**TRENČIANSKA UNIVERZITA ALEXANDRA DUBČEKA V TRENČÍNE**

**NÁZOV PRÁCE** (podľa názvu dizertačnej témy)

**TITLE** (according to a title of a PhD topic)

**DIZERTAČNÁ PRÁCA**

**TRENČÍN 2023 Titul, meno a priezvisko študenta**

**TRENČIANSKA UNIVERZITA ALEXANDRA DUBČEKA V TRENČÍNE**

**NÁZOV PRÁCE** (podľa názvu dizertačnej témy)

**TITLE** (according to a title of a PhD thesis)

**DIZERTAČNÁ PRÁCA**

Kód/Code

**Študijný program:** Anorganické technológie a nekovové materiály

**Študijný odbor:** 16.Chemické inžinierstvo a technológie

**Školiace pracovisko:** FunGlass – Centrum pre funkčné a povrchovo funkcionalizované sklá

**Vedúci záverečnej práce/školiteľ:** titul, meno a priezvisko (title, name and surname - supervisor)

**Konzultant**: titul, meno a priezvisko (title, name and surname – co-supervisor)

**TRENČÍN 2023 Titul, meno a priezvisko študenta**

**Zadanie/ Assignment**

Vkladá sa naskenovaný originál zadania. **Ak je zadanie na dvoch stranách, ďalšiu prázdnu stranu odstráňte, t.j. aby poďakovanie bolo vždy na nepárnej strane.**

The scanned original of the assignment is inserted. **If the assignment is on two pages, remove the next blank page, i.e. so that the acknowledgement is always on the odd page.**

**Čestné vyhlásenie**

Vyhlasujem, že predloženú dizertačnú prácu som vypracoval(a) samostatne pod vedením vedúceho dizertačnej práce, s použitím odbornej literatúry a ďalších informačných zdrojov, ktoré sú citované v práci a uvedené v zozname použitej literatúry. Ako autor(ka) dizertačnej práce ďalej prehlasujem, že som v súvislosti s jej vytvorením neporušil autorské práva tretích osôb.

 ...................................................

 Podpis študenta

**Declaration**

I declare that I prepared the dissertation work independently under the supervision of the supervisor of the dissertation, using professional literature and other information sources that are cited in the work and listed in the list of references. As the author of this dissertation work, I further declare that I have not violated the copyrights of third parties in connection with its creation.

 ...................................................

 Signature of a student

**Poďakovanie (Acknowledgement) – nepovinné / not mandatory!**

Na tomto mieste môžete vyjadriť poďakovania napr. vedúcemu práce resp. konzultantom za pripomienky a odborné rady pri vypracovaní práce.

Acknowledgement to e.g. supervisor, co-supervisor etc.

Táto práca vznikla s podporou projektov: grant VEGA X/XXX/XX, APVV-XXXX-XX, iné granty napr. EU, Grant FunGlass TnUAD pre podporu doktorandov. Poďakovanie grantovým agentúram treba uvádzať najmä v prípade dizertačných prác.

Acknowledgement to grant agencies.

**ABSTRAKT**

Abstrakt v štátnom jazyku, Slovenskom jazyku.

Abstract in Slovak language.

Abstrakt obsahuje informáciu o cieľoch práce, jej stručnom obsahu a v závere abstraktu sa charakterizuje splnenie cieľa, výsledky a význam celej práce. Súčasťou abstraktu je 3 – 5 kľúčových slov. Abstrakt sa píše súvisle ako jeden odsek a jeho rozsah je spravidla 100 až 500 slov.

The abstract contains information about the goals of the work, its brief content, and at the end of the abstract describes how the goals were achieved, a summary of the most important results and the significance of the entire work. The abstract includes 3-5 keywords. The abstract is written continuously as one paragraph and its extent is usually 100 to 500 words.

**Kľúčové slová:** XXXX; YYYY; ZZZZ (3 – 5 kľúčových slov oddelených bodkočiarkou – 3-5 kewords separated by semi-colon)

**ABSTRACT**

Abstrakt v anglickom jazyku.

Abstract in English language.

**Keywords:** XXXX; YYYY; ZZZZ (3 – 5 keywords separated by semicolon)

***V prípade, že študent končí štúdium ako „double degree“ (pod dvojitým vedením), uvádza sa aj abstrakt v príslušnom jazyku zahraničného školiaceho pracoviska (napr. v taliančine, nemčine, španielčine).***

***In case, that a student completes his studies as a "double degree", an abstract in the relevant language of the foreign training institution (e.g. Italian, German, Spanish) must be also included.***

**OBSAH (TABLE OF CONTENTS)**

Zoznam obrázkov (List of figures)............................................................................2

Zoznam tabuliek (List of tables)................................................................................3

Zoznam skratiek a značiek (List of abbreviations)....................................................4

**Úvod**..........................................................................................................................5

1. **Súčasný stav riešenej problematiky** (Current state of the art of the topic)........6

1.1.

1.1.1.

2. **Ciele práce** (Research goals)...............................................................................45

3. **Experimentálna časť** – Materiál a metódy skúmania (Experimental part –

Materials and experimental methods)......................................................................46

3.1. Chemikálie (Chemicals and materials).............................................................47

3.2. Metódy skúmania – postup prípravy, metodika, použité experimentálne

charakterizačné techniky (Methods of investigation – materials/samples

preparation, characterisation techniques)................................................................48

3.3............................................................................................................................49

3.3.1.........................................................................................................................49

4. **Výsledky a diskusia** (Results and discussion)...................................................55

4.1............................................................................................................................56

4.1.1.........................................................................................................................57

5. **Záver** (Conclusions/Summary) ..........................................................................99

6. **Resumé**...............................................................................................................102

Zoznam použitej literatúry (References)................................................................105

Prílohy (Appendixes).............................. ...............................................................120

***Kapitola 4 („Výsledky a diskusia“) môže byť rozdelená aj na samostatné kapitoly „4. Výsledky práce“ a „5. Diskusia“.***

***Chapter 4 (Results and Discussion) can be also divided into separate chapters "4. Results" and "5. Discussion".***

***Kapitola 6 (Resumé) v anglickom/slovenskom jazyku sa uvádza ak je dizertačná práca napísaná v štátnom /cudzom jazyku. Jedná sa heslovitý preklad hlavných záverov dizertačnej práce.***

***Chapter 6 (Resumé) in English is included if a PhD thesis is written in the state language, Slovak. If the PhD thesis is written in English, the chapter is written in Slovak language. This part is usually indicated as a bullet list summarising translation of the most important conclusions of the thesis.***

**ZOZNAM OBRÁZKOV (LIST OF FIGURES)**

Obr. 1 Popis obrázku číslo strany

Fig.1 Figure caption page number

**ZOZNAM TABULIEK (LIST OF TABLES)**

Tab. 1 Popis tabuľky číslo strany

Tab.1 Table caption page number

**ZOZNAM SKRATIEK A ZNAČIEK**

**(LIST OF ABBREVIATIONS)**

Uvádzajte skratky a značky, ktoré sa vyskytujú sa v texte práce, spolu s príslušným vysvetlením. Jednotky ku symbolom sa vyjadrujú podľa Medzinárodnej sústavy jednotiek (SI), prípadne v tvare, ktorý je dovolené používať spolu so sústavou SI.

List of abbreviations and symbols used in the text and their explanation. Units for symbols are expressed according to the International System of Units (SI), or in a form that is allowed to be used together with the SI system.

napr. / e.g.

AFM Atómová silová mikroskopia (Atomic Force Microscopy)

G Gibbsova energia (J) (Gibbs energy (J))

μ micro, 10–6

T Termodynamická teplota (K) (Thermodynamic temperature (K))

**ÚVOD (INTRODUCTION)**

Stručný úvod k práci (max. 1-3 strany).

Short introduction of the work (max. 1-3 pages)

V úvode autor stručne a výstižne charakterizuje stav poznania alebo praxe v oblasti, ktorá je predmetom záverečnej práce a oboznamuje čitateľa s významom, cieľmi a zámermi záverečnej práce. Autor v úvode zdôrazňuje, prečo je záverečná práca dôležitá a prečo sa rozhodol spracovať danú tému.

In the introduction, an author briefly and concisely characterizes the state of the art or practice in the field that is the subject of the PhD thesis and acquaints the reader with the meaning, goals and objectives of the PhD thesis. In the introduction, the author emphasizes why the PhD thesis is important and why he/she decided to work on the given topic.

**1. SÚČASTNÝ STAV RIEŠENEJ PROBLEMATIKY**

**(CURRENT STATE OF THE ART OF SOLVED TOPIC)**

V časti „Súčasný stav riešenej problematiky“ autor uvádza a diskutuje dostupné informácie a poznatky týkajúce sa danej témy dizertačnej práce (čo bolo publikované vo vzťahu k riešenej problematike dizertačnej práce aj s príslušným komentárom). Zdrojom pre spracovanie sú aktuálne publikované práce domácich a zahraničných autorov v domácich a zahraničných odborných časopisoch, zborníkoch, knihách, atď. Podiel tejto časti práce má tvoriť približne 30 % práce.

***Odporúčaný rozsah dizertačnej práce 80 až 120 strán.***

In the part “Current state of the art of solved topic”, author presents and discusses the available information and knowledge related to the given topic of the dissertation (what was published in relation to the solved problem of the dissertation with the corresponding comments). The literature sources are the currently published works of domestic and foreign authors in domestic and foreign scientific journals, books, conference proceedings, etc. This part of the PhD thesis should be approximately 30% of the total extent of the thesis (1/3 of the thesis).

***The recommended extent of the dissertation thesis is 80 to 120 pages.***

**2. CIELE PRÁCE (RESEARCH GOALS)**

Časť „Cieľ práce“ jasne, výstižne a presne charakterizuje predmet riešenia. Súčasťou sú aj rozpracované čiastkové ciele, ktoré podmieňujú dosiahnutie cieľa hlavného. V tejto časti je potrebné heslovite uviesť hlavné ciele dizertačnej práce (napr. cieľom je pripraviť nový materiál s definovanými vlastnosťami (akými) a určiť optimálne podmienky jeho prípravy; preštudovať vplyv podmienok prípravy na vlastnosti/konkrétnu vlastnosť materiálu; preskúmať deje ktoré prebiehajú v materiáli napríklad pri jeho ohreve (napr. kryštalizácia/kinetika kryštalizácie/vývoj fázového zloženia); atď.)

***Rozsah maximálne 1-2 strany.***

The section "Research goals" clearly, concisely and accurately characterizes the subject of the research. It also includes elaborated sub-goals that are prerequisite for the achievement of the main goal.

In this part, it is necessary to briefly and concisely describe the main objectives of the dissertation work (e.g. goal is to prepare a new material with defined properties (which one) and to determine the optimal conditions for its preparation; to study the effect of the preparation conditions on the properties/specific properties of the material; to examine the events that take place in the material, for example during its heating (crystallization/crystallization kinetics/phase composition), etc.)

***The extent maximum 1-2 pages.***

**3. EXPERIMENTÁLNA ČASŤ (EXPERIMENTAL PART)**

Cieľom tejto časti práce je poskytnúť dostatok detailov pre oponenta práce, ako aj pre tých, ktorí budú prácu v budúcnosti využívať. Preto sa v tejto časti práce podrobne uvádzajú a charakterizujú všetky objekty (materiály, chemikálie), meracie techniky, prístroje, metódy, postupy a prípravy, ktoré sa použili pre riešenie problému.

Experimentálna časť spravidla obsahuje:

* charakteristiku objektu skúmania,
* pracovné postupy,
* spôsob získavania údajov a ich zdroje,
* použité metódy vyhodnotenia a interpretácie výsledkov,
* štatistické metódy.

***Experimentálna časť spolu s výsledkami, diskusiou, záverom a literatúrou má tvoriť približne 2/3 rozsahu práce.***

The goal of this part of the thesis is to provide sufficient details for reviewers of the thesis, as well as for those who will use the results of the work in the future. Therefore, in this part of the thesis, all objects (materials, chemicals), measuring techniques, devices, methods, procedures and preparations used to solve the problem have to be mentioned/characterised in details.

The experimental part usually includes:

* characteristics of the research object,
* work procedures,
* method of obtaining data and their sources,
* used methods of evaluation and interpretation of results,
* statistical methods.

***The experimental part together with the results, discussion, conclusion and literature should be approximately 2/3 of the total extent of thesis.***

**4. VÝSLEDKY A DISKUSIA (RESULTS AND DISCUSSION)**

Výsledky práce a diskusia sú najvýznamnejšími časťami záverečnej práce. Výsledky (vlastné postoje alebo vlastné riešenie vecných problémov), ku ktorým autor dospel, autor musí logicky usporiadať a pri popisovaní ich dostatočne zhodnotiť. Zároveň autor komentuje všetky skutočnosti a poznatky v konfrontácii s výsledkami/teóriami iných autorov. Použité citáty, parafrázy, výťahy musí autor zaradiť do zoznamu bibliografických odkazov. Obrazový a symbolický materiál (grafy, diagramy, obrázky, schémy, tabuľky, rovnice), ktorý pomáha pochopiť výklad a argumentáciu autora, sa umiestňuje v tejto časti a je previazaný s textom práce. Ak je to vhodné, možno kapitolu „Výsledky a diskusia“ rozdeliť do dvoch kapitol s názvom „4. Výsledky“ a „5. Diskusia“, spoločne však tvoria spravidla 30 až 40 % záverečnej práce.

The results of the work and the discussion are the most important parts of the PhD thesis. The results (own attitudes or own solutions to scientific problems), that have been achieved by the author, must be logically organised, described, critically evaluated, and commented. At the same time, the author comments on all facts and knowledge in confrontation with the results/theories of other authors. The author must include the used quotations or paraphrases of other authors in the list of bibliographic references. Pictorial and symbolic material (graphs, figures, diagrams, schemes, tables, equations), which helps to understand the interpretation and argumentation of the author, is placed in this part and is linked with the text of the work. If appropriate, the chapter "Results and Discussion" can be divided into two chapters entitled "4. Results" and "5. Discussion", however, together they usually represent 30 to 40% of the final thesis.

**Ilustrácie (grafy, obrázky, diagramy, schémy, a pod.) / Figures (figures, schemes, graphs, diagrams, etc.)**



**Obr. 1:** Experimentálne EPR spektrum komplexu Cu(II)-peptid (plná čiara) a simulované EPR spektrum (prerušovaná čiara). Prevzaté z [22].

**Fig. 1:** Experimental X-band EPR spectrum of the Cu(II)-peptide complex (solid line) and its EPR simulation (dashed line). Adopted from [22].

***Ilustrácie:***

* rôzne typy (obrázok, schéma, diagram, graf, a pod.) označovať len ako „Obr.“;
* podľa možnosti centrované;
* číslovanie súvislým radom číslic v celej práci, vzostupne;
* musia mať titulky (názov obrázku, spravidla pod obrázkom), text titulku musí byť pochopiteľný aj bez kontextu;
* majú sa zaradiť bezprostredne za textom, kde sa spomínajú po prvýkrát (najlepšie na tej istej strane);
* ak sú ilustrácie prevzaté od iného autora alebo z iného zdroja, je potrebné uviesť citáciu zdroja a zahrnúť do zoznamu literatúry.

***Figures:***

* different types (figure, scheme, diagram, graph, etc.) denote only as „Fig.“;
* centred if possible;
* numbered with a continuous series of digits throughout the work, ascending;
* must have captions (title of a figure, usually placed below the figure), the text of the caption must be understandable even without context;
* should be placed after the text where they were mentioned for the first time (preferably on the same page);
* in case that figures are taken from another author or from another source, the source must be cited and included in the bibliography.

**Tabuľky / Tables**

**Tab. 1:** Označenie vzoriek, teoretické zloženie v mol. %, *ρ* (± 0.003 g/cm3) a *T*g (± 3°C) študovaných skiel.

**Tab. 1:** Označenie vzoriek, teoretické zloženie v mol. %, *ρ* (± 0.003 g/cm3) a *T*g (± 3°C) študovaných skiel. Prevzaté z [22].

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Označenie vzorky** | **MgO** | **B2O3** | **P2O5** | ***ρ*** | ***T*g** |
| **[mol. %]** | **[g/cm3]** | **[°C]** |
| 40MgBP | 40 | 10 | 50 | 2.383 | 614 |
| 30MgBP | 30 | 20 | 50 | 2.313 | 602 |

**Tab. 1:** Sample name, corresponding nominal compositions in mol. %, *ρ* (± 0.003 g/cm3) and *T*g (± 3°C) of the studied glasses.

**Tab. 1:** Sample name, corresponding nominal compositions in mol. %, *ρ* (± 0.003 g/cm3) and *T*g (± 3°C) of the studied glasses. Adopted from [22].

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Sample****name** | **MgO** | **B2O3** | **P2O5** | ***ρ*** | ***T*g** |
| **[mol. %]** | **[g/cm3]** | **[°C]** |
| 40MgBP | 40 | 10 | 50 | 2.383 | 614 |
| 30MgBP | 30 | 20 | 50 | 2.313 | 602 |

***Tabuľky:***

* označovať ako „Tab.“;
* tabuľka by mala mať rovnakú orientáciu, ako text práce (podľa možnosti);
* číslovanie súvislým radom číslic v celej práci, vzostupne;
* musia mať titulky (popis tabuľky, zvyčajne nad tabuľkou), popis a záhlavie tabuľky má byť zrozumiteľné samostatne bez odkazu na text;
* majú sa zaradiť bezprostredne za textom, kde sa spomínajú po prvýkrát (najlepšie na tej istej strane);
* záhlavia majú vyjadrovať druh veličiny a typy jednotiek vo forme „veličina/jednotka“, je potrebné používať rovnaké symboly a skratky ako v texte.
* ak preberáme tabuľku alebo jej časť od iného autora alebo z iného zdroja, je potrebné uviesť citáciu zdroja a zahrnúť do zoznamu literatúry.

***Tables:***

* denote as „Tab.”;
* the table should have the same orientation as the thesis text (if possible);
* numbered with a continuous series of digits throughout the work, ascending;
* must have captions (title of a table, usually placed above the table), the description and header of the table should be understandable independently without reference to the text;
* should be placed after the text where they were mentioned for the first time (preferably on the same page)
* the table headers should express the type of quantity and types of units in the form "quantity/unit", it is necessary to use the same symbols and abbreviations as in the text.
* in case that table or part of the table are taken from another author or from another source, the source must be cited and included in the bibliography.

**Rovnice, vzorce / Equations, formulas**

Rovnice sa uvádzajú odsadené o 0,9 cm zľava (alebo centrované na stred strany). Vysvetlivky symbolov sa uvádzajú od začiatku riadka. Ak je v práci viac vzorcov, uvádzame číslo vzorca do okrúhlych zátvoriek bez medzier umiestnených na pravom konci riadka. Pre písanie fyzikálnych veličín a matematických premenných sa používa kurzíva. Používame sústavu jednotiek SI (ISO 31 a ISO 1001). Pri písaní rovníc používame editor rovníc.

Napríklad:

 (1)

Silu oscilátora možno vyjadriť nasledovnou rovnicou:

 (2)

kde *m* a *e* sú hmotnosť a náboj elektrónu, *c*0 je rýchlosť svetla vo vákuu, *n* je index lomu, je vlnočet (v cm-1) a *N*A je Avogadrova konštanta.

Equations are indented 0.9 cm from the left (or centred in the middle of the page). Explanations of symbols are given from the beginning of the line. If there are several formulas in the work, the formulas must be numbered by Arabic numbers in round brackets without spaces located at the right end of the line. Italic is used for writing physical quantities and mathematical variables in the text. The SI system of units (ISO 31 and ISO 1001) must be used. When writing equations, use the equation editor.

Example:

 (1)

The oscillator strength can be described by following equation :

 (2)

where *m* and *e* are the mass and the charge of an electron, respectively, *c*0 is the speed of light, *n* is the index of refraction, is the wavenumber (in cm-1) and *N*A is Avogadro´s number.

**5. ZÁVER (CONCLUSIONS/SUMMARY)**

V závere je potrebné stručne a prehľadne zhrnúť dosiahnuté výsledky vo vzťahu k stanoveným cieľom. Musí byť vecnou sumarizáciou vlastného prínosu alebo pohľadu na riešenú problematiku. Zahrnúť možno aj kvantitatívne údaje, ale podrobnosti by sa nemali uvádzať. Záver nemá obsahovať nič, čo nie je v texte práce a musí nadväzovať na úvahy a argumenty v texte práce.

V závere je vhodné poukázať na ďalšie otvorené (doteraz nevyriešené) problémy, ktorým je vhodné venovať pozornosť a ktoré presahujú odporúčaný rozsah práce.

Závery by mali tvoriť približne 1 – 2 % celého rozsahu práce (spravidla sa píše na 1 až 3 strany).

In conclusions, it is necessary to briefly and clearly summarize the achieved results in relation to the proposed goals. It must be a substantive summarization of own contribution or perspective on the solved problem. Quantitative data can also be included, but details should not be provided. The conclusion should not contain anything that is not documented in the text of the thesis and must follow the considerations and arguments in the text of the thesis.

In conclusion, it is appropriate to point out other open (so far unresolved) problems to which it is appropriate to pay attention and which exceed the recommended scope of the thesis.

Conclusions should make up approximately 1-2% of the entire extent of the thesis (as a rule, it is written on 1-3 pages).

**6. RESUMÉ**

Ak je záverečná práca vypracovaná v cudzom (Anglickom)/štátnom (Slovenskom) jazyku, musí obsahovať resumé v slovenskom/anglickom jazyku v rozsahu spravidla max. 2-3 strany.

If the final thesis is prepared in a foreign (English)/Slovak language, it must contain a summary in the Slovak/English language in the extent of max. 2-3 pages.

**ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY (REFERENCES)**

Štruktúru, náležitosti a ***citovanie bibliografických odkazov (citovanie použitej literatúry)*** upravuje Metodické usmernenie MŠ VVŠ SR č. 56/2011 o náležitostiach záverečných prác ich bibliografickej registrácii, uchovávaní a sprístupňovaní. Podľa tohto usmernenia sa dokumenty citujú v súlade s príslušnou normou STN ISO 690:2022-06 (01 0197): Informácie a dokumentácia. Návod na tvorbu bibliografických odkazov na informačné pramene a ich citovanie. Táto norma je dostupná aj v anglickom jazyku.

***Pri citovaní literatúry je nevyhnutné dodržať rovnaký spôsob citovania informačných zdrojov!***

The structure, requirements and ***citation of bibliographic references (citation of used literature)*** are governed by the Methodological Guidelines of the Ministry of Education, Culture and Sports of the Slovak Republic No. 56/2011 on the requirements of final theses, their bibliographic registration, storage and access. According to this guideline, documents are cited in accordance with the relevant norm STN ISO 690:2022-06 (01 0197): Information and documentation. Instructions for creating bibliographic references to information sources and citing them. This norm is available also in English.

***When citing literature, it is essential to follow the same way of citing information sources!***

**PRÍLOHY (APPENDIXES)**

Príloha A: CD médium – práca v elektronickej podobe, prílohy v elektronickej podobe.

Príloha B: Používateľská príručka

Príloha C: Systémová príručka

Táto časť práce obsahuje zoznam všetkých príloh vrátané elektronických nosičov. Názvy príloh v zozname musia byt’ zhodné s názvami uvedenými na príslušných prílohách. Tlačené prílohy majú na prvej strane identifikačné údaje – informácie zhodné s titulnou stranou práce doplnené o názov príslušnej prílohy (Systémová príručka, Používateľská príručka). Identifikačné údaje sú aj na priložených elektronických nosičoch. Ak je médií viac, sú označené aj číselne v tvare I/N, kde I je poradové číslo a N je celkový počet daných médií.

Každá príloha začína na novej strane a je označená samostatným písmenom (Príloha A, Príloha B...). Číslovanie strán príloh nadväzuje na číslovanie strán v hlavnom texte.

Appendix A: CD medium - work in electronic form, appendixes in electronic form.

Appendix B: User Guide

Appendix C: System Manual

This part of the thesis contains a list of all appendixes, including electronic media. The names of the appendixes in the list must match the names given on the respective appendixes. Printed appendixes have identification data on the first page - information identical to the title page of the thesis supplemented with the name of the relevant appendix (System manual, User manual). The identification data is also on the attached electronic carriers. If there are more media, they are also marked numerically in the form of I/N, where I is the serial number and N is the total number of given media.

Each appendix starts on a new page and is marked with a separate letter (Appendix A, Appendix B...). The page numbering of the appendices follows the page numbering in the main text.