativita, atomový poloměr, skupenství a kovový

charakter. Pro tyto vlastnosti byly vytvořeny periodické tabulky prvků s barevnými okýnky zobrazující daný trend.

Myšlenkou bylo umožnit žákům „vnímat“ daný trend více smysly. Pomocí barevné tabulky uvidí trend vizuálně, ale chtěla jsem, aby si jej také osahali hmatem. Původně jsem pracovala s nápadem vytisknout tabulky trendů na 3D-tiskárně, ale u této varianty by žáci modely pouze dostali, ale nemohli je poskládat. Proto jako formu, která bude mít největší přínos pro žáky, bylo zvoleno skládání trendů pomocí LEGO kostek. Barevná tabulka bude žákům sloužit jako zdroj informací a žáci budou moci podle svého libovolného postupu postavit danou vlastnost pomocí LEGO kostek. Skládání trendů pomocí LEGO kostek bylo odzkoušeno, není časově náročné a lze jej zpracovat různými strategiemi. Podporuje to tedy kreativní myšlení žáků. Např. u elektronegativity mohou být hodnoty zaokrouhlovány na celá čísla a podle toho využívány počty kostek.

Zároveň jsem přemýšlela nad tím, co bych sama chtěla, aby si žáci o trendech z výukového programu (výuky) odnesli. Na základě toho byly vytvořeny kartičky s pojmy, které podněcují k získání základních informací o daném trendu. Mým cílem bylo, aby žáci dokázali každou vlastnost popsat, vysvětlit, jakými směry trend probíhá v periodické soustavě prvků a další informace dle dané vlastnosti. Kartičky s pojmy tedy slouží jako zadání pro vyhledávání pojmů pomocí umělé inteligence (např. ChatGPT). Při této aktivitě dochází k rozvoji práce s informační a komunikační technologií, konkrétně umělou inteligencí. Žáci si zde také procvičují dovednosti v porozumění textu a výběru důležitých informací. Kartičky s pojmy zároveň slouží pro rozdělení žáků do skupin podle barev.

Závěrečnou fází teoretické části programu je prezentování jednotlivých skupin. Každá skupina prezentuje jeden trend, kterému se věnovala, a musí zde také zakomponovat pojmy z kartiček. Touto aktivitou se žáci zdokonalují v komunikačních dovednostech a vystupování před svými vrstevníky. Celá teoretická část programu zároveň vyžaduje spolupráci ve skupině a rozdělení činností za účelem vyřešení zadaného úkolu.

Pro přípravu prezentace mohou žáci využívat magnetické tabule, na které si mohou kreslit a vypisovat různé poznámky. Na magnetické tabule byly vytvořeny jednoduché pomůcky, které by měly žákům usnadnit přípravu jejich prezentace. Každá skupina dostane obrys periodické soustavy prvků (*Obrázek 16*), do které by si měla pomocí šipek zakreslit, jakým směrem se daný trend mění. Dalšími pomocnými materiály jsou obrázky zobrazující souvislost elektronegativity s polaritou vazby, změnu velikosti atomů prvků v 1. skupině a volná políčka pro doplnění značek 2 kapalných prvků a prvků v diagonále polokovů.

4.1.2 Praktická část výukového programu

Při výběru experimentů bylo nutné zohlednit mnoho kritérií: prostředí Laboratoře poznání, bezpečnostní opatření, časovou náročnost, spojitost s vlastnostmi, reakcemi, využitím v běžném životě.

Výběr experimentů považuji za nejtěžší část tvorby programu, zejména kvůli velké variabilitě experimentů, které lze k jednotlivým skupinám přiřadit. Jak již bylo uvedeno v praktické části, pokusy byly vybrány na základě osobních preferencí a po konzultaci se školitelem a vedoucí sekce chemie v Pevnosti poznání. Ve výsledném výběru je mnoho experimentů, které jsou v Pevnosti poznání často prováděny. Lektori je tedy znají, ví, co mohou očekávat, jaká rizika mohou tyto experimenty provázet apod.

Experimenty byly zvoleny na základě vybavení pomůckami a chemikáliemi v chemické laboratoři. Při výběru pokusů byl každý experiment vyzkoušen právě v Laboratoři poznání, aby bylo ověřeno, že k provedení experimentů jsou veškeré pomůcky a chemikálie. Pokud to tak nebylo, snažila jsem se vymyslet alternativu, aby byl pokus proveditelný, příp. byly některé pomůcky dokoupeny, např. zátky na malé Büchnerovy odsávací baňky.

Velký důraz byl kladen na bezpečnostní pokyny ohledně práce s chemikáliemi. Pro posouzení bezpečné práce v laboratoři byla využívána Příručka pro učitele chemie základních a středních škol, ze které byly čerpány informace ohledně (ne)bezpečnosti chemikálií pro jednotlivé věkové kategorie žáků. (40) Obecně jsem toho názoru, že pokud experiment funguje i s roztokem o menší koncentraci, roztok raději naředím, než abych nechala žáky pracovat s koncentrovanějším roztokem.

Nutno brát v úvahu také časovou náročnost experimentů. Ve výukovém programu je na praktickou část vyhrazeno přibližně 15 minut, během kterých je potřeba stihnout demonstrační pokus prováděný lektorem a účastnický pokus prováděný žáky. Demonstrační experimenty trvají zpravidla několik minut, takže pro účastnický pokus je vyhrazeno více času. Jak bylo uvedeno, všechny vybrané experimenty byly experimentálně vyzkoušeny s měřením času na jejich provedení. A byla také zvažena veškerá zdržení a rizika, která mohou nastat.

Dalším důležitým kritériem výběru byla spojitost experimentů s nějakou informací, kterou si žáci mají odnést. Byly tedy vybrány takové pokusy, které demonstrují nějakou vlastnost prvku nebo jeho sloučeniny, reakci nebo použití v běžném životě.

4.2 Výsledky didaktického výzkumu

Evaluaci výukového programu jsem zejména chtěla zjistit, jestli došlo k naplnění stanovených výukových cílů. Zajímalo mě, jestli zvolené výukové metody byly efektivní, zda žákům pomohly pochopit zadanou problematiku, jak se jim dařila práce s umělou inteligencí, spolupráce ve skupině a prezentace před vrstevníky. Mimoto jsem chtěla ověřit, jestli byl program dobře časově zorganizovaný nebo je třeba nějaké aktivity změnit, protože byl nedostatek nebo naopak přebytek času. Chtěla jsem také zjistit, jestli byly vybrané demonstrační a účastnické experimenty úspěšné, nebyly příliš náročné na úklid nebo jestli se neobjevila nějaká úskalí, která jsou potřeba řešit. Také mě zajímala zpětná vazba od pedagogického doprovodu, kterou jsem provedla formou papírového evaluačního dotazníku.

Evaluační dotazník považuji za velmi cennou hodnotící metodu, díky které můžeme program do budoucna zdokonalovat a přizpůsobovat ho cílové skupině žáků. Myslím si, že zpětná vazba je velmi důležitý krok ve tvorbě výukového programu, a neměl by být opomenut. Díky evaluaci se můžeme na program podívat z jiné perspektivy, ať už žáka nebo pedagogického doprovodu, a objevit jeho skryté vady nebo nedostatky.

Pilotní výukový program Živé prvky proběhl 12. 4. 2024 v laboratoři Pevnosti poznání. Programu se zúčastnilo 13 žáků 3. ročníku Střední odborné školy lesnické a strojírenské Šternberk, oboru Ekologie a životní prostředí. Žáci tohoto oboru měli chemii pouze v 1. a 2. ročníku, takže pro ně výukový program byl spíše opakováním učiva chemie.

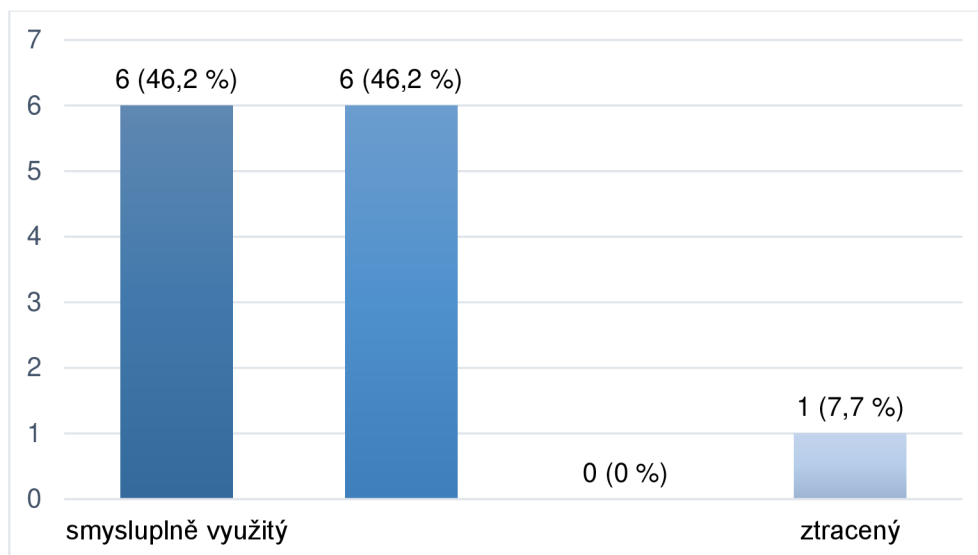
Během výukového programu nedošlo k žádným velkým komplikacím, problém byl pouze v nedodržení časového harmonogramu kvůli zdržení při skládání trendů. Stavění trendů bylo komplikováno především LEGO dlaždicemi se značkami prvků. Při experimentální části, kde byli žáci rozděleni na 2 skupiny, docházelo ke zvukovému rušení mezi skupinami a také nedostatku prostoru kvůli používání digestoře oběma lektory.

Zkouškou výukového programu došlo k přehodnocení organizačního a časového uspořádání programu. Před zahájením teoretické části bude lépe vysvětleno zadání úkolu se skládáním trendů a přípravou prezentace, a také čtení v tabulkách s trendy. Při skládání trendů bude prioritou vyobrazení trendu pomocí LEGO kostek, ne však značky prvků. Pokud bude některá ze skupin rychle hotová, dostane navíc LEGO dlaždice se značkami prvků, které mohou do stavebnice doplnit. LEGO dlaždice nebudou hromadně vloženy v sáčku, ale budou pro ně nakoupeny plastové krabičky s přihrádkami, kde budou dlaždice přehledně rozděleny podle skupin periodické soustavy prvků. Pro experimentální část nebudou žáci rozděleni na 2 skupiny, ale budou všichni v jedné skupině, kde budou dvojice žáků provádět stejnou sadu experimentů. Celé skupině se tedy budou věnovat oba dva lektory. Pro rychlejší úklid kostek budou

zakoupeny 4 páčidla kostek a během programu bude na úklid LEGA vyhrazen určitý časový úsek.

4.2.1 Hodnocení žáky

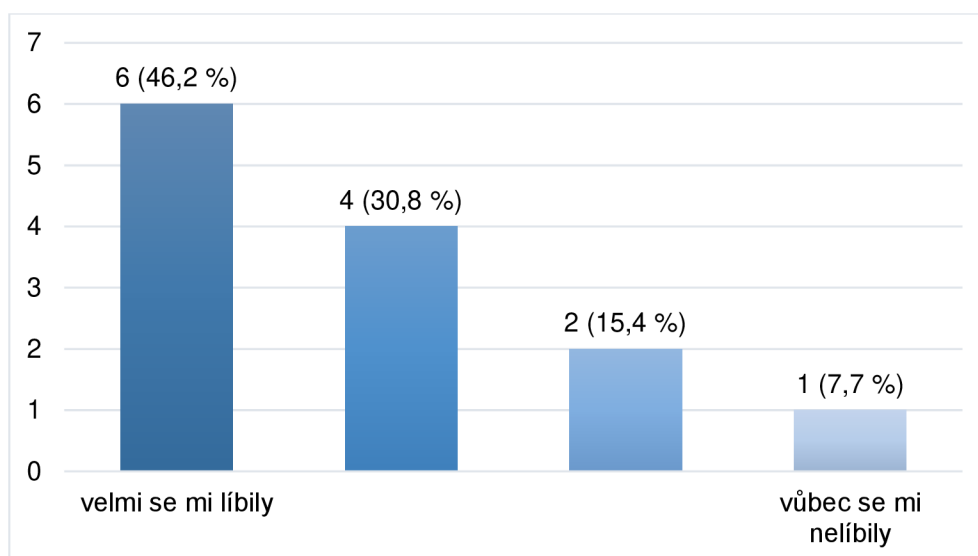
3) Čas na výukovém programu považují za:



Obrázek 20: Grafické znázornění otázky č. 3

Můžeme vidět, že 12 (92,4 %) respondentů považuje čas na výukovém programu jako smysluplně využitý. Můžeme tedy konstatovat, že výukový program Živé prvky se celkově žákům líbil.

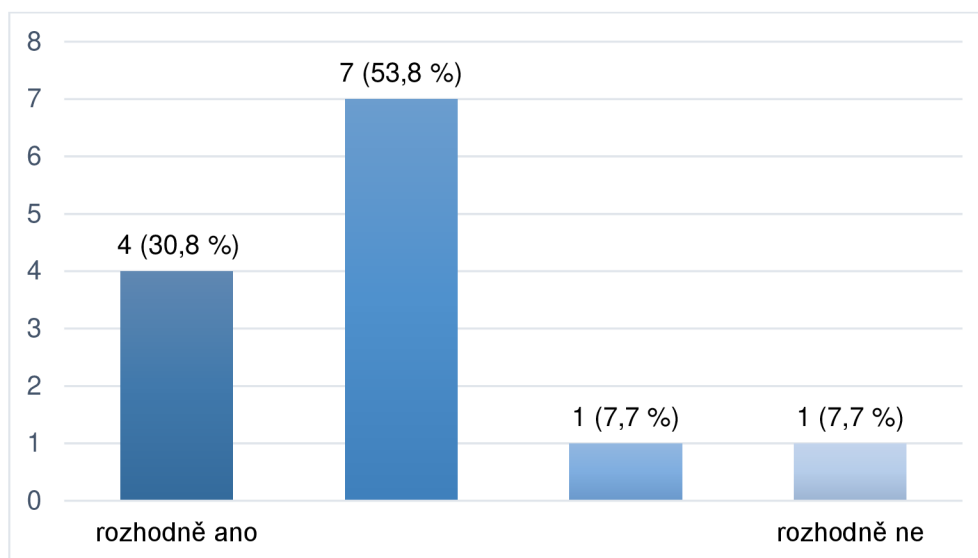
4) Jak hodnotíte použité metody (skládání LEGA, využití AI, prezentování, experimenty)?



Obrázek 21: Grafické znázornění otázky č. 4

Z odpovědí je zřetelné, že 10 (77 %) respondentům se použité metody líbily. Zbývá 3 žáci nebyli s použitými metodami spokojeni. Může to být například tím, že zadání úkolů nebylo dostatečně vysvětlené, a tudíž neporozuměli zadání.

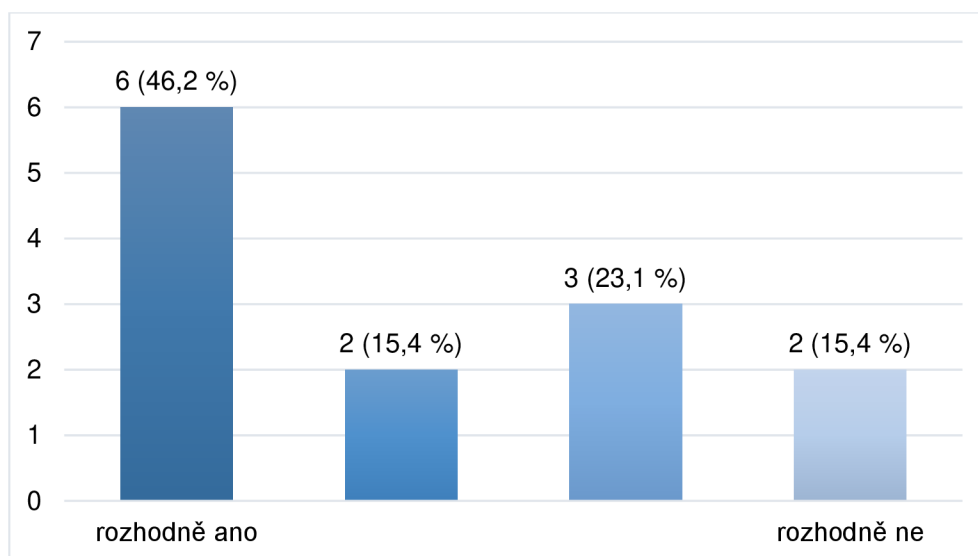
5) Pomohlo vám LEGO s pochopením trendu v periodické soustavě prvků?



Obrázek 22: Grafické znázornění otázky č. 5

Z odpovědí na tuto otázku je zřejmé, že 11 (84,6 %) respondentům pomohlo LEGO s pochopením trendů v periodické soustavě prvků. Tuto metodu tedy můžeme považovat za efektivní. Myslím si, že trochu jiné výsledky bychom dostali u respondentů, kteří výuku chemie ještě stále ve škole mají.

6) Osvojili jste si práci s umělou inteligencí?



Obrázek 23: Grafické znázornění otázky č. 6

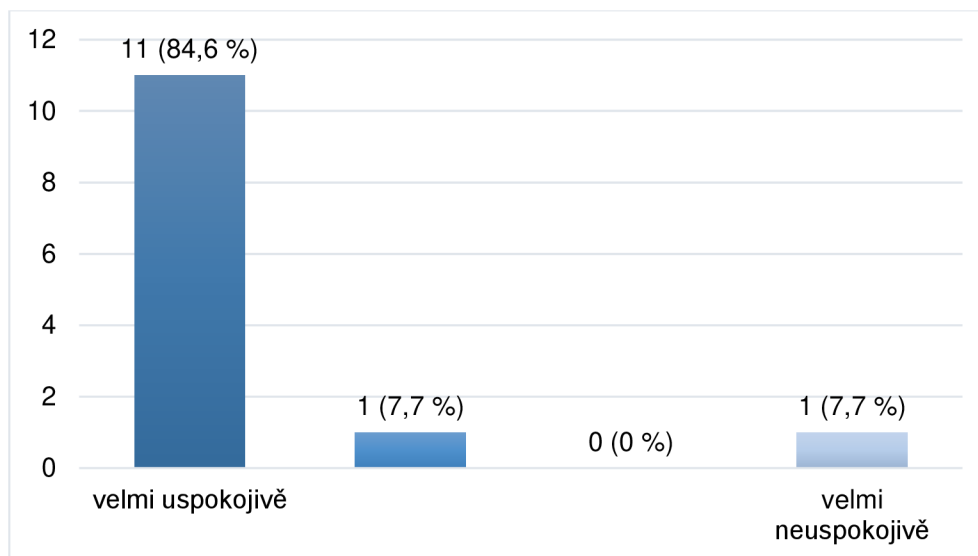
U této otázky je očekávané, že odpovědi nebudou jednoznačné, hlavně kvůli rozdělení práce ve skupině, kde někteří členové skládají trend pomocí LEGA a někteří připravují prezentaci s využitím umělé inteligence.

7) Odnášíte si z programu nějaké nové informace? Pokud ano, co například?

- „Ano reakci kyslíku“
- „Ano, vyzkoušeli jsme si zajímavé pokusy“
- „Bor hoří zeleně“
- „Jak hoří bor“
- „Nic“
- „Nové informace o periodické tabulce“
- „Rozhodně, KMnO_4 s vodou bude fialová voda“
- „Spíše opakování“
- „Vodík je nejlehčí plyn.“
- „Vsechno umim všechno znam“
- „ano libilo se mi to“
- „vice pochopit chemii, ikdyz uz ji nemame“

Z odpovědí žáků je zřejmé, že téměř každý si z programu odnesl nějakou novou informaci, kterou se dozvěděl hlavně prostřednictvím experimentů.

8) Jak hodnotíte práci lektorů?



Obrázek 24: Grafické znázornění otázky č. 8

Z odpovědí na tuto otázku je očividné, že respondenti byli s prací lektorů velmi spokojeni.

9) Prostor pro další postřehy a připomínky:

„Nemám žádné“

„velmi se mi to líbilo a bylo zajímavé“

„Program se mi velice líbil a na to že nemám ráda chemii tak to bylo fajn“

4.2.2 Hodnocení pedagogického dozoru

Byla délka programu podle Vás přiměřená? Pokud ne, byla krátká či dlouhá?

„Ano.“

Byl obsah programu již předem probrán ve škole?

„Ne.“

Jak byste popsal/a práci lektorů?

„Komunikativní, nápomocní, milí.“

Která část programu Vás nejvíce zaujala?

„Teoretická část, kdy pomocí lega znázorňovali vlastnosti prvků PSP.“

Měli žáci možnost se aktivně zapojit do průběhu aktivit?

„Ano, i v teoretické i v praktické části programu.“

Měl program pro žáky přínos? Jaký?

„Ano, naučili se něco nového a zkusili si práci v laboratoři.“

Celkové hodnocení obsahu a formy programu:

„Program byl vyvážený teorie/praxe.“

Doporučil/a byste náš program kolegům? Proč?

„Ano, je vhodný pro zopakování základů.“

Z odpovědí na otázky v dotazníku vyplývá, že také pedagogický doprovod byl s výukovým programem spokojen. Považuje ho za přínosný, pozitivně hodnotí zpracování trendů periodické soustavy prvků pomocí LEGA a oceňuje vyváženost teoretické a praktické části programu.

5 ZÁVĚR

Tématem diplomové práce byla Živá periodická soustava prvků. Teoretická část byla věnována literární rešerši týkající se periodické soustavy prvků a science centru Pevnost poznání. Na začátku teoretické části bylo nastíněno postavení tématu periodické soustavy prvků v rámci vzdělávacího programu pro základní vzdělávání a gymnázia, a očekávané výstupy žáka po probrání tohoto učiva. Další kapitola byla věnována stručnému historickému vývoji periodické soustavy prvků, který byl reprezentován nejedním slavným jménem z oboru chemie. Poté bylo popsáno několik vybraných grafických zpracování periodické soustavy prvků (krátká, dlouhá, kruhová a spirálová), vyzdviženy jejich přednosti, ale také představeny jejich nedostatky. Následující kapitola byla věnována současné podobě periodické soustavy prvků podle IUPAC, její klasifikaci podle konfigurace valenční sféry a triviální názvy některých skupin prvků.

Další pasáž teoretické části se zabývá trendy chemických a fyzikálních vlastností v periodické soustavě prvků. Některé vlastnosti byly podrobněji zpracovány a doplněny vizuálním vyjádřením v podobě grafů závislostí vlastností na rostoucím protonovém čísle. V této rozsáhlé kapitole byla charakterizována elektronegativita, ionizační energie, elektronová afinita, atomový poloměr, skupenství a kovový charakter. Konec teoretické části byl zaměřen na science centra v České republice a konkrétně na olomoucké science centrum Pevnost poznání. V kapitole o Pevnosti poznání bylo popsáno, co je konceptem neformálního vzdělávání, historická proměna science centra z dělostřeleckého skladu k centru popularizace, a jakou cestou Pevnost poznání v současnosti směřuje.

Praktická část popisuje průběh tvorby výukového programu Živé prvky pro Pevnost poznání a zejména použité metody k tvorbě doprovodných materiálů. V jednotlivých kapitolách praktické části byly představeny všechny podpůrné materiály příslušící k výukovému programu, které byly vytvořeny. Mezi tyto podklady patří metodický list, doprovodný text, tabulky s trendy, kartičky s pojmy, samolepky na LEGO dlaždice a materiály na magnetické tabule. U každého vytvořeného materiálu bylo vysvětleno, v jakém počítačovém programu byly vytvořeny. V textu praktické části jsou také vloženy výsledné podoby všech těchto materiálů. Na konci praktické části je popsána metoda evaluace výukového programu formou elektronického dotazníku pro žáky a ukázka tohoto dotazníku.

V kapitole Výsledky a diskuze byly charakterizovány myšlenkové pochody, které tvorbě výukovému programu předcházely. V kapitole o teoretické části programu byly přiblíženy jednotlivé kroky, které vedly k výběru trendů a volbě vhodných metod, aby byla teoretická část

programu smysluplná. Byl zde popsán postup, v jakém teoretická část programu probíhá a byly zde zdůrazněny přednosti vybraných metod – spolupráce ve skupině, práce s umělou inteligencí a analýza textu, podpora kreativního myšlení, prezentace informací před vrstevníky. V další pasáži byla popsána kritéria, ke kterým bylo přihlédnuto při výběru demonstračních a účastnických experimentů, a z jakých zdrojů bylo čerpáno. Poslední pasáž textu byla věnována hodnocení výukového programu. Byly zde uvedeny důvody, proč byl tento didaktický výzkum uskutečněn, výsledky získané díky evaluačnímu dotazníku a připravované změny v programu vyplývající z této zpětné vazby.

Výukový program Živé prvky je již nyní součástí nabídky chemických výukových programů pro školy v Pevnosti poznání. Myslím si, že program se dá i různě modifikovat podle individuálních možností pomůcek a chemikálií, také jej lze přizpůsobit různým věkovým kategoriím dětí. Část tohoto programu a některé experimenty byly využity v Pevnosti poznání při tvorbě lekce kroužku Klub nadaných dětí pro žáky 4. až 5. třídy základní školy. Teoretická část programu byla však přetvořena pouze pro 2 skupiny dětí, kde se budou věnovat trendům skupenství a kovového charakteru. Zachováno bylo skládání trendů pomocí LEGO kostek a upuštěno bylo od vyhledávání pojmů pomocí umělé inteligence a prezentaci ve skupinách. Výklad informací je tedy přesunut na lektory, kteří jednoduchým způsobem představí účastníkům periodickou soustavu prvků, skupenství a kovový charakter prvků. Výběr experimentů byl poté zaměřen na barvení plamene kationty s-prvků, demonstraci vodivých vlastností kovů, přípravu a vlastnosti plynů (kyslíku a oxidu uhličitého) a výrobu newtonovské kapaliny.

Vytvořený program bych také ráda využila ve svém pedagogickém povolání v hodinách chemie při probírání učiva o periodické soustavě prvků. Díky tomu, že je program vytvořen na 45 minut, lze jej stihnout v jedné vyučovací hodině.

V budoucnu bych chtěla do didaktického výzkumu získat odpovědi od většího počtu respondentů. Chtěla bych se zaměřit na porovnání efektivity výukového programu Živé prvky v neformálním prostředí Pevnosti poznání a školním prostředí gymnázia, na kterém budu učit. Ráda bych se také více věnovala problematice neoblíbenosti periodické soustavy prvků u žáků, příp. tvorbě vlastního exponátu této tabulky.

6 POUŽITÁ LITERATURA

1. **Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy.** RVP ZV - Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání. *edu.cz*. [Online] 2023. [Citace: 22. 8. 2023.] <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcovy-vzdelavacici-program-pro-zakladni-vzdelavani-rvp-zv/>.
2. **Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy.** RVP G* - Rámcové vzdělávací programy pro gymnázia. *edu.cz*. [Online] 2022. [Citace: 22. 8. 2023.] <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcove-vzdelavaci-programy-pro-gymnazia-rvp-g/>.
3. **Guharay, Deboleena M.** A brief history of the periodic table. *ASBMB Today*. [Online] American Society for Biochemistry and Molecular Biology, 2021. [Citace: 19. 1. 2024.] <https://www.asbmb.org/asbmb-today/science/020721/a-brief-history-of-the-periodic-table>.
4. **Greenwood, Norman N. a Earnshaw, Alan.** *Chemie prvků*. [překl.] František Jursík. Praha: Informatorium, 1993. Sv. I. ISBN 8085427389.
5. **Strathern, Paul.** *Mendělejevův sen: putování po stopách prvků*. [překl.] Lucie Černá. Praha: BB/art, 2005. ISBN 80-7341-543-7.
6. **Wikimedia Foundation, Inc.** Types of periodic tables. *Wikipedia: The Free Encyclopedia*. [Online] Wikimedia Foundation, Inc., 2024. [Citace: 22. 2. 2024.] https://en.wikipedia.org/wiki/Types_of_periodic_tables.
7. **Abubakr, Mohammed.** An Alternate Graphical Representation of Periodic table of Chemical Elements. *ResearchGate*. [Online] 2009. [Citace: 22. 2. 2024.] https://www.researchgate.net/publication/45875918_An_Alternate_Graphical_Representation_of_Periodic_table_of_Chemical_Elements#fullTextFileContent.
8. **Muck, Alexander.** *Základy strukturní anorganické chemie*. Praha: Academia, 2006. ISBN 8020013261.
9. **Vacík, Jiří.** *Obecná chemie*. Praha: Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, 2017. ISBN 978-80-7444-050-2.
10. **IUPAC.** Periodic table of elements. *IUPAC: International Union of Pure and Applied Chemistry*. [Online] IUPAC. [Citace: 3. 1. 2024.] <https://iupac.org/what-we-do/periodic-table-of-elements/>.
11. **Streblová, Eva.** *Souhrnné texty z chemie: pro přípravu k přijímacím zkouškám (přírodovědné obory, lékařství), 1. díl*. Praha: Univerzita Karlova, 2021. ISBN 978-80-246-5086-9.

12. **Housecroft, Catherine E. a Sharpe, Alan G.** *Anorganická chemie*. [překl.] Ondřej Beneš. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2014. ISBN 978-80-7080-872-6.
13. **Pauling, Linus.** *The nature of the chemical bond and the structure of molecules and crystals: an introduction to modern structural chemistry*. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1960. ISBN 978-0-8014-0333-0.
14. **Emsley, John.** Periodic Trends - Ionization Energy. [Online] [Citace: 18. 12. 2023.] https://www.angelo.edu/faculty/kboudrea/periodic/trends_ionization_energy.htm.
15. **Myers, R. Thomas.** The periodicity of electron affinity. *Journal of Chemical Education*. 1990, 4.
16. **Slater, J. C.** Atomic Radii in Crystals. *The Journal of Chemical Physics*. 1964.
17. **Wikimedia Foundation, Inc.** Periodic table. *Wikipedia: The Free Encyclopedia*. [Online] Wikimedia Foundation, Inc. [Citace: 26. 3. 2024.] https://en.wikipedia.org/wiki/Periodic_table#See_also.
18. **VŠCHT Praha.** Periodická tabulka prvků. *E-learning VŠCHT*. [Online] VŠCHT Praha. [Citace: 26. 3. 2024.] <https://e-learning.vscht.cz/mod/page/view.php?id=13071>.
19. **Česká asociace science center z.s.p.o.** Kdo jsme. *Česká asociace science center*. [Online] Česká asociace science center z.s.p.o. [Citace: 22. 8. 2023.] <https://www.sciencecentra.cz/kdo-jsem/>.
20. **Sváková, Petra.** Science centra v České republice. *Diplomová práce*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, Pedagogická fakulta, Katedra výtvarné výchovy, 2016.
21. **Česká asociace science center z.s.p.o.** Česká science centra. *Česká asociace science center*. [Online] Česká asociace science center z.s.p.o. [Citace: 22. 8. 2023.] <https://www.sciencecentra.cz/ceska-science-centra/>.
22. **Kohoutová, Vlasta.** Neformální vzdělávání - co to je a proč je uznávat? *Metodický portál RVP.CZ*. [Online] Národní pedagogický institut České republiky, 2013. [Citace: 22. 8. 2023.] <https://spomocnik.rvp.cz/clanek/17679/NEFORMALNI-VZDELAVANI---CO-TO-JE-A-PROC-JE-UZNAVAT%3F.html?nahled=>.
23. **Krčmová, Sabina a Chvátal, Roman.** Možnosti neformálního vzdělávání v science centrech. *Pedagogika*. 2020, č. 3, stránky 378-382.
24. **Pevnost poznání.** O Pevnosti. *Pevnost poznání: centrum popularizace*. [Online] Pevnost poznání. [Citace: 22. 8. 2023.] <https://www.pevnostpoznani.cz/muzeum-vedy/o-pevnosti/>.
25. **Lucie, Zdařilová.** Pevnost poznání Univerzity Palackého v Olomouci - implementace do volnočasových aktivit nejen dětí a mládeže. *Diplomová práce*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, Pedagogická fakulta, Ústav pedagogiky a sociálních studií, 2021.

26. **Muzeum Olomoucké pevnosti z.s.** Korunní pevnůstka. *Muzeum Olomoucké pevnosti z.s.* [Online] Muzeum Olomoucké pevnosti z.s. [Citace: 22. 8. 2023.] <http://www.pevnostolomouc.cz/korunni-pevnustka.htm>.
27. **Pevnost poznání.** Vzdělávací programy. *Pevnost poznání: centrum popularizace.* [Online] Pevnost poznání. [Citace: 22. 8. 2023.] <https://www.pevnostpoznani.cz/vzdelavaci-programy/>.
28. **Klečková, Marta, Mašláňová, Helena a Smékal, Zdeněk.** *Školní pokusy z chemie.* Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra anorganické chemie, 2021. ISBN 978-80-244-5981-3.
29. **Pokorný, Jan.** Elektrolýza roztoku NaCl. *Pokusy z fyziky.* [Online] Katedra experimentální fyziky, Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého, 2013. [Citace: 4. 3. 2024.] <http://pokusy.upol.cz/skolni-pokusy/elektrina-a-magnetismus/vedeni-proudu-v-kapalinach/elektrolyza-roztoku-nacl-65/>.
30. **Chemie a světlo.** Pyroluminiscence. *Chemie a světlo: školní didaktická souprava.* [Online] Chemie a světlo. [Citace: 5. 3. 2024.] <https://www.chemieasvetlo.cz/teorie/pyroluminiscence/>.
31. **Katedra učitelství a didaktiky chemie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy.** Amfoterní vlastnosti hliníku. *Studium chemie.* [Online] Katedra učitelství a didaktiky chemie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy. [Citace: 5. 3. 2024.] <https://studiumchemie.cz/experiment/amfoterni-vlastnosti-hliniku/>.
32. Pokusy s kapalným dusíkem. *FyzWeb.* [Online] 2015. [Citace: 5. 3. 2024.] <https://fyzweb.cz/materialy/vlachovice/2015/materialy/kolar/c-kolar-dusik.pdf>.
33. **Nodzyńska, Malgorzata, Kopek-Putala, Wioleta a Hásek, Roman.** Je Coca-Cola zdravá? *Časopis Biologie-Chemie-Zeměpis.* 2016, Sv. 25/2016, 5, stránky 236-240.
34. **Katedra učitelství a didaktiky chemie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy.** Reakce Zn se S. *Studium chemie.* [Online] Katedra učitelství a didaktiky chemie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy. [Citace: 5. 3. 2024.] <https://studiumchemie.cz/experiment/reakce-zn-se-s/>.
35. **vedeckeokienko.** Premena medenej mince na "zlatú". *Instagram.* 2023.
36. **Katedra učitelství a didaktiky chemie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy.** Stříbro a zlato z mědi. *Studium chemie.* [Online] Katedra učitelství a didaktiky chemie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy. [Citace: 4. 3. 2024.] <https://studiumchemie.cz/experiment/strebro-a-zlato-z-medi/>.
37. **Švandová, Veronika, a další.** *Obecná chemie 1: Učebnice pro 1. ročník gymnázií.* Praha : Taktik International, s.r.o., 2023. ISBN 978-80-7563-590-7.
38. **Bárta, Milan.** *Chemické prvky kolem nás.* Brno : Edika, 2012. ISBN 978-80-266-0097-8.

39. **Jackson, Tom.** *Periodická tabulka: obrazová encyklopedie chemických prvků.* [překl.]
Jakub Rozehnal. Praha : Slovart, 2022. ISBN 978-80-276-0324-4.
40. **Holzhauser, Petr, Ménová, Petra a Matuška, Radek.** *Výuka chemie: Příručka pro učitele
základních a středních škol.* Praha : Edice Chemické listy, ČSCH, 2019.

7 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek 1: Mendělejevova periodická tabulka z roku 1869 v ruštině (3)	11
Obrázek 2: Moderní forma krátké periodické tabulky (6)	12
Obrázek 3: Dlouhá periodická tabulka (6)	13
Obrázek 4: Kruhová periodická tabulka (6)	14
Obrázek 5: Spirálová periodická tabulka (6).....	14
Obrázek 6: Periodická soustava prvků dle UIPAC, verze z roku 2022 (10).....	15
Obrázek 7: Graf závislosti elektronegativity (podle Paulinga) na rostoucím protonovém čísle (13)	18
Obrázek 8: Graf závislosti první ionizační energie na rostoucím protonovém čísle (14).....	19
Obrázek 9: Graf závislosti elektronové afinity na rostoucím protonovém čísle (15)	20
Obrázek 10: Graf závislosti atomového poloměru na rostoucím protonovém čísle (16).....	21
Tabulka 1: Vlastnosti kovů a nekovů (11)	22
Obrázek 11: Plán dokončené bastionové pevnosti z roku 1757 se zaplavením (24)	24
Obrázek 12: Graf zobrazující statistiku výukových programů ve školním roce 2022/2023	25
Obrázek 13: Tabulky s trendy elektronegativity, atomového poloměru, skupenství, kovového charakteru v periodické soustavě prvků	51
Obrázek 14: Kartičky s pojmy pro jednotlivé trendy	52
Obrázek 15: Modré samolepky na LEGO dlaždice.....	53
Obrázek 16: Obrys periodické soustavy prvků	54
Obrázek 17: Pomocné materiály ke tvorbě prezentace	54
Obrázek 18: QR kód pro evaluační dotazník	55
Obrázek 19: Evaluační dotazník k ohodnocení výukového programu.....	56
Obrázek 20: Grafické znázornění otázky č. 3	61
Obrázek 21: Grafické znázornění otázky č. 4	61
Obrázek 22: Grafické znázornění otázky č. 5	62
Obrázek 23: Grafické znázornění otázky č. 6	62
Obrázek 24: Grafické znázornění otázky č. 8	63