

**Propozycje tematów prac dyplomowych inżynierskich dla studentów
kierunku Inżynieria Biomedyczna, finalizowanych
w roku akademickim 2026/2027
Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej**

Temat projektu/pracy dyplomowej inżynierskiej (jęz. pol.)	Wielopunktowy system monitorowania temperatury powierzchni ciała z użyciem Arduino
Temat projektu/pracy dyplomowej inżynierskiej (jęz. ang.)	Arduino-based multi-point body surface temperature monitoring system
Opiekun pracy	dr inż. Sebastian Bielski
Konsultant pracy	
Cel pracy	Celem pracy jest zaprojektowanie i wykonanie systemu wielopunktowego pomiaru temperatury ciała człowieka z wykorzystaniem platformy Arduino oraz analiza dokładności i stabilności pomiarów w zastosowaniach biomedycznych.
Zadania do wykonania	1. Studium stanu wiedzy wraz z przeglądem literatury nt. znaczenia pomiaru temperatury ciała w diagnostyce medycznej 2. Podstawy fizyczne pomiaru temperatury 3. Charakterystyka wybranego czujnika temperatury 4. Projekt i budowa układu pomiarowego oraz przygotowanie kodu w Arduino 5. Testy stworzonego systemu 6. Analiza możliwości modyfikacji/rozbudowy układu (np. bezprzewodowy transfer danych) 7. Przygotowanie pracy dyplomowej
Źródła	1. Y. Houdas, E. F. I. Ring, Human Body Temperature: Its Measurement and Regulation, Springer Science+Business Media, 1982 2. H. Krauss, M. Gibas-Dorna (red.), Fizjologia człowieka: podstawy, PZWL Wydawnictwo Lekarskie, 2021 3. J. Blum, Odkrywanie Arduino, Narzędzia i techniki inżynierii pełnej czaru, Wydawnictwo Helion, 2020 4. Kurs programowania Arduino https://forbot.pl/blog/kurs-arduino-podstawy-programowania-spis-tresci-kursu-id5290
Efekt praktycznych prac na zakończenie semestru 6 (do ostatniego dnia zajęć)	1. Zebranie informacji dotyczących znaczenia pomiaru temperatury ciała w diagnostyce medycznej 2. Opis zasady działania czujników temperatury stosowanych w układach Arduino 3. Przygotowanie listy elementów niezbędnych do stworzenia systemu pomiarowego
Liczba wykonawców	1
Uwagi	

Temat projektu/pracy dyplomowej inżynierskiej (jęz. pol.)	Numeryczny model dyfuzji substancji chemicznej przez skórę
Temat projektu/pracy dyplomowej inżynierskiej (jęz. ang.)	Numerical model of chemical substance diffusion through the skin
Opiekun pracy	dr inż. Sebastian Bielski
Konsultant pracy	
Cel pracy	Celem pracy jest opracowanie programu (np. w Matlabie) do symulacji dyfuzji substancji chemicznej (np. leku) przez warstwę skóry przy różnych scenariuszach aplikacji.
Zadania do wykonania	1. Studium stanu wiedzy dotyczące tematyki pracy wraz z przeglądem literatury 2. Opis budowy skóry 3. Model matematyczny przenikania substancji przez skórę 4. Sposoby podania leku a warunki brzegowe 5. Napisanie kodu programu 6. Wykonanie obliczeń: np. w jaki sposób należy zaaplikować dany lek, aby jego stężenie na danej głębokości osiągnęło pożądaną wartość 7. Przygotowanie pracy dyplomowej
Źródła	1. Kenji Sugibayashi K. (red.), Skin Permeation and Disposition of Therapeutic and Cosmeceutical Compounds, Springer, 2017 2. Mitragotri S. (et al.), Mathematical models of skin permeability: An overview, International Journal of Pharmaceutics 418 (2011) 115– 129 3. Jonsdottir, F.; Finsen, O.I.; Snorradottir, B.S.; Sigurdsson, S. A., Four-Layer Numerical Model for Transdermal Drug Delivery: Parameter Optimization and Experimental Validation Using a Franz Diffusion Cell. Pharmaceutics 2025, 17, 1333. https://doi.org/10.3390/pharmaceutics17101333 4. Mubarak S. (et al.), An Analytical Approach To Study The Drug Diffusion Through Transdermal Drug Delivery System, Applied Mathematics E-Notes, 21 (2021), 198-208
Efekt praktycznych prac na zakończenie semestru 6 (do ostatniego dnia	Opracowanie przeglądu literatury i rozdziałów dotyczących budowy skóry i matematycznego modelu dyfuzji przez skórę.

zajęć)	
Liczba wykonawców	1

Temat pracy dyplomowej inżynierskiej (jęz. pol.)	Symulacje Monte Carlo emisji elektronów wtórnych z kryształu pentacenu
Temat pracy dyplomowej inżynierskiej (jęz. ang.)	Monte Carlo simulations of secondary electron emission from pentacene crystal
Opiekun pracy	Małgorzata Franz
Konsultant pracy	Jan Franz
Cel pracy	Celem pracy jest wykonanie obliczeń wydajności emisji elektronów wtórnych z kryształu pentacenu. Emisja elektronów wtórnych wykorzystywana jest w technikach obrazowania i detekcji, stosowanych w inżynierii biomedycznej. Materiały organiczne, takie jak pentacen, są coraz częściej badane pod kątem zastosowań w bioelektronice, biosensorach oraz układach detekcyjnych, wykorzystywanych w diagnostyce medycznej. Zastosowanie symulacji Monte Carlo pozwala na komputerowe modelowanie oddziaływań elektronów z materiałem oraz analizę jego właściwości, bez konieczności badań eksperymentalnych.
Zadania do wykonania	1. Studium stanu wiedzy dotyczącej tematu pracy wraz z przeglądem literatury. 2. Zapoznanie się z programami Avogadro i Gaussian. 3. Wykonanie optymalizacji struktury cząsteczki pentacenu. 4. Wykonanie obliczeń przekrojów czynnych na zderzenia sprężyste i niesprężyste cząsteczki pentacenu z wiązką elektronów. 5. Przeprowadzenie symulacji Monte-Carlo transportu elektronów w kryształach pentacenu. 6. Analiza i interpretacja wyników symulacji. 7. Przygotowanie pracy inżynierskiej.
Źródła	1. M. Dapor, Transport of Energetic Electrons in Solids, 3rd edition (Springer, Cham/Switzerland, 2020). 2. J. I. Goldstein, D. E. Newbury, J. R. Michael, N. W. M. Ritchie, J. H. J. Scott, D. C. Joy, Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis, 4th edition, (Springer, New York , 2018). 3. Baksalary, D., Franz, M., Franz, J. (2025). Calculations of Ionization Cross-Sections of Acenes Based on Electron and Positron Impact. Applied Sciences-Basel, 15, 9562. https://doi.org/10.3390/app15179562 4. Franz, M., Franz, J. (2023). A Monte Carlo Strategy to simulate Positrons and Positronium in biological Materials. Bio-Algorithms and Med-Systems, 19, 40-42. https://doi.org/10.5604/01.3001.0054.1822 5. Wiciak-Pawłowska, K., Winiarska, A., Taioli, S., Dapor, M., Franz, M., & Franz, J. (2023). The Role of Molecular Structure in Monte Carlo Simulations of the Secondary Electron Yield and Backscattering Coefficient from Methacrylic Acid. MOLECULES, 28, 1126. https://doi.org/10.3390/molecules28031126
Efekt prac na zakończenie semestru (do ostatniego dnia	1. Zapoznanie się z programami Avogadro i Gaussian.

zajęć)	2. Wykonanie optymalizacji struktury cząsteczki pentacenu oraz obliczeń przekrojów czynnych na zderzenie sprężyste i niesprężyste.
Liczba wykonawców	1
Uwagi	

Temat projektu/pracy dyplomowej inżynierskiej (jęz. pol.)	Modelowanie zderzeń między pozytonami a cząsteczkami tetrahydropiranu
Temat projektu/pracy dyplomowej inżynierskiej (jęz. ang.)	Modelling of collisions between positrons and tetrahydropiran molecules
Opiekun pracy	Małgorzata Franz
Konsultant pracy	
Cel pracy	Celem projektu jest wykonanie obliczeń przekrojów czynnych na jonizację cząsteczki tetrahydropiranu w stanie gazowym w wyniku zderzeń z pozytonami (antycząstki elektronu). Do wykonania obliczeń zostanie wykorzystany model teoretyczny [1]. Opublikowane dane dotyczące rozpraszania pozytonów na cząsteczkach tetrahydropiranu ograniczają się do całkowitych przekrojów czynnych z eksperymentów i przekrojów czynnych na zderzenia sprężyste z obliczeń [2]. Uzyskane podczas realizacji projektu dane pozwolą na lepsze zrozumienie wyników eksperymentalnych [2]. Motywacją do badań jest rozwój Jagiellońskiego Pozytonowego Tomografu Emisyjnego (J-PET) [3,4]. J-PET umożliwia wykonanie pomiarów czasów życia pozytonium (stanu związanego pary cząstek elektron-pozyton) w materiale biologicznym [5]. Długość czasu życia pozytonium zależy min. od poziomu tlenu w komórce, co można wykorzystać do zlokalizowania komórek nowotworowych. Czasy życia pozytonium można również wyznaczyć metodą symulacji Monte Carlo, gdzie wartości przekrojów czynnych stanowią dane wejściowe umożliwiające przeprowadzenie obliczeń..
Zadania do wykonania	1. Studium stanu wiedzy dotyczącej tematu pracy wraz z przeglądem literatury 2. Zapoznanie się z programami Avogadro i Gaussian. 3. Wykonanie optymalizacji struktury cząsteczki tetrahydropiranu oraz wyznaczenie jej energii jonizacji. 4. Zapoznanie się z klasyczną i kwantową teorią rozpraszania (np. rozdział 10 w książce Griffitha i Schroetera [6]). 5. Wykonanie obliczeń przekrojów czynnych na jonizację cząsteczki tetrahydropiranu. 6. Analiza i interpretacja wyników. 7. Przygotowanie pracy inżynierskiej
Źródła	[1] M. Franz, K. Wiciak-Pawłowska, J. Franz, Binary-Encounter Model for Direct Ionization of Molecules by Positron-Impact, <i>Atoms</i> 9, 99, (2021) [2] A. Zecca, E. Trainotti, L. Chiari, M. H. F. Bettega, S. d'A Sanchez, M. T. do N. Varella, M. A. P. Lima, and M. J. Brunger, <i>J. Chem. Phys.</i> 136, 124305 (2012). [3] Paweł Moskal, Ewa Stępień, Jednoczasowa tomografia PET całego ciała, <i>Alma Mater UJ</i> 224/2021, link: http://koza.if.uj.edu.pl/files/9b82a7588ec03d1be2366f43d1e32560/Alma_Mater_224_.pdf [4] Paweł Moskal, Ewa Stępień, Rozwój techniki obrazowania pozytonium przy użyciu skanera PET na całe ciało, <i>Inżynier i Fizyk Medyczny</i> 2/2021, link: http://koza.if.uj.edu.pl/files/a9fbe9ccaf09d6f16e4b5752196cf553/IFM_202102_1.pdf [5] P. Moskal et al., Positronium imaging with the novel multiphoton PET scanner, <i>Science Advances</i> 7 (2021)

	[6] D. J. Griffiths, D. F. Schroeter, Wstęp do mechaniki kwantowej, PWN, Warszawa (2021)
Efekt praktycznych prac na zakończenie semestru 6 (do ostatniego dnia zajęć)	1. Zapoznanie się z programami Avogadro i Gaussian służącymi do obliczania właściwości cząsteczek. 2. Wykonanie optymalizacji struktury cząsteczki tetrahydropiranu oraz wyznaczenie jej energii jonizacji.
Liczba wykonawców	1
Uwagi	

Temat projektu/pracy dyplomowej inżynierskiej (jęz. pol.)	Porównanie wolnej objętości w różnych konformacjach białka wiążącego maltozę
Temat projektu/pracy dyplomowej inżynierskiej (jęz. ang.)	Comparison of Free Volume in Different Conformations of Maltose Binding Protein
Opiekun pracy	Jan Franz
Konsultant pracy	Małgorzata Franz
Cel pracy	Celem niniejszego projektu jest zbadanie, w jaki sposób zmiany konformacyjne białka wpływają na jego wewnętrzną wolną objętość oraz wnęki powierzchniowe. W pracy jako układ modelowy wykorzystane zostanie białko wiążące maltozę (MBP). Projekt ma na celu porównanie oraz krytyczną ocenę różnych geometrycznych metod analizy wolnej objętości i wnęk białkowych. Badanie koncentruje się na identyfikacji systematycznych różnic pomiędzy zastosowanymi metodami oraz na zrozumieniu, w jaki sposób zmiany konformacyjne o dużej skali wpływają na rozmiar, rozmieszczenie i dostępność wnęk.
Zadania do wykonania	1. Przegląd literatury dotyczącej struktury białek, zmian konformacyjnych oraz geometrycznych metod analizy wolnej objętości. 2. Przygotowanie i wstępne przetwarzanie struktur otwartej i zamkniętej białka wiążącego maltozę. 3. Analiza wolnej objętości i wnęk z wykorzystaniem narzędzi ProteinVolume, CASTp oraz Voronoia. 4. Porównanie i interpretacja wyników dla różnych konformacji białka oraz zastosowanych metod. 5. Przygotowanie rysunków, tabel oraz napisanie końcowej wersji pracy dyplomowej.
Źródła	1. Tian, W., Chen, C., Lei, X., Zhao, J., and Liang, J., CASTp 3.0: Computed atlas of surface topography of proteins. Nucleic Acids Research, 46(W1), W363–W367, 2018. 2. Staritzbichler, R., Ristic, N., Goede, A., Preissner, R., and Hildebrand, P. W., Voronoia 4-ever. Nucleic Acids Research, 49(W1), W685–W690, 2021. 3. Simões, T., Lopes, D., Dias, S., Fernandes, F., Pereira, J., Jorge, J., Bajaj, C., and Gomes, A., Geometric detection algorithms for cavities on protein surfaces in molecular graphics: A survey. Computer Graphics Forum, 36, 643–683, 2017. 4. Selmke, B., Borbat, P. P., Nickolaus, C., Varadarajan, R., Freed, J. H., and Trommer, W. E., Open and closed form of maltose binding protein in its native and molten globule state as studied by electron paramagnetic resonance spectroscopy. Biochemistry, 57(38), 5507–5512, 2018.

	5. Chen, C. R., and Makhatadze, G. I., ProteinVolume: Calculating molecular van der Waals and void volumes in proteins, BMC Bioinformatics, 16, 101, 2015.
Efekt praktycznych prac na zakończenie semestru 6 (do ostatniego dnia zajęć)	Realizacja zadań 1, 2 i 3.
Liczba wykonawców	1
Uwagi	Specjalność: Fizyka Medyczna

Temat pracy dyplomowej inżynierskiej	Ocena procedur bezpieczeństwa radiologicznego w terapii z użyciem lutetu -177
Temat pracy dyplomowej inżynierskiej (jęz. ang.)	Evaluation of radiological safety procedures in therapy using lutetium-177
Opiekun pracy	Dr Brygida Mielewska, prof. PG
Konsultant pracy	
Cel pracy	Analiza i ocena aktualnych procedur bezpieczeństwa radiologicznego stosowanych podczas terapii radioizotopowej z użyciem lutetu-177 (¹⁷⁷ Lu).
Zadania do wykonania	1. Przegląd literatury dotyczącej właściwości fizycznych i biologicznych lutetu-177 oraz mechanizmów jego działania terapeutycznego. 2. Analiza obowiązujących wytycznych i przepisów prawnych dotyczących bezpieczeństwa radiologicznego w terapii z użyciem ¹⁷⁷Lu, ze szczególnym uwzględnieniem polskich regulacji. 3. Ocena metod monitorowania dawki promieniowania u pacjentów i personelu podczas terapii, w tym stosowania dozymetrii i izolacji pacjentów. 4. Studium przypadków na przykładzie danych z wybranego polskiego ośrodka medycyny nuklearnej, dotyczących procedur bezpieczeństwa i praktyk ochrony radiologicznej. 5. Opracowanie raportu z rekomendacjami mającymi na celu zwiększenie bezpieczeństwa radiologicznego w terapii lutetem-177. 6. Przygotowanie pracy dyplomowej
Źródła	1. Cappon d.J. et al. Clinical Best Practices for Radiation Safety During Lutetium-177 Therapy, Health Phys. 2023 Feb 1;124(2):139-146. 2. Monserrat Fuertes et al. Individualisation of radiation protection recommendations for patients treated with [¹⁷⁷Lu]Lu-DOTA-TATE EJNMMI Physics (2023) 10:50 https://doi.org/10.1186/s40658-023-00570-7. 3. C. Świętaszczyk, „Medycyna nuklearna – wprowadzenie do diagnostyki i terapii radioizotopowej” 2018.
Efekt prac na zakończenie semestru 6 (do ostatniego dnia zajęć)	Zadania 1 i 2
Liczba wykonawców	1
Uwagi	Specjalność: Fizyka medyczna

Temat projektu/pracy dyplomowej inżynierskiej (jęz. pol.)	Pomiar, symulacja i weryfikacja stosowalności fantomu butelkowego jako narzędzia dozymetrii w mieszanych polach promieniowania
Temat projektu/pracy dyplomowej inżynierskiej (jęz. ang.)	Measurements, simulations and applicability verification of the bottle phantom as a dosimetry tool in mixed radiation fields
Opiekun pracy	Brygida Mielewska
Konsultant pracy	Edyta Michaś-Majewska (NCBJ/PG)/ Katarzyna Tymińska (NCBJ)
Cel pracy	Weryfikacja czy fantom butelkowy można wykorzystywać w dozymetrii pól promieniowania mieszanego.
Zadania do wykonania	1. Studium stanu wiedzy dotyczącej tematu pracy wraz z przeglądem literatury 2. Wykonanie modelu butelkowego fantomu wodnego w kodzie symulacyjnym transportu cząstek opartym na metodzie Monte Carlo (PHITS) 3. Przeprowadzenie symulacji z wykorzystaniem modelu fantomu i źródła promieniowania mieszanego. 4. Wykonanie butelkowego fantomu wodnego 5. Przeprowadzenie kampanii pomiarowej z wykorzystaniem źródła promieniowania neutronowego i gamma 6. Analiza porównawcza uzyskanych wyników z symulacji i fizycznego pomiaru 7. Przygotowanie pracy dyplomowej
Źródła	1. MCNP Medical Physics Database, Tim Goorley, X-3 MCC, Los Alamos National Laboratory, LA-UR-07-2777, https://cmpwg.ans.org/mcnp/geometry.pdf 2. T. Sato, Y. Iwamoto, S. Hashimoto, T. Ogawa, T. Furuta, S. Abe, T. Kai, P.E. Tsai, N. Matsuda, H. Iwase, N. Shigyo, L. Sihver and K. Niita, Features of Particle and Heavy Ion Transport Code System PHITS Version 3.02, J. Nucl. Sci. Technol. 55, 684-690 (2018). 3. T. Sato, Y. Iwamoto, S. Hashimoto, T. Ogawa, T. Furuta, S. Abe, T. Kai, Y. Matsuya, N. Matsuda, Y. Hirata, T. Sekikawa, L. Yao, P.E. Tsai, H.N. Hunter, H. Iwase, Y. Sakaki, K. Sugihara, N. Shigyo, L. Sihver and K. Niita, Recent improvements of the Particle and Heavy Ion Transport code System - PHITS version 3.33, J. Nucl. Sci. Technol. 61, 127-135 (2024). DOI: 10.1080/00223131.2023.2275736 4. D. Satoh, T. Kajimoto, N. Shigyo, Y. Itashiki, Y. Imahayashi, Y. Koba, N. Matsufuji, N. Nakao, Y. Uozumi, Distributions of neutron yields and doses around a water phantom bombarded with 290-MeV/nucleon and 430-MeV/nucleon carbon ions, Nucl. Instrum. Meth., B387, 10-19 (2016) 5. Kakino R, Hu N, Tanaka H, et al. Out-of-field dosimetry using a validated PHITS model and computational phantom in clinical BNCT. Med Phys. 2024; 51: 1351–1363. https://doi.org/10.1002/mp.16916
Efekt praktycznych prac na zakończenie semestru 6 (do ostatniego dnia zajęć)	1. Zaznajomienie się w sposobie modelowania w systemie PHITS 2. Zaplanowane praktyki studenckie w Narodowym Centrum Badań Jądrowych 3. Przegląd literatury związanej z dozymetrią z wykorzystaniem fantomów wodnych w polach promieniowania mieszanego.

Liczba wykonawców	1
Uwagi	Fizyka medyczna

Temat projektu/pracy dyplomowej inżynierskiej (jęz. pol.)	Projekt modułowego fantomu dozymetrycznego dla zastosowań w terapii borowo-neutronowej
Temat projektu/pracy dyplomowej inżynierskiej (jęz. ang.)	Design of a modular dosimetry phantom model for application in Boron Neutron Capture Therapy (BNCT)
Opiekun pracy	Brygida Mielewska
Konsultant pracy	Edyta Michaś-Majewska (NCBJ/PG)
Cel pracy	Celem pracy jest zaprojektowanie i wykonanie modelu modułowego fantomu ciała człowieka umożliwiającego dozymetryczną weryfikację dawki w BNCT. Fantom powinien posiadać otwory pod detektory promieniowania gamma i neutronowego. Model powinien być zaimplementowany w kodzie symulującym transport cząstek opartym na metodzie Monte Carlo (PHITS).
Zadania do wykonania	1. Studium stanu wiedzy dotyczącej tematu pracy wraz z przeglądem literatury 2. Przegląd istniejących fantomów dla terapii borowo-neutronowej, 3. Dobór materiałów do budowy fantomu. Wykorzystywane materiały powinny umożliwić wydrukowanie 3D szkieletu fantomu. 4. Wykonanie projekt modułowego fantomu (warstwy, wkładki, kanały na detektory) 5. Wykonanie modelu fantomu przygotowanego w kodzie symulacyjnym transport cząstek opartym na metodzie Monte Carlo (PHITS) 6. Przygotowanie pracy dyplomowej
Źródła	1. T. Sato, Y. Iwamoto, S. Hashimoto, T. Ogawa, T. Furuta, S. Abe, T. Kai, P.E. Tsai, N. Matsuda, H. Iwase, N. Shigyo, L. Sihver and K. Niita, Features of Particle and Heavy Ion Transport Code System PHITS Version 3.02, J. Nucl. Sci. Technol. 55, 684-690 (2018). 2. T. Sato, Y. Iwamoto, S. Hashimoto, T. Ogawa, T. Furuta, S. Abe, T. Kai, Y. Matsuya, N. Matsuda, Y. Hirata, T. Sekikawa, L. Yao, P.E. Tsai, H.N. Hunter, H. Iwase, Y. Sakaki, K. Sugihara, N. Shigyo, L. Sihver and K. Niita, Recent improvements of the Particle and Heavy Ion Transport code System - PHITS version 3.33, J. Nucl. Sci. Technol. 61, 127-135 (2024). DOI: 10.1080/00223131.2023.2275736 3. Kopačin, V., Brkić, H., Ivković, A., Kasabašić, M., Knežević, Ž., Majer, M., Nodilo, M., Turk, T., & Faj, D. (2024). Development and validation of the low-cost pregnant female physical phantom for fetal dosimetry in MV photon radiotherapy. <i>Journal of applied clinical medical physics</i>, 25(2), e14240. https://doi.org/10.1002/acm2.14240 4. Kakino, Ryo et al. "Out-of-field dosimetry using a validated PHITS model and computational phantom in clinical BNCT." <i>Medical physics</i> vol. 51,2 (2024): 1351-1363. doi:10.1002/mp.16916
Efekt praktycznych prac na zakończenie semestru 6 (do ostatniego dnia zajęć)	1. Zaznajomienie się w sposobie modelowania w systemie PHITS 2. Zaplanowane praktyki studenckie w Narodowym Centrum Badań Jądrowych 3. Przegląd literatury związanej z fantomami wykorzystywanymi w

	BNCT oraz materiałami z jakich są zbudowane.
Liczba wykonawców	1
Uwagi	Fizyka medyczna