



PROGRAM STUDIÓW

I. Ogólna charakterystyka studiów

1. **Nazwa kierunku studiów**
technologie kwantowe/Quantum Technologies
2. **Poziom studiów**
studia pierwszego stopnia
3. **Poziom Polskiej Ramy Kwalifikacji**
szósty
4. **Forma studiów**
studia stacjonarne
5. **Profil studiów**
ogólnoakademicki
6. **Tytuł zawodowy nadawany absolwentom**
inżynier
7. **Dziedzina nauki/sztuki oraz dyscyplina naukowa/artystyczna**

Nazwa dziedziny	Nazwa dyscypliny	Procentowy udział punktów ECTS (%)	Dyscyplina wiodąca
nauki inżynieryjno-techniczne	inżynieria materiałowa	51%	Tak
nauki ścisłe i przyrodnicze	nauki fizyczne	49%	Nie

8. **Klasyfikacja ISCED**
0719 Inżynieria i zawody inżynierskie gdzie indziej niesklasyfikowane
9. **Liczba semestrów:**
7
10. **Liczba punktów ECTS wymagana do uzyskania kwalifikacji**

Przyporządkowanie punktów ECTS	Liczba punktów ECTS	Udział procentowy
W programie studiów do uzyskania kwalifikacji odpowiadającej poziomowi kształcenia.	210	100%
Do zajęć dydaktycznych wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich i studentów.	114,5	54,5%
Zajęciom związanym z prowadzonymi badaniami naukowymi w dziedzinie/dziedzinach nauki właściwej / właściwych dla ocenianego kierunku studiów, służące zdobywaniu przez studenta pogłębionej wiedzy oraz umiejętności prowadzenia badań naukowych.	154	73,3%
Zajęciom z obszarów nauk humanistycznych lub nauk społecznych (w przypadku kierunków studiów przypisanych do obszarów innych niż odpowiednio nauki humanistyczne lub nauki społeczne).	8	
Przedmiotom obieralnym (zajęciom do wyboru).	63	30%
Praktykom zawodowym (jeżeli program studiów przewiduje praktyki).	6	
Z wykorzystaniem metod i technik kształcenia na odległość.	-	-

11. Język kształcenia

angielski

12. Liczba godzin zajęć w programie studiów

2855 godzin zajęć w planie studiów oraz 160 godzin praktyk (4 tygodnie)

13. Efekty uczenia się

Kategoria PRK	Symbol	Kierunkowe efekty uczenia się	Kod składnika opisu
Wiedza: absolwent zna i rozumie	K1_W01	Posiada zaawansowaną wiedzę matematyczno-algorytmiczną w zakresie algebry, analizy matematycznej, równań różniczkowych, probabilistyki, matematyki dyskretnej oraz metod numerycznych, niezbędne do opisu, analizy i modelowania struktur materiałowych oraz systemów kwantowych.	P6S_WG
	K1_W02	Zna szczegółowo kluczowe zjawiska, prawa i zaawansowane formalizmy fizyki klasycznej oraz ich zastosowanie w modelowaniu materiałów, struktur i procesów oraz projektowaniu i konstrukcji modułów warstwy klasycznej urządzeń kwantowych.	P6S_WG
	K1_W03	Ma szczegółową wiedzę o fundamentalnych układach, zjawiskach, stanach i procesach kwantowych istotną dla kwantowej inżynierii materiałowej oraz implementacji i analizie cyklu życia modułów, urządzeń i systemów kwantowych.	P6S_WG
	K1_W04	Zna w zaawansowanym stopniu zasady, formalizmy i metody mechaniki kwantowej w różnych reprezentacjach, w ujęciu pierwszej i drugiej kwantyzacji, a także rozumie złożone relacje między tymi sformułowaniami, oraz ich zastosowania i ograniczenia w modelowaniu układów, materiałów i procesów kwantowych.	P6S_WG
	K1_W05	Rozumie złożony związek między fizyką, w szczególności termodynamiką kwantową, a kwantową teorią informacji oraz zna jej metody i narzędzia w analizie i ocenie stanów, procesów oraz zasobów izolowanych i otwartych układów kwantowych stosowanych w inżynierii kwantowej.	P6S_WG
	K1_W06	Dysponuje zaawansowaną wiedzą o strukturze, charakterystyce i inżynierii materiałów dla technologii kwantowych oraz rozumie zależność między ich doborem i parametrami a procesami determinującymi koherencję stanów i stabilność układów kwantowych.	P6S_WG
	K1_W07	Zna zaawansowane metody i modele kontroli stanów kubitów oraz rozumie działanie kwantowych bramek i modułów funkcjonalnych w wybranych technologiach i implementacjach materiałowych i układowych.	P6S_WG
	K1_W08	Posiada szczegółową wiedzę z optyki, fotoniki, materiałów optycznych, technik laserowych i optoelektroniki, obejmującą klasyczne i kwantowe procesy generacji, przetwarzania i detekcji stanów światła, w tym kumodów.	P6S_WG

	K1_W09	Zna architekturę, parametry, środowiska programistyczne, ograniczenia i procesy eksploatacyjne komputerów kwantowych oraz ich cykle aktualizacyjne, w wybranych fizycznych implementacjach materiałowych i układowych.	P6S_WG
	K1_W10	Posiada szczegółową wiedzę z zakresu kanonu algorytmiki kwantowej i hybrydowej obejmującą reprezentację algorytmów w postaci obwodów kwantowych, ich optymalizację, metody próbkowania stanów końcowych rejestrów kwantowych oraz estymacji wartości oczekiwanych obserwacji.	P6S_WG
	K1_W11	Posiada zaawansowaną wiedzę o protokołach, architekturze i materiałach stosowanych w systemach komunikacji kwantowej, w tym kwantowej dystrybucji klucza, oraz rozumie ich związki z mechanizmami i parametrami bezpieczeństwa informacji.	P6S_WG P6S_WK
	K1_W12	Ma zaawansowaną wiedzę o sensorach, systemach, metodach i algorytmach metrologii kwantowej, rozumie rolę korelacji kwantowych i właściwości materiałów w redukcji szumów oraz zna procesy kalibracji układów pomiarowych.	P6S_WG
	K1_W13	Posiada zaawansowaną wiedzę o klasycznych oraz kwantowych algorytmach modelowania molekularnego i projektowania materiałów w skali atomowej, z uwzględnieniem metod uczenia maszynowego i sztucznej inteligencji.	P6S_WG
	K1_W14	Zna składnię i paradygmaty programowania w językach wysokiego i niskiego poziomu (Python, C/C++, Rust), biblioteki i środowiska programistyczne, systemy kontroli wersji i pracy zespołowej oraz rozumie cykle aktualizacji narzędzi programistycznych.	P6S_WG
	K1_W15	Posiada szczegółową wiedzę z elektrotechniki, elektroniki, mikroelektroniki, układów w.c.z., aparatury pomiarowej i teorii sygnałów, potrzebną do sterowania systemami kwantowymi oraz akwizycji i kondycjonowania sygnałów; a także rozumie procesy degradacji oraz cykle kalibracji i certyfikacji urządzeń pomiarowych.	P6S_WG
	K1_W16	Zna trendy rozwoju i ograniczenia technologii kwantowych, w tym kwantowej inżynierii materiałowej, w kontekście innowacji o dużym potencjale cywilizacyjnym i ekonomicznym oraz rozumie etyczne uwarunkowania, ryzyka i dylematy wynikające z nieprzewidywalności ich nowych zastosowań.	P6S_WK
	K1_W17	Zna i rozumie podstawowe pojęcia i zasady z zakresu ochrony własności przemysłowej i intelektualnej, posiada podstawową wiedzę dotyczącą norm i patentów.	P6S_WK
	K1_W18	Zna i rozumie podstawowe pojęcia z zakresu makro- i mikroekonomii oraz zna zasady tworzenia i rozwoju różnych form indywidualnej przedsiębiorczości, organizacji pracy i zarządzania z uwzględnieniem zasad BHP.	P6S_WK
Umiejętności: absolwent potrafi	K1_U01	Potrafi, korzystając ze źródeł naukowych, technicznych i narzędzi generatywnej AI, identyfikować i formułować złożone i nietypowe problemy inżynierskie technologii kwantowych, oraz krytycznie analizować, oceniać i syntetyzować istniejące rozwiązania uwzględniając aspekty społeczne, ekonomiczne i etyczne.	P6S_UW P6S_UU
	K1_U02	Potrafi w oparciu o wiedzę identyfikować problemy i zadania inżynierskie z zakresu technologii kwantowych oraz specyfikować strategię i oceniać ekonomię ich rozwiązania; dobierając oraz stosując narzędzia i metody analityczne, symulacyjne, eksperymentalne inżynierii systemów opartej na modelach.	P6S_UW P6S_UK
	K1_U03	Potrafi przygotować konspekt sesji ideacyjnej dotyczącej technologii kwantowych oraz stosując specjalistyczną terminologię przedstawiać w debacie eksperckiej stanowiska, analizując możliwe warianty i strategię rozwiązania problemu inżynierskiego.	P6S_UW P6S_UK P6S_UO
	K1_U04	Potrafi posługiwać się językiem obcym, w szczególności angielskim, na poziomie B2, w tym płynnie komunikować się stosując specjalistyczną terminologię z zakresu technologii kwantowych, powiązanych obszarów inżynierii, w tym kwantowej inżynierii materiałowej.	PS6_UK
	K1_U05	Potrafi dobierając adekwatne narzędzia zaprojektować zgodnie ze specyfikacją, architekturę prostego kwantowego urządzenia, układu	P6S_UW

		<p>pomiarowego oraz programu komputerowego, dokumentując ich strukturę, funkcje, interfejsy, modele, dotyczące mierzalnych parametrów modułów.</p>	
	K1_U06	<p>Potrafi integrować matematyczne metody analityczne oraz algorytmiczne z zasadami fizyki klasycznej i kwantowej w specyfikacji i rozwiązywaniu zadań inżynierskich obejmujących modelowanie, symulacje i projektowanie struktur materiałowych i modułów urządzeń kwantowych oraz zachodzących w nich procesów.</p>	P6S_UW
	K1_U07	<p>Potrafi planować i przeprowadzać eksperymenty oraz interpretować ich wyniki i wyciągać wnioski dotyczące zjawisk fizycznych, materiałów i modułów technicznych, również dla warunków nieprzewidywalnych, weryfikując hipotezy badawcze i poszukując nowatorskich rozwiązań.</p>	P6S_UW P6S_UO
	K1_U08	<p>Potrafi indywidualnie i zespołowo realizować złożony projekt programistyczny z implementacją i testami na platformach klasycznych i kwantowych, dobierając i stosując odpowiednie narzędzia, biblioteki, systemy kontroli wersji oraz zaawansowane techniki informacyjno-komunikacyjne.</p>	P6S_UW P6S_UO
	K1_U09	<p>Potrafi wykonywać klasyczne i kwantowe symulacje numeryczne oraz wyciągać z nich wnioski dotyczące projektowanych prototypowych modułów funkcjonalnych i materiałów, wykorzystując specjalistyczne pakiety symulacyjne oraz biblioteki programistyczne z dokumentacją API.</p>	P6S_UW
	K1_U10	<p>Potrafi projektować i budować proste moduły funkcjonalne urządzeń kwantowych i systemów pomiarowych, integrując rozwiązania oraz dobierając narzędzia i metody projektowe z różnych dziedzin inżynierii, pracując indywidualnie i w zespole.</p>	P6S_UW P6S_UO
	K1_U11	<p>Wykorzystuje paradygmat kubitowy do analizy, symulacji i eksperymentalnych metod badań kwantowych komputerów, sensorów, systemów metrologii, aplikacyjnych algorytmów, systemów i protokołów komunikacji w celu specyfikacji potencjalnych zadań inżynierskich.</p>	P6S_UW
	K1_U12	<p>Potrafi stosować paradygmat kumodowy w programowaniu fotonicznych komputerów kwantowych oraz w symulacji, optymalizacji i badaniach metodami analitycznymi i eksperymentalnymi fotonicznych modułów i systemów i protokołów komunikacji a także metrologii kwantowej w celu identyfikacji problemów zakłóceń.</p>	P6S_UW
	K1_U13	<p>Potrafi modelować, symulować i projektować proste struktury materiałowe w skali atomowej z użyciem klasycznych i kwantowych algorytmów, platform oraz narzędzi do symulacji molekularnych, a także interpretować uzyskane wyniki i wyciągać wnioski o właściwościach materiałów.</p>	P6S_UW
	K1_U14	<p>Potrafi programować i obsługiwać komputery kwantowe w wybranych architekturach układowych i materiałowych paradygmatu kubitowego, a także planować, przeprowadzać eksperymentalne testy walidacyjne oraz wyciągać wnioski dotyczące o parametrach kwantowych jednostek obliczeniowych.</p>	P6S_UW P6S_UO
	K1_U15	<p>Potrafi konfigurować wybrane moduły systemów komunikacji kwantowej, specyfikować ich parametry, dobierać materiały oraz planować, wykonywać i interpretować eksperymentalne testy wydajności i bezpieczeństwa oraz formułować wnioski.</p>	P6S_UW P6S_UO
	K1_U16	<p>Potrafi konfigurować i budować wybrane systemy pomiarowe oparte na sensorach kwantowych używając zaawansowanych urządzeń elektronicznych, optycznych lub fotonicznych, a także planować i realizować zaawansowane pomiary fizyczne, w tym związane z eksperymentalną charakteryzacją materiałów.</p>	P6S_UW
	K1_U17	<p>Potrafi dobierać i stosować kwantowe i klasyczne metody sprzętowe i algorytmiczne w generacji, przetwarzaniu i analizie sygnałów oraz obrazów, a także zaawansowane metody redukcji szumów i optymalizacji czasu akwizycji danych pomiarowych.</p>	P6S_UW
	K1_U18	<p>Potrafi analizować, interpretować i wizualizować złożone dane pomiarowe oraz wyciągać z nich wnioski, dobierając i wykorzystując zaawansowane metody, algorytmy i platformy klasyczne oraz kwantowe, w tym uczenia maszynowego i sztucznej inteligencji.</p>	P6S_UW

	K1_U19	Potrafi planować harmonogram prac projektowych i eksperymentalnych oraz organizować ich realizację indywidualnie oraz w zespole interdyscyplinarnym, uwzględniając strukturę podziału pracy, przydział ról, obowiązków i zakresów odpowiedzialności.	P6S_UO
	K1_U20	Potrafi samodzielnie planować i organizować proces systematycznego kształcenia i specjalizacji w zakresie wybranych gałęzi technologii kwantowych ze szczególnym uwzględnieniem kwantowej inżynierii materiałowej.	P6S_UU
Kompetencje: absolwent jest gotów do	K1_K01	Krytycznie ocenia pozyskiwane informacje oraz jest gotów do weryfikacji i aktualizacji własnej wiedzy i kompetencji, uwzględniając dynamiczny rozwój technologii kwantowych i ich zastosowań.	P6S_KK
	K1_K02	Jest gotów do korzystania z interdyscyplinarnych zasobów naukowych oraz konsultacji ekspertów w rozwiązywaniu złożonych problemów poznawczych i praktycznych z zakresu technologii kwantowych.	P6S_KK
	K1_K03	Jest gotów do odpowiedzialnego i etycznego działania, świadomie oceniając społeczne konsekwencje rozwoju technologii kwantowych oraz dbając o rzetelność badań i przejrzystą komunikację ich wyników.	P6S_KO P6S_KR
	K1_K04	Myśli przedsiębiorczo i ma kompetencje organizacyjne do inicjowania prospołecznych działań rozwojowych związanych z innowacyjnym potencjałem oraz dynamicznym postępowaniem w zakresie technologii kwantowych.	P6S_KO
	K1_K05	Współtworzy etos profesji, stawiając wysokie wymagania etyczne sobie i innym, odwołując się do tradycji, rzetelności i dorobku badań w obszarze technologii kwantowych oraz zauważa potrzebę spójnych regulacji ich zastosowań.	P6S_KR

14. Sposoby weryfikacji i oceny efektów uczenia się

Zasady weryfikacji oraz oceny osiągnięcia efektów uczenia się przewidzianych w czasie studiów na kierunku technologie kwantowe (TK) opisane są w Regulaminie studiów pierwszego i drugiego stopnia Politechniki Poznańskiej (Uchwała Senatu Akademickiego Politechniki Poznańskiej nr 55/2024-2028 z dnia 30 kwietnia 2025 r.). Wszystkie formy weryfikacji i oceny efektów uczenia się realizowane są w języku wykładowym obowiązującym dla tego kierunku studiów, tj. w języku angielskim.

Zgodnie z Regulaminem, poszczególnym zajęciom lub grupom zajęć (modułom zajęć) przyporządkowana jest odpowiednia liczba punktów ECTS, która podana jest w karcie ECTS zajęć (karta opisu przedmiotu/karta ECTS). Suma punktów ECTS przyporządkowana zajęciom w każdym semestrze wynosi 30. Warunkiem zaliczenia semestru jest uzyskanie oceny co najmniej dostatecznej ze wszystkich form zajęć przewidzianych w programie studiów oraz zaliczenie bez ocen zajęć z wychowania fizycznego i wymaganych zajęć szkoleniowo-informacyjnych, przewidzianych w programie studiów dla danego semestru. Student, który nie zaliczył wszystkich zajęć przewidzianych w programie studiów dla danego semestru, zostaje warunkowo wpisany na kolejny semestr studiów, jeżeli łączna liczba punktów ECTS przypisanych do niezaliczonych zajęć nie przekracza 14. W uzasadnionych przypadkach, warunkowego zezwolenia na kontynuowanie studiów w następnym semestrze lub roku akademickim może udzielić dziekan lub rektor. Do uzyskania dyplomu ukończenia studiów pierwszego stopnia niezbędne jest zdobycie wymaganej w programie studiów liczby punktów ECTS (tzn. 210) oraz uzyskanie oceny pozytywnej lub zaliczenia bez oceny (w zależności od formy zaliczenia zajęć) ze wszystkich zajęć przewidzianych w programie studiów, dla których nie przewidziano przypisania punktów ECTS.

Weryfikacja i ocena stopnia opanowania przez studentów efektów uczenia się realizowana jest zarówno w trakcie procesu kształcenia, jak i po jego zakończeniu, poprzez monitorowanie losów absolwentów. Do bezpośredniego sprawdzenia osiągnięcia efektów uczenia się w zakresie wiedzy, umiejętności i kompetencji społecznych stosuje się szereg metod, które zapewniają obiektywną i rzetelną ocenę. Do sprawdzania efektów uczenia się stosowane są następujące metody, dostosowane do rodzaju oraz formy prowadzonych zajęć dydaktycznych:

- wykłady – egzaminy albo zaliczenia,
- ćwiczenia – kolokwia lub sprawdziany,
- laboratoria – sprawozdania oraz sprawdziany,
- zajęcia projektowe – obrona projektu (etapowa i/lub końcowa).

Dopuszczalne są również dodatkowe formy bieżącej weryfikacji osiągnięcia przez studentów efektów uczenia się, ustalone przez prowadzącego zajęcia. Decyzję o formie zaliczenia zajęć podejmuje osoba odpowiedzialna za zajęcia. Wybrane formy zaliczenia opisane są w kartach ECTS, a informacje o konkretnych kryteriach i zasadach oceniania przekazuje prowadzący na pierwszych zajęciach, podając także zakres przerabianego materiału, obowiązującą literaturę oraz terminy konsultacji. Metody sprawdzania efektów uczenia się mogą mieć formę pisemną lub ustną, a sformułowane pytania i/lub zadania są związane z przedmiotowymi treściami programowymi przedstawionymi w kartach ECTS, co zapewnia obiektywną weryfikację efektów uczenia się. W ramach weryfikacji efektów uczenia się istnieje możliwość zastosowania specjalistycznych platform elektronicznych (powszechnie używaną platformą elektroniczną na Politechnice Poznańskiej jest platforma eKursy).

Stosowana skala ocen jest zgodna z Regulaminem studiów pierwszego i drugiego stopnia Politechniki Poznańskiej: niedostateczny (2,0), dostateczny (3,0), dostateczny plus (3,5), dobry (4,0), dobry plus (4,5), bardzo dobry (5,0). W ramach każdej formy zajęć studentowi, który w wyniku kontroli osiągnięcia efektów uczenia się otrzymał ocenę niedostateczną (2,0), przysługuje prawo do jednego zaliczenia (egzaminu) poprawkowego.

Ważną rolę w nabywaniu umiejętności i kompetencji inżynierskich odgrywają zajęcia laboratoryjne oraz projektowe. W przypadku zajęć laboratoryjnych studenci wykonują zadania eksperymentalne połączone z opracowaniem uzyskanych wyników oraz oceną końcowych wartości i źródeł niepewności pomiarowych. Każde realizowane ćwiczenie podlega ocenie w zakresie przygotowania merytorycznego (sprawdzian wejściowy lub odpowiedź ustna) oraz wykonania pomiarów i opracowania wyników pomiarowych według wskazań prowadzącego. W przypadku zajęć projektowych ocenie podlega

przygotowanie merytoryczne (sprawdzian wejściowy lub odpowiedź ustna), analiza sposobu rozwiązania postawionych problemów oraz forma przedstawienia (pisemny opis zagadnienia lub prezentacja ustna). Część zajęć laboratoryjnych i projektowych jest realizowana w niewielkich (2-4-osobowych) zespołach, które odpowiedzialne są za realizację konkretnego ćwiczenia lub tematu projektowego. Dzięki temu dodatkowo kształtowane są u studentów kompetencje społeczne, takie jak umiejętność pracy w grupie, umiejętność przedstawiania i uzasadniania swoich koncepcji i toku rozumowania oraz umiejętność krytycznej dyskusji.

Nauczyciele akademicy w trakcie realizacji zajęć dydaktycznych starają się motywować studentów do aktywności i rozwijania zainteresowań, stawiają studentom zadania problemowe, zachęcając do aktywności w dyskusji. Umożliwia to wystawianie studentom ocen za ich aktywność.

Poprzez zajęcia dydaktyczne i koła naukowe studenci mają możliwość uczestnictwa w badaniach naukowych realizowanych w jednostkach WIMiFT, które dotyczą zagadnień omawianych na zajęciach (tabela w p.22 precyzuje zakres prac badawczych powiązanych z poszczególnymi przedmiotami). W ramach programu studiów realizowane są również przedmioty, na których studenci przygotowują prezentacje dotyczące wybranych problemów badawczo-technicznych (w szczególności seminaria przeddyplomowe na semestrze 6 oraz dyplomowe na semestrze 7). Poza aspektem poznawczym, studenci rozwijają swoje kompetencje interpersonalne, społeczne oraz nabywają umiejętności wykorzystania narzędzi multimedialnych. Zyskują także umiejętność prezentacji problemów badawczych oraz wyników własnych prac lub badań innych autorów, co stanowi istotny czynnik weryfikacji na obecnym rynku pracy.

Procesy dyplomowania i realizacji prac dyplomowych inżynierskich stanowią finalną metodę weryfikacji efektów uczenia się osiągniętych w ramach pierwszego stopnia kształcenia na kierunku TK. Proces dyplomowania jest opisany w Regulaminie studiów pierwszego i drugiego stopnia Politechniki Poznańskiej, Regulaminie realizacji prac dyplomowych oraz przebiegu egzaminu dyplomowego dla kierunków studiów realizowanych na WIMiFT, a także w Zasadach wyboru i prowadzenia Laboratorium specjalistycznego oraz pracy dyplomowej inżynierskiej na I stopniu kształcenia na kierunku technologie kwantowe na WIMiFT, umieszczonych na stronie internetowej WIMiFT. Proces dyplomowania odbywa się pod nadzorem dziekana i dyrektorów instytutów w oparciu o zasady przyjęte na WIMiFT. Zgłaszanie przez nauczycieli akademickich tematów prac dyplomowych dla studentów kierunku TK rozpoczyna się w semestrze poprzedzającym semestr dyplomowy. Temat pracy dyplomowej inżynierskiej student wybiera z proponowanej bazy tematów. W przypadku wyboru danego tematu przez więcej niż jednego studenta, o przydziale tematu decyduje stopień osiągnięcia zakładanych efektów uczenia się (średnia z ocen oraz aktywność studenta). W okresie poprzedzającym wybór tematów prac na WIMiFT organizowane są „drzwi otwarte”, w trakcie których studenci mogą omówić przyszłą tematykę badawczą z potencjalnym promotorem oraz zapoznać się z podstawowymi założeniami pracy dyplomowej. Student może również zaproponować własną tematykę lub modyfikację proponowanego tematu. W takim przypadku student we współpracy z promotorem opracowuje kartę tematu pracy dyplomowej inżynierskiej.

Pracę dyplomową student przygotowuje w formie elektronicznej (format pdf) i po akceptacji promotora umieszcza w Uczelnianym Systemie Obsługi Studenta Archiwum Prac Dyplomowych (USOS APD). Następnie praca podlega analizie przez Jednolity Systemem Antyplagiatowy (JSA) w terminie określonym przez Regulamin studiów pierwszego i drugiego stopnia Politechniki Poznańskiej. Po zatwierdzeniu raportu z JSA przez promotora, praca dyplomowa kierowana jest do dalszych etapów procesu dyplomowania. Praca podlega ocenie przez promotora i przynajmniej jednego recenzenta. Promotorem lub recenzentem pracy dyplomowej inżynierskiej może być nauczyciel akademicki posiadający tytuł profesora, stopień doktora habilitowanego lub doktora.

Egzamin dyplomowy inżynierski jest egzaminem dwuetapowym. W pierwszym etapie student przedstawia w formie prezentacji tezy oraz wyniki uzyskane w ramach realizacji pracy dyplomowej. Po prezentacji pracy dyplomowej przez studenta swoje komentarze i uwagi przedstawia recenzent pracy oraz pozostali członkowie komisji egzaminu dyplomowego. Następnie student ustosunkowuje się do uwag. W drugim etapie egzaminu dyplomowego student odpowiada na wskazane przez komisję egzaminacyjną 3 pytania, wybrane z zagadnień egzaminacyjnych (zagadnienia egzaminu dyplomowego są dostępne na stronie WIMiFT). Odrębnej ocenie podlega przedstawiona praca dyplomowa, jej obrona

oraz osobno odpowiedź na każde z pytań. Oceniana jest nie tylko poprawność merytoryczna udzielonych odpowiedzi, ale także poprawność i zakres wykorzystywanego słownictwa specjalistycznego w dziedzinie realizowanej pracy, jasność wypowiedzi oraz umiejętność reagowania na uwagi członków komisji egzaminu dyplomowego. Skala ocen stosowana w trakcie egzaminu dyplomowego odpowiada skali ewaluacji wykorzystywanej w całym okresie studiów, określonej w Regulaminie studiów pierwszego i drugiego stopnia Politechniki Poznańskiej.

15. Praktyki zawodowe

Praktyki zawodowe stanowią integralną część programu studiów pierwszego stopnia kierunku TK i podlegają zaliczeniu. Dla kierunku TK praktyka zawodowa odbywa się w 6 semestrze studiów, w trakcie przerwy wakacyjnej i jest jej przypisane 6 punktów ECTS. Praktyka zawodowa jest zaliczana bez oceny, ale jej zaliczenie jest warunkiem koniecznym zaliczenia semestru studiów.

Zasady przebiegu praktyki oraz formy jej zaliczenia zostały określone w Regulaminie studiów pierwszego i drugiego stopnia oraz Regulaminie praktyk obowiązującym w Politechnice Poznańskiej (Załącznik do Zarządzenia Nr 11 Rektora PP z dnia 29 marca 2023 r. (RO/III/11/2023)). Kwestie szczegółowe określa dodatkowo dostępny na stronie internetowej WIMiFT Regulamin praktyk zawodowych i specjalistycznych, obejmujący wszystkie kierunki studiów prowadzone na tym Wydziale.

Celem praktyk zawodowych jest umożliwienie studentom poszerzenia wiedzy oraz zdobycie praktycznej znajomości zagadnień związanych z kierunkiem studiów. W ramach praktyki przewiduje się również uczestnictwo w pracach zespołów projektowo-badawczych. Studenci kierunku TK zapoznają się z działalnością i organizacją pracy w danym przedsiębiorstwie, ze szczególnym uwzględnieniem zagadnień związanych z organizacją procesu produkcyjnego, zaawansowanymi technologiami, systemami informatycznymi, sterowaniem jakością, dokumentacją techniczną, organizacją stanowisk pracy, funkcjonowaniem działu marketingu oraz – w zależności od wyboru przedsiębiorstwa – z realizowanymi w nim zagadnieniami szczegółowymi. Realizacja praktyk pozwala na zdobycie umiejętności praktycznych oraz wiedzy merytorycznej, które mogą być pomocne w studiowaniu oraz realizacji prac dyplomowych. Zakłada się także, że odbywanie praktyki będzie okazją do nawiązania przez studentów kontaktów, które mogą skutkować ewentualną przyszłą współpracą z firmą lub podjęciem w niej pracy po ukończeniu studiów.

Za organizację i nadzorowanie praktyk studenckich odpowiedzialny jest koordynator praktyk studenckich. Do obowiązków koordynatora należy:

- przygotowanie harmonogramu praktyk studenckich,
- organizacja spotkań ze studentami w celu wyjaśnienia podstawowych pojęć i zagadnień dotyczących praktyk,
- rozstrzyganie spraw spornych związanych z praktykami,
- współpraca z zakładami pracy i innymi podmiotami w zakresie organizacji praktyk.

Obowiązkowy czas trwania praktyki wynosi 4 tygodnie, tzn. 160 godzin dydaktycznych (po 45 minut), czyli 120 godzin zegarowych. Praktyki odbywają się w terminie przewidzianym harmonogramem roku akademickiego i w okresie wolnym od zajęć dydaktycznych. W uzasadnionych przypadkach Dziekan może udzielić studentowi zgody na odbycie praktyki w innym terminie (nie kolidującym z planem zajęć dydaktycznych) i według indywidualnych zasad, określanych każdorazowo dla poszczególnych przypadków.

Na wniosek studenta koordynator praktyk na kierunku TK może zaliczyć praktykę na podstawie udokumentowanego doświadczenia zawodowego studenta, w tym również zdobytego za granicą, zgodnie z § 8 Regulaminu praktyk Politechniki Poznańskiej. Zaliczenie następuje na zasadach obowiązujących dla praktyk obligatoryjnych. Student ubiegający się o zaliczenie takiej praktyki występuje ze stosownym podaniem do koordynatora praktyk na kierunku TK w terminie najpóźniej na 14 dni przed końcem zajęć dydaktycznych semestru, w programie którego jest przewidziana praktyka. W przypadku niezaliczenia praktyki stosuje się postanowienia Regulaminu studiów pierwszego i drugiego stopnia Politechniki Poznańskiej.

Centrum Praktyk i Karier Politechniki Poznańskiej kieruje studenta na praktykę na podstawie porozumienia, umowy trójstronnej, lub zobowiązania wewnętrznego. Dokumenty te regulują kwestie

formalno-prawne związane ze zasadami odbywania praktyk przez studentów. Praktykę można również odbywać na podstawie skierowania:

- uzyskanego w ramach programów prowadzonych przez Uczelnię oraz organizacje, w których oferowane są staże i praktyki,
- uzyskanego w innych organizacjach, instytucjach (w tym również organizacjach studenckich) oferujących praktyki.

W uzasadnionych przypadkach praktyka może być realizowana w wybranej przez studenta jednostce, w tym także na Uczelni. Student ma obowiązek zgłosić koordynatorowi praktyk miejsce i czas odbywania praktyki oraz nazwę organizacji, dane adresowe, dane do korespondencji, a także dane opiekuna studenta (po stronie organizacji).

Politechnika Poznańska pokrywa koszty ubezpieczenia uczestników praktyk od następstw nieszczęśliwych wypadków, jeśli praktyki odbywają się w okresie ustalonym w harmonogramie danego roku akademickiego. W przypadku odbywania praktyk poza tym okresem student, który uzyskał na to zgodę, zostanie objęty ubezpieczeniem od następstw nieszczęśliwych wypadków pod warunkiem, że zgłosi ten fakt do Centrum Praktyk i Karier Politechniki Poznańskiej. Ubezpieczenie od następstw nieszczęśliwych wypadków obowiązuje na terytorium Polski i za granicą (dokument polisy jest dostępny w Centrum Praktyk i Karier Politechniki Poznańskiej).

Student odbywający praktykę zobowiązany jest do:

- sumiennego i starannego wykonywania zadań objętych programem praktyki oraz dostosowania się do poleceń organizacji, koordynatora praktyk na danym kierunku,
- przestrzegania przepisów i zasad obowiązujących w organizacji, w szczególności regulaminu pracy, tajemnicy służbowej, zasad bezpieczeństwa i higieny pracy oraz przepisów przeciwpożarowych,
- przestrzegania ogólnie przyjętych norm kulturalnego zachowania,
- sporządzenia sprawozdania z przebiegu praktyk.

Aby zaliczyć praktykę, student powinien spełnić następujące warunki:

- odbyć praktykę zgodnie z indywidualnym programem praktyki,
- opracować sprawozdanie z praktyki zgodnie ze wzorem sprawozdania, który obowiązuje na WIMiFT Politechniki Poznańskiej,
- uzyskać pozytywną ocenę od opiekuna praktyki w organizacji (opinia i jego podpis w sprawozdaniu z praktyki),
- wypełnić ankietę opisującą efekty uczenia się uzyskane w czasie praktyk.

Wymagany zestaw dokumentów do zaliczenia praktyk obejmuje:

- wstępną zgodę wraz z planem praktyki,
- skierowanie, umowę trójstronną lub zobowiązanie wewnętrzne,
- sprawozdanie z realizacji praktyki,
- zaświadczenie o odbyciu praktyki,
- wypełniona ankietka.

Oryginalne, wypełnione dokumenty powinny zostać dostarczone do koordynatora praktyk, który na ich podstawie dokonuje zaliczenia praktyk.

Studenci TK mogą odbywać praktyki m.in. w następujących instytucjach:

- Airoptic Sp. z o.o (Poznań),
- Aquanet (Poznań),
- APVACUUM Sp. z o.o (Zakrzewo),
- Beyond.pl (Poznań),
- Biofarm Sp. z o.o.;
- DMG Mori (Pleszew),
- Fresh Logistics Sp. z o.o.;
- GSK (Poznań),
- H.Cegielski-Poznań S.A.,

- Instytut Chemii Bioorganicznej PAN - Poznańskie Centrum Superkomputerowo-Sieciowe (PCSS);
- MANN+HUMMEL FT Polska Sp. z o.o.;
- Merazet (Poznań),
- METROLOG Sp. z o.o.;
- Netguru STX Next Allegro Tech,
- Instytut Fizyki Molekularnej PAN (Poznań),
- Orlen Projekt
- Pratt & Whitney (Kalisz),
- Raben Logistics Polska Sp. z o.o.;
- Raben Transport Sp. z o.o.;
- Solaris Bus & Coach (Bolechowo),
- STX Next Sp. z o.o.
- Szpitale kliniczne UM w Poznaniu,
- Volkswagen (Poznań),

oraz w jednostkach Politechniki Poznańskiej, w tym WIMiFT, WARIE, WliT. Planowane jest sukcesywne zwiększanie liczby porozumień z firmami, w których studenci kierunku TK będą realizowali praktyki zawodowe.

Kompetencje wymienionych podmiotów gospodarczych i instytucji są kompatybilne z technologiami kwantowymi i ich ekosystemem inżynieryjnym, obejmują pełen łańcuch wartości, od zaawansowanej inżynierii materiałowej po praktyczne wdrożenia algorytmiczne. Ekspertyza w zakresie syntezy molekularnych układów kwantowych, nadprzewodników oraz precyzyjnej fotoniki pozwala na budowę fundamentów sprzętowych, takich jak źródła i detektory fotonów. Zaplecze techniczne w obszarze kriogeniki, systemów próżniowych (UHV) oraz niskoszumowej elektroniki sterującej umożliwi fizyczną realizację i utrzymanie stabilnych środowisk dla kubitów. Równolegle w niektórych podmiotach rozwijane są kompetencje w obszarze bezpieczeństwa QKD, integrujące kwantową dystrybucję klucza z centrami danych i infrastrukturą krytyczną. Potencjał analityczny obejmuje projektowanie algorytmów hybrydowych (AI + QC) wykorzystywanych w chemii kwantowej, projektowaniu leków oraz optymalizacji złożonych procesów logistycznych i produkcyjnych. Integracja z platformami HPC (High Performance Computing – superkomputery) oraz zaawansowana metrologia kwantowa pozwalają na wysokoprecyzyjną diagnostykę biomedyczną i certyfikację komponentów optoelektronicznych. Synergia powyższych dziedzin w wymienionych podmiotach gospodarczych i instytucjach może stworzyć w niedalekiej przyszłości kompletny ekosystem zdolny do wdrażania interdyscyplinarnych rozwiązań kwantowych.

16. Język obcy

Na kierunku TK zajęcia z języka obcego realizowane są w 2, 3 i 4 semestrze w łącznym wymiarze 120 godzin dydaktycznych (9 pkt ECTS) i kończą się egzaminem na poziomie B2 Europejskiego Systemu Opisu Kształcenia Językowego. Zajęcia w ramach nauki języka obcego prowadzone są przez kadrę wyspecjalizowanej jednostki międzywydziałowej: Centrum Języków i Komunikacji Politechniki Poznańskiej.

Przedmioty uwzględniające efekty uczenia się w zakresie znajomości języka obcego (O – ogółem, W – wykład, C – ćwiczenia, L – laboratorium, P – projekt, ECTS – liczba punktów ECTS).

Sem.	Nazwa przedmiotu	Liczba godzin					Liczba punktów ECTS
		O	W	C	L	P	
2	Język obcy I A. język angielski B. język niemiecki C. język polski	30		30			2
3	Język obcy II A. język angielski B. język niemiecki	45		45			3

	C. język polski					
4	Język obcy III A. język angielski B. język niemiecki C. język polski	45		45		4
Razem		120				9

17. Zajęcia z wychowania fizycznego

Zajęcia z wychowania fizycznego (O – ogółem, W – wykład, C – ćwiczenia, L – laboratorium, P – projekt, ECTS – liczba punktów ECTS).

Sem.	Nazwa przedmiotu	Liczba godzin					Liczba punktów ECTS
		O	W	C	L	P	
2	Wychowanie fizyczne	30		30			0
3	Wychowanie fizyczne	30		30			0
Razem		60					0

18. Szkolenia

Szkolenia (O – ogółem, W – wykład, C – ćwiczenia, L – laboratorium, P – projekt, ECTS – liczba punktów ECTS).

Sem.	Nazwa przedmiotu	Liczba godzin					Liczba punktów ECTS
		O	W	C	L	P	
1	Szkolenie BHP – z zakresu bezpiecznych i higienicznych warunków kształcenia.	4	4				
1	Szkolenie biblioteczne – z zakresu korzystania z zasobów bibliotecznych.	1		1			
Razem		5					

19. Przedmioty obieralne (zajęcia do wyboru)

Wykaz przedmiotów obieralnych – zajęć do wyboru (O – ogółem, W – wykład, C – ćwiczenia, L – laboratorium, P – projekt, ECTS – liczba punktów ECTS).

Sem.	Nazwa przedmiotu	Liczba godzin					Liczba punktów ECTS
		O	W	C	L	P	
2	Język obcy I A. język angielski B. język niemiecki C. język polski	30		30			2
2	Wychowanie fizyczne	30		30			
3	Język obcy II A. język angielski B. język niemiecki C. język polski	45		45			3
3	Wychowanie fizyczne	30		30			
4	Przedmiot obieralny humanistyczny I A. Podstawy prawa pracy i zarządzania B. Podstawy informacji w biznesie	30	30				2
4	Język obcy III A. język angielski B. język niemiecki C. język polski	45		45			4
6	Przedmiot obieralny I A. Architektura i programowanie komputerów kwantowych na obwodach nadprzewodzących B. Architektura i programowanie komputerów kwantowych na uwięzionych jonach i atomach	45	30			15	3

	C. Architektura i programowanie fotonicznych komputerów kwantowych					
6	Przedmiot obieralny II A. Zastosowanie nadprzewodników w metrologii kwantowej i obrazowaniu B. Zastosowanie izolowanych struktur i zespołów atomowych w metrologii kwantowej C. Kwantowa sensoryka i metrologia fotoniczna	45	30		15	3
6	Przedmiot obieralny III A. Materiałowe, sprzętowe i algorytmiczne metody kwantowego szyfrowania danych B. Materiałowe implementacje modułów funkcjonalnych sieci komunikacji kwantowej C. Implementacje systemów kwantowej dystrybucji klucza	45	30		15	3
6	Przedmiot obieralny humanistyczny II A. Negocjacje w biznesie B. Zarządzanie zespołem pracowniczym	30	30			2
6	Pracownia specjalistyczna inżynierska	75			75	5
6	Seminarium przeddyplomowe inżynierskie	30			30	2
6	Praktyka zawodowa	160				6
7	Seminarium dyplomowe inżynierskie	15			15	4
7	Pracownia dyplomowa inżynierska	75			75	12
7	Praca dyplomowa inżynierska	60			60	8
7	Przedmiot obieralny IV A. Wstęp do przetwarzania informacji kwantowej z użyciem zmiennych ciągłych B. Adiabaticzne obliczenia kwantowe C. Kwantowa sztuczna inteligencja w nauce o materiałach i inżynierii materiałowej	30	30			2
7	Przedmiot obieralny V A. Wzorce oraz systemy dystrybucji czasu i częstotliwości B. Systemy rozproszone do kwantowego i hybrydowego przetwarzania danych metrologicznych C. Obliczenia kwantowe w przetwarzaniu sygnałów oraz obrazów medycznych i satelitarnych	30	30			2
Razem		690				63

20. Kompetencje inżynierskie

Wykaz kierunkowych efektów uczenia się umożliwiających uzyskanie kompetencji inżynierskich.

Kategoria PRK	Opis i kod składnika opisu	Kierunkowe efekty uczenia się	Symbol efektu kierunkowego
Wiedza: absolwent zna i rozumie	podstawowe procesy zachodzące w cyklu życia urządzeń, obiektów i systemów technicznych (P6S_WG)	Ma szczegółową wiedzę o fundamentalnych układach, zjawiskach, stanach i procesach kwantowych istotną dla kwantowej inżynierii materiałowej oraz implementacji i analizie cyklu życia modułów, urządzeń i systemów kwantowych	K1_W03
		Zna architekturę, parametry, środowiska programistyczne, ograniczenia i procesy eksploatacyjne komputerów kwantowych oraz ich cykle aktualizacyjne, w wybranych fizycznych implementacjach materiałowych i układowych.	K1_W09
		Zna składnię i paradygmaty programowania w językach wysokiego i niskiego poziomu (Python, C/C++, Rust), biblioteki i środowiska programistyczne, systemy kontroli wersji i pracy zespołowej oraz rozumie cykle aktualizacji narzędzi programistycznych.	K1_W14

	podstawowe zasady tworzenia i rozwoju różnych form indywidualnej przedsiębiorczości (P6S_WK)	Zna i rozumie podstawowe pojęcia z zakresu makro- i mikroekonomii oraz zna zasady tworzenia i rozwoju różnych form indywidualnej przedsiębiorczości, organizacji pracy i zarządzania z uwzględnieniem zasad BHP.	K1_W18
Umiejętności: absolwent potrafi	planować i przeprowadzać eksperymenty, w tym pomiary i symulacje komputerowe, interpretować uzyskane wyniki i wyciągać wnioski (P6S_UW)	Potrafi planować i przeprowadzać eksperymenty oraz interpretować ich wyniki i wyciągać wnioski dotyczące zjawisk fizycznych, materiałów i modułów technicznych, również dla warunków nieprzewidywalnych, weryfikując hipotezy badawcze i poszukując nowatorskich rozwiązań	K1_U07
		Potrafi wykonywać klasyczne i kwantowe symulacje numeryczne oraz wyciągać z nich wnioski dotyczące projektowanych prototypowych modułów funkcjonalnych i materiałów, wykorzystując specjalistyczne pakiety symulacyjne oraz biblioteki programistyczne z dokumentacją API.	K1_U09
		Potrafi konfigurować i budować wybrane systemy pomiarowe oparte na sensorach kwantowych używając zaawansowanych urządzeń elektronicznych, optycznych lub fotonicznych, a także planować i realizować zaawansowane pomiary fizyczne, w tym związane z eksperymentalną charakterystyką materiałów	K1_U16
		Potrafi analizować, interpretować i wizualizować złożone dane pomiarowe oraz wyciągać z nich wnioski, dobierając i wykorzystując zaawansowane metody, algorytmy i platformy klasyczne oraz kwantowe, w tym uczenia maszynowego i sztucznej inteligencji.	K1_U18
	przy identyfikacji i formułowaniu specyfikacji zadań inżynierskich oraz ich rozwiązywaniu: – wykorzystać metody analityczne, symulacyjne i eksperymentalne – dostrzegać ich aspekty systemowe i pozatechniczne, w tym aspekty etyczne – dokonać wstępnej oceny ekonomicznej proponowanych rozwiązań i podejmowanych działań inżynierskich (P6S_UW)	Potrafi, korzystając ze źródeł naukowych, technicznych i narzędzi generatywnej AI, identyfikować i formułować złożone i nietypowe problemy inżynierskie technologii kwantowych, oraz krytycznie analizować, oceniać i syntetyzować istniejące rozwiązania uwzględniając aspekty społeczne, ekonomiczne i etyczne.	K1_U01
		Potrafi w oparciu o wiedzę identyfikować problemy i zadania inżynierskie z zakresu technologii kwantowych oraz specyfikować strategię i oceniać ekonomię ich rozwiązania; dobierając oraz stosując narzędzia i metody analityczne, symulacyjne, eksperymentalne inżynierii systemów opartej na modelach.	K1_U02
		Potrafi integrować matematyczne metody analityczne oraz algorytmiczne z zasadami fizyki klasycznej i kwantowej w specyfikacji i rozwiązywaniu zadań inżynierskich obejmujących modelowanie, symulacje i projektowanie struktur materiałowych i modułów urządzeń kwantowych oraz zachodzących w nich procesów.	K1_U06
		Wykorzystuje paradygmat kubitowy do analizy, symulacji i eksperymentalnych metod badań kwantowych komputerów, sensorów, systemów metrologii, aplikacyjnych algorytmów, systemów i protokołów komunikacji w celu specyfikacji potencjalnych zadań inżynierskich.	K1_U11
		Potrafi stosować paradygmat kumodowy w programowaniu fotonicznych komputerów kwantowych oraz w symulacji, optymalizacji i badaniach metodami analitycznymi i eksperymentalnymi fotonicznych modułów i systemów i protokołów komunikacji a także metrologii kwantowej w celu identyfikacji problemów zakłóceń.	K1_U12

dokonać krytycznej analizy sposobu funkcjonowania istniejących rozwiązań technicznych i ocenić te rozwiązania (P6S_UW)	Potrafi, korzystając ze źródeł naukowych, technicznych i narzędzi generatywnej AI, identyfikować i formułować złożone i nietypowe problemy inżynierskie technologii kwantowych, oraz krytycznie analizować, oceniać i syntetyzować istniejące rozwiązania uwzględniając aspekty społeczne, ekonomiczne i etyczne.	K1_U01
	Potrafi programować i obsługiwać komputery kwantowe w wybranych architekturach układowych i materiałowych paradygmatu kubitowego, a także planować, przeprowadzać eksperymentalne testy walidacyjne oraz wyciągać wnioski dotyczące o parametrach kwantowych jednostek obliczeniowych.	K1_U14
	Potrafi konfigurować wybrane moduły systemów komunikacji kwantowej, specyfikować ich parametry, dobrać materiały oraz planować, wykonywać i interpretować eksperymentalne testy wydajności i bezpieczeństwa oraz formułować wnioski.	K1_U15
projektować – zgodnie z zadaną specyfikacją – oraz wykonać typowe dla kierunku studiów proste urządzenia, obiekty, systemy lub zrealizować procesy, używając odpowiednio dobranych metod, technik, narzędzi i materiałów (P6S_UW)	Potrafi dobierając adekwatne narzędzia zaprojektować zgodnie ze specyfikacją, architekturę prostego kwantowego urządzenia, układu pomiarowego oraz programu komputerowego, dokumentując ich strukturę, funkcje, interfejsy, modele, dotyczące mierzalnych parametrów modułów.	K1_U05
	Potrafi indywidualnie i zespołowo realizować złożony projekt programistyczny z implementacją i testami na platformach klasycznych i kwantowych, dobierając i stosując odpowiednie narzędzia, biblioteki, systemy kontroli wersji oraz zaawansowane techniki informacyjno-komunikacyjne.	K1_U08
	Potrafi projektować i budować proste funkcjonalne urządzenia kwantowych i systemów pomiarowych, integrując rozwiązania oraz dobierając narzędzia i metody projektowe z różnych dziedzin inżynierii, pracując indywidualnie i w zespole.	K1_U10
	Potrafi modelować, symulować i projektować proste struktury materiałowe w skali atomowej z użyciem klasycznych i kwantowych algorytmów, platform oraz narzędzi do symulacji molekularnych, a także interpretować uzyskane wyniki i wyciągać wnioski o właściwościach materiałów.	K1_U13
	Potrafi konfigurować i budować wybrane systemy pomiarowe oparte na sensorach kwantowych używając zaawansowanych urządzeń elektronicznych, optycznych lub fonicznych, a także planować i realizować zaawansowane pomiary fizyczne, w tym związane z eksperymentalną charakteryzacją materiałów	K1_U16

21. Zajęcia z dziedziny nauk humanistycznych lub nauk społecznych

Wykaz przedmiotów z dziedziny nauk humanistycznych lub nauk społecznych (O – ogółem, W – wykład, C – ćwiczenia, L – laboratorium, P – projekt).

Sem.	Nazwa przedmiotu	O	W	C	L	P	Liczba punktów ECTS
1	Komunikacja interpersonalna	15	15				1
1	Etyka i aksjologia	15	15				1
4	Przedmiot obieralny humanistyczny I A. Podstawy prawa pracy i zarządzania B. Podstawy informacji w biznesie	30	30				2
6	Przedmiot obieralny humanistyczny II A. Negocjacje w biznesie B. Zarządzanie zespołem pracowniczym	30	30				2
7	Ochrona praw własności intelektualnej i postępowania patentowe	30	30				2
Razem		120					8

22. Zajęcia związane z prowadzoną w uczelni działalnością naukową

Duża część przedmiotów w prowadzonych w ramach kierunku TK ma ścisłe powiązania z działalnością naukową prowadzoną w uczelni i zapewnia studentom przygotowanie do udziału w takiej działalności. Na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej tradycja badań w obszarze szeroko rozumianych technologii kwantowych jest już dobrze ugruntowana. Jednak z uwagi na to, że jest to dziedzina o dynamicznym tempie rozwoju i w jej ramach wyłoniły się w ostatnim okresie (w ostatnich latach czy nawet miesiącach) nowe obszary badawcze, ich eksploracja została w naturalny sposób zainicjowana również na Politechnice Poznańskiej stosunkowo niedawno, w związku z tym nie zawsze znajduje to już bezpośrednie odzwierciedlenie w dotychczas opublikowanym dorobku naukowym kadry naukowo-dydaktycznej.

Nazwa przedmiotu	Liczba punktów ECTS	Udział studentów w zajęciach przygotowujących do prowadzenia działalności naukowej lub udział w tej działalności (TAK/NIE)	Opis działalności naukowej
Analiza matematyczna	6	TAK	Analiza modeli fizycznych i materiałowych z użyciem rachunku różniczkowego i całkowego
Algebra liniowa z elementami matematyki dyskretnej	4	TAK	Opis stanów i operatorów kwantowych z użyciem macierzy i struktur dyskretnych
Podstawy programowania i algorytmiki klasycznej	4	TAK	Implementacja i analiza algorytmów numerycznych oraz przetwarzania danych, np. w języku Python
Fizyka klasyczna dla technologii kwantowych I	5	TAK	Analiza dynamiki układów mechanicznych oraz oddziaływań elektrycznych i magnetycznych
Podstawy metodologii laboratoryjnej	2	TAK	Metody pomiaru wielkości fizycznych i analizy wyników pomiarowych
Wstęp do fizyki i inżynierii kwantowej	5	TAK	Opis i manipulacja stanami kubitowymi oraz podstawowe operacje kwantowe
Metody matematyczne kwantowej inżynierii i informatyki	4	TAK	Matematyczny opis układów kwantowych i przetwarzania informacji kwantowej
Programowanie niskopoziomowe	4	TAK	Implementacja algorytmów z bezpośrednią kontrolą pamięci i zasobów sprzętowych (C++, Rust)
Fizyka klasyczna dla technologii kwantowych II	4	TAK	Analiza układów wielu cząstek, zespołów statystycznych i zjawisk falowych
Optyka i fotonika inżynierska	4	TAK	Analiza propagacji światła i oddziaływania z materiałami oraz konstrukcja układów optycznych i fonicznych
Elektrotechnika dla inżynierii kwantowej	4	TAK	Analiza obwodów elektrycznych i układów rezonansowych oraz sterowanie aktuatorami (np. silniki, elementy piezoelektryczne)
Mechanika kwantowa I	4	TAK	Analiza stanów cząstek oraz struktur molekularnych i fazy skondensowanej, a także zachodzących w nich procesów, w formalizmie równania Schrödingera
Wstęp do programowania komputerów kwantowych	4	TAK	Implementacja i analiza obwodów kwantowych oraz algorytmów w paradygmacie kubitowym
Systemy optoelektroniczne inżynierii kwantowej	4	TAK	Zastosowanie systemów generacji i detekcji światła, w szczególności

			z rozdzielczością jednofotonową i technikami korelacyjnymi w badaniach izolowanych struktur atomowych, molekularnych oraz centrów barwnych w kryształach
Elektronika analogowa dla inżynierii kwantowej	4	TAK	Analiza i projektowanie układów analogowych do przetwarzania i sterowania sygnałami w technologiach kwantowych
Mechanika kwantowa II	4	TAK	Analiza złożonych układów kwantowych metodami analitycznymi i numerycznymi
Kwantowa teoria informacji i termodynamiki	4	TAK	Stosowanie miar entropowych w charakteryzacji źródeł losowości. Modelowanie termodynamiczne struktur materiałowych
Podstawy fizyki i chemii struktur atomowych i molekularnych	4	TAK	Analiza struktury i własności kwantowych układów atomowych i molekularnych
Kanony algorytmów kwantowych	4	TAK	Analiza i implementacja podstawowych algorytmów kwantowych
Technologie próżniowe i kriogeniczne	3	TAK	Dobór i charakteryzacja materiałów konstrukcyjnych dla układów UHV i niskich temperatur
Elektronika cyfrowa i mikroelektronika dla inżynierii kwantowej	4	TAK	Projektowanie i implementacja układów cyfrowych oraz systemów FPGA do sterowania i akwizycji danych
Kwantowa fizyka i elektronika fazy skondensowanej	4	TAK	Analiza własności kwantowych materii skondensowanej oraz zjawisk spinowych w materiałach
Podstawy fizyki powierzchni, nanotechnologii i nanoinżynierii	4	TAK	Analiza zjawisk powierzchniowych oraz wytwarzanie i charakteryzacja struktur nanometrycznych
Wstęp do kwantowo-optycznej kontroli stanów kubitów	4	TAK	Sterowanie stanami kubitów z użyciem koherentnych oddziaływań światło–materia
Wstęp do fotonicznego kwantowego przetwarzania informacji	4	TAK	Implementacja i analiza fotonicznych protokołów przetwarzania informacji kwantowej
Modelowanie i symulacje molekularne oraz materiałowe w skali atomowej	4	TAK	Modelowanie struktury i własności materiałów w skali atomowej z pierwszych zasad (tzn. metodami ab initio)
Techniki wysokich częstotliwości i krótkich impulsów w inżynierii kwantowej	3	TAK	Analiza i projektowanie układów wysokich częstotliwości oraz generacji i kontroli krótkich impulsów
Cyfrowa aparatura kontrolno-pomiarowa	3	TAK	Projektowanie i implementacja systemów cyfrowych do sterowania, pomiarów i analizy sygnałów
Podstawy architektury komputerów kwantowych	5	TAK	Analiza architektur komputerów kwantowych oraz fizycznych realizacji kubitów
Podstawy kwantowej sensoryki i metrologii	5	TAK	Zastosowanie i analiza metod kwantowej sensoryki, metrologii i obrazowania
Podstawy komunikacji kwantowej	5	TAK	Analiza i implementacja protokołów oraz systemów komunikacji kwantowej i cyberbezpieczeństwa
Materiały, struktury i obwody nadprzewodzące	3	TAK	Analiza i projektowanie materiałów, struktur i obwodów nadprzewodzących
Kwantowe właściwości magnetyczne i spintroniczne materiałów	3	TAK	Analiza kwantowych właściwości magnetycznych i spintronicznych materiałów

Podstawy algorytmów kwantowych i hybrydowych modelowania materiałów	3	TAK	Implementacja i analiza algorytmów kwantowych i hybrydowych do modelowania materiałów
Wstęp do inżynierii systemów opartej na modelach	3	TAK	Projektowanie i integracja złożonych systemów inżynierskich z użyciem modeli (MBSE)
Zastosowania algorytmów uczenia maszynowego w inżynierii materiałowej	3	TAK	Modelowanie i predykcja właściwości materiałów z użyciem kwantowych i hybrydowych algorytmów uczenia maszynowego
Przedmiot obieralny I	3	TAK	
Architektura i programowanie komputerów kwantowych na obwodach nadprzewodzących			Implementacja i kontrola operacji kwantowych w nadprzewodzących układach kubitowych
Architektura i programowanie komputerów kwantowych na uwięzionych jonach i atomach			Implementacja i kontrola operacji kwantowych w układach uwięzionych jonów i zespołów atomów
Architektura i programowanie fotonicznych komputerów kwantowych			Implementacja i kontrola operacji kwantowych w fotonicznych układach kubitowych
Przedmiot obieralny II	3	TAK	
Zastosowanie nadprzewodników w metrologii kwantowej i obrazowaniu			Analiza i zastosowanie nadprzewodzących sensorów kwantowych w metrologii i obrazowaniu (MRI)
Zastosowanie izolowanych struktur i zespołów atomowych w metrologii kwantowej			Charakteryzacja i wykorzystanie izolowanych układów atomowych i materiałowych w sensoryce i metrologii kwantowej
Kwantowa sensoryka i metrologia fotoniczna			Analiza i zastosowanie kwantowych stanów światła w sensoryce i metrologii
Przedmiot obieralny III	3	TAK	
Materiałowe, sprzętowe i algorytmiczne metody kwantowego szyfrowania danych			Implementacja i analiza protokołów bezpiecznej komunikacji kwantowej na poziomie materiałowym, sprzętowym i algorytmicznym
Materiałowe implementacje modułów funkcjonalnych sieci komunikacji kwantowej			Projektowanie i charakteryzacja materiałowych komponentów sieci komunikacji kwantowej
Implementacje systemów kwantowej dystrybucji klucza			Charakteryzacja i optymalizacja systemów kwantowej dystrybucji klucza
Przedmiot obieralny IV	2	TAK	
Wstęp do przetwarzania informacji kwantowej z użyciem zmiennych ciągłych			Analiza i kontrola stanów kwantowych o zmiennych ciągłych (kumody, kwadratury)
Adiabatyczne obliczenia kwantowe			Analiza i implementacja algorytmów adiabatycznych w obliczeniach kwantowych
Kwantowa sztuczna inteligencja w nauce o materiałach i inżynierii materiałowej			Zastosowanie metod kwantowej sztucznej inteligencji do projektowania i identyfikacji nowych materiałów
Przedmiot obieralny V	2	TAK	
Wzorce oraz systemy dystrybucji czasu i częstotliwości		TAK	Analiza i optymalizacja systemów synchronizacji i przesyłania sygnałów czasu i częstotliwości
Systemy rozproszone kwantowego i hybrydowego przetwarzania danych metrologicznych		TAK	Integracja rozproszonych systemów przetwarzania danych z wykorzystaniem systemów kwantowych i hybrydowych

Obliczenia kwantowe w przetwarzaniu sygnałów oraz obrazów medycznych i satelitarnych		TAK	Analiza i rekonstrukcja danych medycznych i satelitarnych z użyciem metod kwantowych
Razem	154		

II. Informacje uzupełniające

1. **Koncepcja kształcenia oraz zgodność efektów uczenia się z potrzebami rynku pracy**

Politechnika Poznańska jest jedną z wiodących uczelni technicznych w kraju, rozpoznawalną na arenie międzynarodowej. Ugruntowanie tej pozycji możliwe jest poprzez realizację misji Politechniki Poznańskiej polegającej na zachowaniu wysokiej jakości prowadzonych badań naukowych i wdrożeniowych oraz przez zapewnienie dobrego poziomu kształcenia na wszystkich trzech stopniach kształcenia realizowanych w ramach Uczelni w bezpośredniej współpracy z otoczeniem społeczno-gospodarczym regionu i kraju.

W obszarze kształcenia misja WIMiFT jest ściśle powiązana z misją Uczelni. Bezpośrednim celem kształcenia na WIMiFT jest przygotowanie wysokokwalifikowanych specjalistów w zakresie zagadnień inżynierskich w ścisłym związku z prowadzonymi badaniami naukowymi i we współpracy z przyszłymi pracodawcami. Podejście takie pozwala na rozwój gospodarczy poprzez transfer nowoczesnych technologii oraz innowacji. Należy zauważyć, że Wielkopolska staje się kluczowym ośrodkiem integracji technologii kwantowych poprzez dostęp do komputerów kwantowych w trzech kluczowych implementacjach: fotonicznej, nadprzewodzącej oraz na uwięzionych jonach, a także układów kwantowej dystrybucji klucza szyfrującego.

Studia na kierunku TK zapewniają specjalizację interdyscyplinarną. W ramach kształcenia na tym kierunku absolwent uzyskuje kompetencje nie tylko w zakresie szeroko rozumianych technologii kwantowych na podbudowie zawansowanych zagadnień fizyki i chemii kwantowej, ale także przygotowanie do projektowania, wytwarzania, charakteryzacji i wdrażania komponentów oraz systemów technologii kwantowych (ten ściśle związany z nazwą kierunku nurt opisano dokładniej poniżej), oraz w zakresie inżynierii materiałowej, fotoniki, elektroniki oraz technologii informatycznych. Silne powiązanie kierunku TK z dyscypliną inżynieria materiałowa (51%) zapewnia kompetencje m.in. w zakresie projektowania materiałów funkcjonalnych, nanostruktur oraz struktur cienkowarstwowych, stanowiących podstawę współczesnych platform kubitowych, sensorów kwantowych i systemów komunikacji kwantowej.

Kompetencje absolwenta w ramach głównego kierunkowego nurtu technologii kwantowych skupiać się będą na kilku zasadniczych aspektach, w obrębie dwóch ściśle powiązanych domen: inżynierii kwantowej i informatyki kwantowej:

- Inżynieria kwantowa:
 - architektura oraz implementacja fizyczna komputerów kwantowych,
 - metrologia i sensoryka kwantowa,
 - komunikacja kwantowa,
 - kwantowa inżynieria materiałowa,
 - kwantowa termodynamika i teorię informacji;
- Informatyka kwantowa:
 - aplikacyjna algorytmika kwantowa i hybrydowa (klasyczno-kwantowa), programowanie komputerów kwantowych,
 - cyberbezpieczeństwo kwantowe.

Bezpośrednie powiązanie kształcenia w ramach kierunku TK z wiodącą dyscypliną inżynieria materiałowa dotyczyć będzie zarówno poziomu kwantowego (co w odniesieniu do domeny inżynierii kwantowej wskazano explicite powyżej, a w odniesieniu do domeny informatyki kwantowej dotyczy aspektu aplikacyjnych obliczeń kwantowych – m.in. symulacji struktur i procesów w zagadnieniach materiałowych), jak i klasycznego (np. doboru materiałów adekwatnych w konstrukcji systemów technologii kwantowych).

Dokładniejszy opis spodziewanych kompetencji merytorycznych absolwenta kierunku TK został zamieszczony w Załączniku nr 1: "Koncepcja kierunku".

Oprócz wiedzy i umiejętności o charakterze ściśle związanym z kierunkiem studiów, absolwent kierunku TK uzyskuje również szereg kompetencji ogólnych (w tym społecznych): rozumie potrzebę ciągłego dokształcania się w celu podnoszenia kompetencji zawodowych, potrafi realizować zadania samodzielnie jak również współpracować w zespołach (również interdyscyplinarnych), a także docenia znaczenie upowszechniania w społeczeństwie i popularyzacji wiedzy o dorobku i fundamentalnych osiągnięciach w zakresie technologii kwantowych.

Studenci kierunku TK mogą dodatkowo zwiększać swoje kompetencje w ramach współpracy z instytucjami zewnętrznymi, a także w ramach staży realizowanych m. in. w ramach programu Erasmus+ (mają możliwość uczestniczenia w wymianie studentów z uczelniami w Niemczech, Francji i Portugalii).

Program studiów na kierunku TK jest zgodny z misją Uczelni i Wydziału i opiera się na następujących strategicznych celach kształcenia:

- przygotowanie kadry technicznej do podejmowania wyzwań w obszarze gospodarki, badań naukowych i funkcjonowania w społeczeństwie,
- transfer zaawansowanej wiedzy technicznej i informatycznej do przemysłu, w tym w obszarze technologii krytycznych,
- rozwój współpracy dydaktycznej i badawczej w regionie, kraju oraz na arenie międzynarodowej,
- ugruntowanie wysokiej pozycji zarówno Uczelni jak i Wydziału w zakresie prac badawczych oraz kształcenia,
- bezpośredni rozwój infrastruktury i kadry naukowo-dydaktycznej Wydziału, będących gwarantami realizacji strategicznych celów kształcenia.

Stosowane na WIMiFT procedury zapewnienia jakości kształcenia, wykwalifikowana kadra badawczo-dydaktyczna i infrastruktura Wydziału gwarantują zachowanie wysokiego poziomu kształcenia. Oferowany program studiów na kierunku TK jest efektem bezpośredniej współpracy pracowników, studentów i innych interesariuszy zewnętrznych Wydziału, a przede wszystkim jest konsekwencją prowadzonych prac badawczych. W wybranych obszarach techniczno-informatycznych, zwłaszcza dotyczących tzw. warstwy klasycznej ekosystemu inżynierskiego technologii kwantowych, w procesie kształcenia wykorzystywani są specjaliści z innych wydziałów Uczelni, w szczególności Wydziału Informatyki i Telekomunikacji (WliT) oraz Wydziału Automatyki, Robotyki i Elektrotechniki (WARiE).

Kształcenie przygotowuje absolwenta do pracy w środowisku badawczo-rozwojowym oraz przemysłowym rozwijającym technologie obliczeń kwantowych, komunikacji kwantowej, metrologii precyzyjnej, systemów pomiarowych i zaawansowanych materiałów. Technologie kwantowe stanowią jeden z kluczowych obszarów przyszłych zastosowań gospodarczych, obejmujących m.in. projektowanie nowych materiałów i leków, systemy diagnostyczne, bezpieczną komunikację oraz systemy optymalizacji złożonych procesów infrastrukturalnych.

Przygotowanie absolwenta do pracy zawodowej jest jednym ze strategicznych celów kształcenia na kierunku TK. Absolwenci kierunku TK mogą znaleźć zatrudnienie w wielu strategicznych sektorach:

- technologie obliczeń kwantowych i półprzewodników,
- przemysł materiałów zaawansowanych, nanotechnologii i fotoniki,
- telekomunikacja i cyberbezpieczeństwo (QKD, kryptografia postkwantowa),
- metrologia i infrastruktura wzorców czasu i częstotliwości,
- systemy nawigacyjne i systemy sensorów precyzyjnych,
- diagnostyka medyczna i aparatura do obrazowania wykorzystująca sensory kwantowe,
- sektor obronności (systemy detekcji, nawigacji i komunikacji oparte na technologiach kwantowych),
- przemysł farmaceutyczny i chemiczny (symulacje materiałowe i molekularne),
- energetyka (modelowanie i optymalizacja pracy systemów elektroenergetycznych),
- logistyka i transport (modelowanie i optymalizacja systemów transportowych),
- centra obliczeń wysokiej wydajności oraz infrastruktury badawcze i instytucje naukowe oraz uczelnie.

Poniżej podano przykładowe instytucje i potencjalnych pracodawców w regionie Wielkopolski, w wybranych kategoriach.

- Infrastruktura badawcza i centra naukowe:
 - Poznańskie Centrum Superkomputerowo-Sieciowe (PCSS) / Instytut Chemii Bioorganicznej PAN,
 - Centrum Badań Kosmicznych PAN, Obserwatorium Astrogeodynamiczne w Borówcu,
 - Sieć Badawcza Łukasiewicz - Poznański Instytut Technologiczny,
 - Centrum Zaawansowanych Technologii UAM,
 - Politechnika Poznańska.
- Przemysł zaawansowanych technologii (w tym aparatury metrologicznej i diagnostycznej) i materiałów:
 - Airoptic Sp. z o.o. (Poznań),
 - PGNiG (Odolanów),
 - AIR Products Sp. z o.o. (Poznań),
 - Atmoservice (Poznań),
 - APVACUUM Sp. z o.o. (Zakrzewo),
 - BASF-Polska (Warszawa) / BASF Coatings Sp. z o.o. (Janikowo),
 - Biuro Inżynierskie Maciej Zajączkowski / HBK,
 - Creotech Instruments (oddział współpracujący z Poznaniem),
 - DMG Mori (Pleszew),
 - GSK (Poznań),
 - ITA sp. z o.o. Sp. k. (Skórzewo),
 - Merazet (Poznań),
 - Pratt & Whitney (Kalisz),
 - Roche Global IT Solutions Center (Poznań),
 - Zoller Polska (Śrem),
 - H. Cegielski – Poznań S.A.,
 - Solaris Bus & Coach sp. z o.o.,
 - Volkswagen Poznań sp. z o.o.,
 - Zakład Przemysłowych Systemów Automatyki (Ostrów Wielkopolski).
- Energetyka i infrastruktura systemowa:
 - Enea S.A. / Enea Operator sp. z o.o.,
 - Veolia Energia Poznań S.A.
- ICT i infrastruktura cyfrowa:
 - Allegro sp. z o.o.,
 - Beyond.pl sp. z o.o.,
 - PIXEL sp. z o.o.,
 - Creotech Instruments (oddział współpracujący z Poznaniem),
 - GSK (Poznań),
 - INEA (Poznań), INEA sp. z o.o. (Wysogotowo),
 - Poznańskie Centrum Superkomputerowo-Sieciowe (PCSS) / Instytut Chemii Bioorganicznej PAN,
 - Raben Group (Gądko),
 - Roche Global IT Solutions Center (Poznań),
 - Selvita (Poznań),
 - Szpitale kliniczne UM w Poznaniu,
 - Żabka Polska – pion logistyczny i informatyczny (Poznań).
- Sektor obronności:
 - Wojskowe Zakłady Motoryzacyjne S.A.,

- przedsiębiorstwa współpracujące z sektorem obronnym w obszarze systemów detekcji, komunikacji i nawigacji.

Pełna lista instytucji w regionie Wielkopolski, w których oczekiwane są kompetencje kompatybilne z technologiami kwantowymi lub ekosystemem kwantowym, została zamieszczona również w Załączniku nr 1: "Koncepcja kierunku".

2. Opis działań na rzecz doskonalenia programu studiów oraz zapewnienia jakości kształcenia

Wydziałowe procedury stosowane do zapewnienia jakości kształcenia na WIMiFT Politechniki Poznańskiej opracowano na podstawie ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. poz. 1668 z dnia 20 lipca 2020), Uchwały Nr 45/2020-2024 Senatu Akademickiego PP (z dnia 31 maja 2021), dotyczącej Uczelnianego Systemu Kształcenia, oraz zarządzenia JM Rektora PP Nr 21 (z dnia 02 czerwca 2021) w sprawie zasięgania opinii studentów, doktorantów na temat procesu kształcenia i absolwentów na temat procesu kształcenia oraz hospitacji zajęć dydaktycznych. Podstawowym zadaniem mającym na celu zapewnienie jakości kształcenia jest ustawiczne doskonalenie programu studiów, rozwój infrastruktury i kadry dydaktycznej Wydziału oraz realizacja polityki promocyjno-informacyjnej.

W procedurach zapewnienia jakości kształcenia na WIMiFT udział biorą nauczyciele akademicy prowadzący zajęcia dydaktyczne na kierunkach studiów koordynowanych przez Wydział, Dziekan oraz Prodziekan ds. Kształcenia. Na WIMiFT działają m.in.:

- Wydziałowa Komisja ds. Kształcenia (WKK),
- Wydziałowy Zespół ds. Zapewnienia Jakości Kształcenia (WZZJK),
- Wydziałowy Zespół Zadaniowy ds. Efektów Uczenia się (WZZEU) na kierunku technologicie kwantowe (TK),
- Zespół Zadaniowy ds. Absolwentów (ZZA),
- Wydziałowa Komisja Oceniająca Nauczycieli Akademickich (WKONA),

które pełnią także określone role w wydziałowych procedurach zapewnienia jakości kształcenia. Członkowie tych komisji i zespołów są powoływani w każdej kadencji przez Dziekana i zatwierdzani przez Radę Wydziału. Wszystkie procedury zapewnienia jakości kształcenia są ogólnodostępne na stronie internetowej WIMiFT. Wydziałowe procedury zapewnienia jakości kształcenia obejmują:

- A. procedury podstawowe:
 1. monitoring programów studiów,
 2. ocena efektów uczenia się:
 - zapewnienie jakości kadry dydaktycznej,
 - ocena jakości kształcenia na podstawie ankiet uczelnianych w systemie eAnkieta,
 - ocena jakości kształcenia na podstawie ankiet wydziałowych,
 - ocena jakości kształcenia na podstawie hospitacji,
 - ocena planów i zmian w programach studiów przez Samorząd Studentów,
 - ocena pracy dziekanatu Wydziału i Centrum Spraw Studenckich
 - zgłaszanie zmian przez przedstawicieli Rady Interesariuszy Zewnętrznych.
 3. procedury oceniania studentów i inne:
 - egzaminy i zaliczenia ustne,
 - egzaminy dyplomowe,
 - procedura rozwiązywania sytuacji konfliktowych na Wydziale,
 - procedura zgłaszania konieczności zmian.
- B. procedury pomocnicze z grupy „Zasoby nauki”:
 1. ocena bazy laboratoryjnej,
 2. ocena systemów informatycznych,
 3. ocena zasobów bibliotecznych.
- C. procedury pomocnicze z grupy „Informacja”:
 1. monitorowanie karier absolwentów,
 2. analiza kandydatów na studia,
 3. analiza informacji z punktów A i B.

Wydziałowy Zespół Zadaniowy ds. Efektów Uczenia się (WZZEU) dla kierunku TK, wsparty przez planistkę zajęć na Wydziale, odpowiedzialny jest za przygotowywanie programu studiów oraz ewentualnych zmian w programie. Proponowane zmiany programu studiów mogą wynikać bezpośrednio z potrzeby doskonalenia i aktualizacji związanej z realizacją procesu dydaktycznego, z bieżącymi potrzebami otoczenia społeczno-gospodarczego i rynku pracy, z rozwojem kadry badawczo-dydaktycznej oraz infrastruktury Wydziału. W realizacji doskonalenia programu studiów wykorzystywane są procedury zawarte w wydziałowych procedurach zapewnienia jakości kształcenia (monitorowanie karier absolwentów, konsultacje z interesariuszami zewnętrznymi, zgłoszenie konieczności dokonania zmian) oraz uzyskane z nich informacje. WZZEU na kierunku TK przedstawia do zaopiniowania opracowane zmiany w programie studiów: Wydziałowej Komisji ds. Kształcenia (WKK), interesariuszom zewnętrznym oraz Wydziałowej Radzie Samorządu Studenckiego (WRSS). Po uzyskaniu pozytywnych rekomendacji zmiany w programie studiów dyskutowane są oraz zatwierdzane w formie głosowania na Radzie Wydziału, a w przypadku pozytywnej decyzji Rady Wydziału zmodyfikowany program studiów kierowany jest do Senackiej Komisji ds. Kształcenia w celu dalszego procedowania przez Senat Uczelni.

Nadzór nad realizacją programu studiów na kierunku TK na WIMiFT pełnią: WZZEU dla kierunku TK oraz WKK. W skład WZZEU wchodzi doświadczeni nauczyciele akademicki, Prodzikan ds. Kształcenia oraz przedstawiciele studentów. WZZEU dla kierunku TK opracowuje i modyfikuje efekty uczenia się w oparciu o charakterystyki Polskiej Ramy Kwalifikacji oraz weryfikuje spójność treści programowych i programu studiów na podstawie opisów zawartych w kartach przedmiotów. Wszelkie informacje i opinie dotyczące programu studiów na kierunku TK oraz zakresu materiału (treści programowych) przekazywane są bezpośrednio do WZZEU dla kierunku TK. W ocenie osiąganych efektów uczenia się na kierunku TK uczestniczą: nauczyciele akademicki, Prodzikan ds. Kształcenia, Dziekan i Rada Wydziału. Podstawą procesu oceniania studentów jest Regulamin studiów pierwszego i drugiego stopnia Politechniki Poznańskiej.

Ocena jakości kształcenia i kwalifikacji kadry dydaktycznej dokonywana jest poprzez analizę: danych zawartych w ankietach ogólnouczelnianych (system eAnkieta), wydziałowych ankietach i hospitacjach zleczanych na podstawie rekomendacji WZZJK, ankietach dotyczących przebiegu studiów analizowanych przez ZZA, a także informacji zawartych w arkuszu oceny nauczyciela akademickiego. eAnkieta jest wewnętrznym systemem Uczelni do okresowej (semestralnej) kontroli jakości kształcenia poprzez uzyskanie informacji zwrotnej od studentów o realizowanych zajęciach dydaktycznych i ich prowadzących. Zakres pytań jest jednolity dla całej Politechniki Poznańskiej. Procedura hospitacji zajęć dydaktycznych jest określona w Uchwale Nr 45/2020-2024 Senatu Akademickiego Politechniki Poznańskiej (z dnia 1 maja 2021) oraz zarządzeniu JM Rektora PP nr 21 (z dnia 02 czerwca 2021) w sprawie zasięgnięcia opinii studentów, doktorantów i absolwentów oraz hospitacji zajęć dydaktycznych. WZZJK w porozumieniu z Prodzikanem ds. Kształcenia opracowuje plan ankiet wydziałowych i hospitacji do 30 października w przypadku semestru zimowego i do 30 marca w przypadku semestru letniego. Za przygotowanie planu ankiet i hospitacji odpowiada przewodniczący WZZJK. Głównymi przesłankami decydującymi o wyborze osób i przedmiotów poddanych procedurze są: wyniki oceny zajęć przez studentów (ankiety), wyników okresowej oceny nauczycieli akademickich oraz innych okoliczności (np. realizacja danej formy zajęć po raz pierwszy, planowane zatrudnienie na innym stanowisku, zgłoszenie sytuacji konfliktowych). W planie hospitacji zawarte są dane dotyczące zajęć (poziom kształcenia, tryb studiów, kierunek, specjalność, semestr, nazwa przedmiotu, forma zajęć, miejsce ich prowadzenia oraz nazwiska hospitowanych pracowników). Za wybór osoby hospitującej odpowiedzialny jest dyrektor instytutu będący przełożonym pracownika, który otrzymuje plan hospitacji po jego zatwierdzeniu przez WZZJK. Pracownicy dziekanatu WIMiFT oraz Centrum Spraw Studenckich podlegają okresowej ocenie, która zarządzana jest przez Prodzikana ds. Kształcenia w porozumieniu z WZZJK (ankietowanie ma charakter zdalny).

WZZJK proponując nauczycieli akademickich (przedmioty i formy zajęć) do ankietowania i hospitacji bierze pod uwagę: czas od poprzedniej ewaluacji prowadzącego, planowany awans nauczyciela akademickiego, opinię bezpośrednich przełożonych oraz studentów (także na podstawie danych uzyskanych z ankiet) i WRSS. Dodatkowo, ZZA organizuje ankiety wśród absolwentów po ostatnim semestrze studiów pierwszego i drugiego stopnia kształcenia i opracowuje raporty dla każdego stopnia

kształcenia kierunku TK. Ocena jakości kształcenia na podstawie ankiet wydziałowych, przeprowadzanych anonimowo, ma na celu monitorowanie i poprawę jakości kształcenia na poszczególnych kierunkach studiów. Ankietowaniem zajmują się członkowie WZZJK (dopuszczalne jest ankietowanie w trybie zdalnym z wykorzystaniem platformy eKursy), a wyniki opracowywane są przez Prodziekana ds. Kształcenia i wykorzystywane m.in. jako jeden z elementów oceny jakości kadry dydaktycznej. Wyniki ankiet, przekazywane są przez Prodziekana ds. Kształcenia dyrektorom instytutów oraz indywidualnie nauczycielowi akademickiemu podlegającemu ankietowaniu; dzięki temu ma on możliwość wyciągnięcia odpowiednich wniosków dotyczących poprawy sposobu prowadzenia zajęć dydaktycznych, jeśli to jest konieczne.

Cykliczna ocena bazy laboratoryjnej oraz systemów informatycznych na WIMiFT dokonywana jest przez Dziekana w porozumieniu z Prodziekanem ds. Kształcenia i WZZEU. Ocena przygotowana jest na podstawie informacji przekazywanych przez opiekuna pracowni lub wyznaczonego przez Dziekana pracownika Wydziału, a także na podstawie opinii nauczycieli akademickich, studentów oraz WZZEU dla kierunków realizowanych na Wydziale. Wymagane jest, aby kompleksową ocenę bazy laboratoryjnej przeprowadzić raz na 4 lata, a w przypadku zgłoszenia konieczności zmian ocena konkretnego laboratorium realizowana jest w terminie do 30 dni od daty decyzji Prodziekana ds. Kształcenia.

Ocena zasobów bibliotecznych dokonywana jest przez Dziekana w porozumieniu z Prodziekanem ds. Kształcenia, WZZEU i WZZJK, a także przez członków Rady Bibliotecznej Politechniki Poznańskiej z WIMiFT, na podstawie zgłoszenia konieczności zmian. Ocena przygotowana jest na podstawie opinii nauczycieli akademickich prowadzących zajęcia dydaktyczne na Wydziale, opinii studentów wyrażonych w ankietach, opinii pracownika biblioteki wydziałowej oraz informacji posiadanych przez Dziekana i Prodziekana ds. Kształcenia, a także WZZJK. Pracownikom dydaktycznym Wydziału zwraca się także uwagę na coroczną akcję uzupełnienia bazy literaturowej przez Bibliotekę Centralną Politechniki Poznańskiej, co wymaga terminowego wypełnienia stosownego formularza i przesłania do odpowiedniego organu.

3. Opis prowadzonej działalności naukowej w dyscyplinie lub dyscyplinach

Kształcenie na poziomach kwalifikacji 6 - 8 PRK wymaga wysoko wykwalifikowanej kadry badawczo-dydaktycznej, która prowadzi badania naukowe na wysokim, światowym poziomie. O jakości naukowej kadry badawczo-dydaktycznej WIMiFT świadczy uzyskana w 2022 roku kategoria A+ w dyscyplinie inżynieria materiałowa.

Pracownicy WIMiFT są aktywnymi naukowcami publikującymi wyniki prac w wysoko punktowanych czasopismach z listy Journal Citation Reports (JCR), przykładowo w następujących czasopismach: **Advanced Functional Materials** (IF: 19,0; MNiSW: 200), **Journal of the American Chemical Society** (IF: 16,4; MNiSW: 200), **Nature Communications** (IF: 16,6; MNiSW: 200), **Journal of Materials Chemistry A** (IF: 11,9; MNiSW: 200), **Carbon** (IF: 11,3; MNiSW: 140), **Physical Review Letters** (IF: 9,2; MNiSW: 200), **Science of the Total Environment** (IF: 10,8; MNiSW: 200), **Green Chemistry** (IF: 10,2; MNiSW: 200).

W podsumowaniu opisu zamieszczono wykaz przykładowych publikacji z ostatnich lat; nazwiska autorów będących pracownikami lub doktorantami WIMiFT zostały wyróżnione podkreśleniem. Istotną część tych publikacji jest bezpośrednio tematycznie powiązana z nowym kierunkiem studiów technologie kwantowe (TK).

Treści kształcenia na kierunku TK są ściśle powiązane z badaniami prowadzonymi na WIMiFT, a uwzględniając interdyscyplinarny charakter kierunku studiów - również w innych jednostkach Politechniki Poznańskiej. Program studiów uwzględnia przygotowanie studentów pierwszego stopnia do prowadzenia badań naukowych w przyszłości, a także umożliwia im bezpośredni udział w badaniach bieżących.

W ramach dyscypliny dominującej na kierunku TK inżynieria materiałowa (51 %), wyróżnia się następujące główne obszary priorytetowe badań, będące jednocześnie istotnymi kierunkami rozwoju samej dyscypliny:

1. Badania nanomateriałów i nanoukładów

Szeroko rozumianą intencją wysiłków podejmowanych w zakresie badań nanomateriałów i nanoukładów pozostaje ukierunkowane działanie zmierzające do opracowywania technologii nowych materiałów, na poziomie atomowym i molekularnym, o zaprojektowanej strukturze, właściwościach i potencjalnych zastosowaniach. Tematyka budzi zainteresowanie wielu dziedzin nauki, obejmujących m.in.: inżynierię materiałową, fizykę, chemię, biotechnologię, medycynę. Otwiera to tym samym wiele obszarów aplikacyjnych wpływających potencjalnie na rozwój i innowacyjność gospodarki w wielu aspektach jej funkcjonowania. Prowadzone badania w obszarze nanomechaniki i nanotribologii, ukierunkowane są na badania właściwości mechanicznych układów molekularnych oraz nanostruktur za pomocą spektroskopii sił atomowych, a także badania mechanizmów tarcia w skali nanometrowej. W zakresie obszaru fotofizyki i fotochemii molekularnej główne zainteresowanie pozostaje skupione na układach dla fotowoltaiki w oparciu o nowoczesne materiały na bazie organiczno-nieorganicznych perowskitów, które zapewnić mogą oczekiwaną wydajność komórki fotowoltaicznej. Wiąże się to m.in. z rozwinięciem technologii cienkich, transparentnych elektrod węglowych stosowanych w fotowoltaice oraz w ogniwach litowo-jonowych. Przewiduje się również kontynuowanie badań barwników porfiryńowych i ich pochodnych jako potencjalnych fotouczulaczy molekularnych dla terapii/diagnostyki fotodynamicznej, a także badań hybrydowych koniugatów typu oligomery RNA/DNA oraz nanocząstek metalicznych z barwnikami organicznymi dla aplikacji w nowoczesnej medycynie. Niewątpliwie kluczowymi w ujęciu ogólnym tego obszaru, pozostają również badania powierzchni w nanoskali. Należy tym samym wyróżnić dodatkowo zagadnienia badań właściwości strukturalnych oraz elektronowych powierzchni i nanostruktur ciał stałych – w szczególności podstawowych relacji pomiędzy wielkością, orientacją i strukturą nanoobjektów a ich właściwościami fizyko-chemicznymi w nanoskali. Istotnym aspektem jest także wytwarzanie i badanie nanostruktur krzemków i germanków metali, niskowymiarowych struktur cząsteczek organicznych oraz grafenu i materiałów grafeno-podobnych pod kątem ich zastosowań w elektronice o dużej skali integracji.

2. Technologie materiałów funkcjonalnych, wielofunkcyjnych i materiałów o projektowanych właściwościach

Wyróżniony obszar obejmuje swoim zakresem opracowanie technologii i badania nowych materiałów, których właściwości zmieniają się w polu elektrycznym, magnetycznym, elektromagnetycznym, polu temperatury lub polu naprężeń. Badania dotyczą tzw. materiałów inteligentnych, których główne zastosowania to elementy czynne dla elektroniki i mikroelektroniki, sensory, katalizatory reakcji i procesów, aktywatory i konwertery. Dla powyższego obszaru priorytetowego przewiduje się dalsze skoncentrowanie wysiłków na charakterystyce materiałów funkcjonalnych. Kierunkowe działania obejmują zarówno charakteryzację materiałów monokrystalicznych z rodziny wieloskładnikowych roztworów stałych o strukturze perowskitu (znajdujących zastosowanie jako podłoża w procesie wytwarzania warstw epitaksjalnych), jak i materiałów elektrodowych (dla technologii ogniw paliwowych). Do analogicznych działań zaliczają się również badania struktury oraz właściwości oscylacyjnych i optycznych wielofunkcyjnych kryształów, cienkich warstw krystalicznych, materiałów mikrokrystalicznych oraz kompozytów polimerowych domieszkowanych jonami ziem rzadkich, do zastosowań w optoelektronice i fotonice. Odrębną grupę stanowią kompozyty nanomateriałów węglowych z drewnem i celulozą, dla potencjalnych zastosowań do ochrony środowiska. Działania dodatkowe skupiają się na charakteryzacji polimerów, cieczy jonowych, zawartych w matrycach polimerowych i nanokompozytów polimerowych wykorzystywanych w dziedzinie telekomunikacji, mikrolitografii oraz przemyśle ogniw polimerowych, a także cienkowarstwowych struktur organicznych osadzanych na podłożach stałych oraz heterostruktur półprzewodnikowych, do zastosowań w optoelektronice i fotowoltaice. Pobocznym, lecz niezwykle istotnym, obszarem pozostaje również charakteryzacja struktur węglowych w postaci grafenu, grafitu, nanorurek oraz mikro- i nanostruktur diamentowych wytwarzanych metodą HF CVD, a także badania zmodyfikowanych elektrod węglowych do wytwarzania wodnych kondensatorów elektrochemicznych. W obszarze charakteryzacji znajdują również miejsce badania śladów węglowych występujących w produktach zużycia elementów maszyn w wyniku tarcia, jak również badania materiałów farmaceutycznych (leki nowej generacji), układów biomimetycznych oraz biomateriałów występujących w organizmie człowieka lub stosowanych w różnych dziedzinach medycyny, takich jak stomatologia czy ortopedia.

W obszarze technologicznym wyróżnić można natomiast prace zmierzające do wytworzenia cienkowarstwowych, półprzewodnikowych sensorów fizycznych, głównie sensorów pola magnetycznego działających w oparciu o efekt Halla oraz efekt nadzwyczajnego magnetooporu z wykorzystaniem ultracienkich warstw półprzewodnikowych oraz grafenu. Istotny jest tu wątek prac nad optymalizacją (m.in. miniaturyzacją) sensorów śladowych stężeń gazów, dla zastosowań w monitorowaniu procesów przemysłowych, w medycynie i biologii oraz detekcji zanieczyszczeń środowiska, o dużym potencjale wdrożeniowym badań.

Uzupełnieniem wyróżnionego obszaru priorytetowego pozostaje wytwarzanie mikro- i nanostruktur, obejmujące charakterystykę procesów agregacji molekularnej w dwuwymiarowych warstwach tworzonych przez barwniki organiczne, otrzymywanych techniką Langmuira i Langmuira-Blodgett (LB) oraz wylewania strefowego. Zaplanowane w powyższy sposób działania pozwalają na badanie procesów adsorpcji i organizacji molekularnej supermagnetycznych nanocząstek w modelowych błonach biologicznych wytwarzanych metodą Langmuira i LB z nasyconych i nienasyconych fosfolipidów (materiały te są wykorzystywane do zastosowań w medycynie molekularnej), jak również badań barwników organicznych i materiałów o właściwościach ciekłokrystalicznych dla zastosowań w optoelektronice i fotonice oraz technice laserowania randomicznego, a także termotropowych ciekłych kryształów i nanocząstek dyspergowanych dla potencjalnych zastosowań w optoelektronice.

3. Inżynieria i metrologia kwantowa

Wyróżniony priorytetowy obszar obejmuje m.in. zagadnienia dotyczące przejść zegarowych w atomach dla zastosowań w optycznych zegarach atomowych i nuklearnych, przejść do chłodzenia laserowego w atomach, a także sensorów kwantowych opartych na centrach barwnych w kryształach. Badania te prowadzone są metodami precyzyjnej spektroskopii laserowej – podwójnego rezonansu optyczno-mikrofalowego na strumieniu swobodnych atomów (ABMR-LIRF), fluorescencji indukowanej promieniowaniem laserowym (LIF) w lampie wyładowczej z katodą wnąkową i na strumieniu atomowym, a także rezonansu magnetycznego z detekcją optyczną (ODMR). Niezwykle istotnym podjętym w ostatnich latach nurtem są obliczenia wykonywane na symulatorach komputerów kwantowych lub bezpośrednio na komputerze kwantowym.

W ramach zestawienia publikacji w podsumowaniu opisu wskazano również istotniejsze opublikowane już prace związane z obszarem inżynierii i metrologii kwantowej. Badania w tej dziedzinie realizowane są w sposób ciągły, kilka kolejnych prac jest obecnie w przygotowaniu.

Wspomniane wyżej badania swobodnych atomów zmierzają m.in. do ich potencjalnego wykorzystania w charakterze materiałów kwantowych. W tym celu realizowane są pomiary czynników Landé'go, wyznaczanie stałych struktury nadsubtelnej oraz wyznaczanie wartości energii poziomów elektronowych przez identyfikację poziomów w niesklasyfikowanych liniach widmowych. Dodatkowe uzupełnienie stanowią obliczenia semi-empiryczne struktury subtelnej i nadsubtelnej oraz parametryzacja prawdopodobieństw przejść i czasów życia poziomów elektronowych. To kompleksowe podejście ma na celu stworzenie propozycji różnych aplikacji tych ośrodków w dziedzinie technologii kwantowych. W rezultacie powstały już propozycje schematów chłodzenia laserowego dla wybranych pierwiastków (atomy manganu, terbu i holmu), a kolejne są obecnie w trakcie opracowywania (atomy kobaltu i lutetu – w kontekście możliwości uzyskania kondensatu Bosego-Einsteina). Kolejna propozycja dotyczy potencjalnego efektu elektromagnetycznie wymuszonej przezroczystości (dla atomu terbu). Prowadzono też badania nad systemami poziomów elektronowych korzystnych pod kątem ultraprecyzyjnych pomiarów zmian czasowych stałych fizycznych, w szczególności stałej struktury subtelnej α (w atomie holmu).

Odłącznym zagadnieniem pozostają optyczne zegary atomowe. Pod tym kątem prowadzone są eksperymentalne i teoretyczne badania struktury nadsubtelnej, czy też wyznaczanie metodą semi-empiryczną prawdopodobieństw przejść i czasów życia poziomów elektronowych. Badania takie realizowano już dla atomów manganu i chromu; w drugim przypadku zaproponowano przejście zegarowe w zakresie podczerwieni oraz schematy jego detekcji. Naturalną kontynuacją tego nurtu są podjęte obecnie badania w kontekście potencjalnych przejść zegarowych w podczerwieni dla atomów erbu, dysprozu, holmu i europu. W kooperacji międzynarodowej (z jednym z wiodących światowych ośrodków w tej dziedzinie – Physikalisch-Technische Bundesanstalt w Brunshwiku w Niemczech,

o statusie niemieckiego narodowego instytutu metrologicznego) prowadzono także badania pomocnicze nad realizacją unikalnego optycznego zegara nuklearnego na izotopie ^{229}Th , m.in. w oparciu o powierzchniowo domieszkowane jonami Th^{3+} transparentne podłoża, takie jak np. CaF_2 .

W wyróżnionym obszarze ujęto także zagadnienia technologii i materiałów do budowy sensorów kwantowych dla różnych wielkości fizycznych (jak temperatura czy pole magnetyczne). Przeprowadzono m.in. badania zmierzające do wyznaczenia zależności sygnału rezonansu magnetycznego z detekcją optyczną (ODMR) dla centrów barwnych NV^0 w diamentach, a także ich widm fluorescencji, od długości fali wzbudzenia laserowego, w celu optymalizacji czułości metody ODMR pod kątem aplikacji w technologiach kwantowych (sensory kwantowe, procesory kwantowe). Skonstruowany został także prosty termometr kwantowy na mikrodiamentach z centrami NV^0 , z możliwością zastosowania w laboratorium dydaktycznym. Przeprowadzono systematyczne badania zależności sygnału ODMR od temperatury, z wykorzystaniem dedykowanej uproszczonej procedury wyznaczania częstości rezonansowej. Przeanalizowano również efekt tzw. grzania laserowego dla próbek zawierających liczne naturalnie występujące zanieczyszczenia.

W ramach kooperacji z zespołem badawczym z Wydziału Informatyki i Telekomunikacji realizowany jest obecnie Interdyscyplinarny Grant Rektorski „Prekursory warstwy fizycznej Kwantowego Internetu Rzeczy (Q-IoT)”.

Niezależnym nowym nurtem badawczym jest realizacja obliczeń na komputerach kwantowych. Prowadzone są prace badawcze w zakresie m.in. sensoryki i obrazowania kwantowego, w tym również z udziałem studentów I i II stopnia kształcenia kierunków studiów dotychczas realizowanych na WIMiFT (Fizyka Techniczna, Edukacja Techniczno-Informatyczna). Ostatnio np. wykorzystano kwantową transformatę Fouriera do analizy rzeczywistych obrazów powierzchni materiałów. Ten nurt badawczy powinien być szczególnie interesujący dla studentów nowego kierunku studiów technologie kwantowe, w związku z tym należałoby oczekiwać ich aktywnego zaangażowania w dalsze przedsięwzięcia w tej dziedzinie.

Należy uwzględnić również kompetencje badawcze związane z architekturą komputerów kwantowych uzyskane przy realizacji projektów:

- na Politechnice Poznańskiej:
 - „Wyznaczanie wartości wyższych momentów jądra ^{141}Pr metodą podwójnego rezonansu optyczno-radiowego w pułapce Paula”,
 - „Budowa zestawu do spektroskopii swobodnych jonów w pułapce Paula. Wyznaczanie statycznych parametrów jąder atomów ziem rzadkich”,
 - „Wyznaczanie wyższych momentów jądrowych w pułapce Paula”;
- w Krajowym Laboratorium FAMO w Toruniu:
 - „Nowoczesne metody fizyki zimnej materii i inżynierii kwantowej. Część (b): Badania małych zespołów jonów w pułapkach”;
- we współpracy międzynarodowej:
 - projekt Fundacji Volkswagena - „Bestimmung der höheren Kernmomente von Eu in einer Paulschen Hochfrequenzfalle”,
 - Specific Targeted Research Project - „Quantum computer with trapped electrons in vacuum – QUELE”.

4. Zaawansowane materiały konstrukcyjne i funkcjonalne

Obszar obejmuje badania dotyczące szerokiej gamy materiałów metalicznych, kompozytowych, ceramicznych i nanomateriałów o właściwościach mechanicznych i fizyko-chemicznych, znacznie przewyższających materiały konwencjonalne. Badane układy stwarzają potencjalną perspektywę rozwoju innowacyjnych technologii materiałowych uwzględniających zaawansowane technologie wytwórcze. Obszar priorytetowy w powyższym zakresie obejmuje w pierwszej kolejności badania oraz wytwarzanie mikro i nanostruktur funkcjonalnych. Układy takie cechuje możliwość precyzyjnej kontroli stechiometrii i czystości, a niekonwencjonalne metody ich wytwarzania i konsolidacji zapewniają unikatowy zespół właściwości użytkowych i funkcjonalnych. W zakresie rozwiązań materiałowych pozostających w głównym nurcie zainteresowania można wyróżnić bionanomateriały (które

charakteryzują się lepszą odpornością na korozję, większą wytrzymałością, a także zdecydowanie lepszą biokompatybilnością). Materiały porowate, w tym pianki metaliczne (w zakresie mechanizmu wytwarzania pianek metalicznych ze stopów o dobrej biouzgodności) i struktury porowate sprzyjające szybkiemu i głębokiemu narastaniu tkanki kostnej, skutkując lepszym posadowieniem implantu w kości. Pobocznym wątkiem, lecz niezwykle istotnym, pozostają badania obejmujące również struktury kompozytowe na osnowach metalicznych wzmacnianych cząstkami faz twardych i supertwardych, układy perowskitowe i układy wysokoentropowe.

W zakresie zasadniczym obszaru priorytetowego wyodrębniono również technologie materiałów do produkcji i magazynowania energii, w tym układów zdolnych odwracalnie absorbować wodór (do zastosowań jako ujemna elektroda w ogniwie - nowe źródła energii), a także stopy i związki międzymetaliczne, nowe materiały na elektrody o znacznie większej pojemności magazynowania wodoru i lepszej stabilności pracy oraz materiały dla ogniw z elektrolitem stałym uwzględniające opracowanie samych materiałów i technologii ich wytwarzania.

5. Zaawansowane technologie inżynierii powierzchni

Wyróżniony kierunek priorytetowy obejmuje badania dotyczące szeroko pojętej inżynierii powierzchni w tym metody modyfikacji warstwy wierzchniej materiałów celem poprawy ich właściwości użytkowych. Istotne jest tu powiązanie w ramach dyscypliny priorytetowej badań prowadzonych w skali atomowej z metodami makroskopowymi. Analizowane metody oraz opracowywane technologie modyfikacji wyrobów użytkowych, stwarzają realne perspektywy rozwoju innowacyjnych technologii dla wielu sektorów gospodarki oraz przemysłu w tym również ciężkiego, takich jak metalurgia, energetyka, budowa maszyn, lotnictwo czy kosmonautyka, mikroinżynieria, metrologia kwantowa. Zakres obszaru priorytetowego uwzględnia modyfikację powierzchni technikami wiązkowymi i wytwarzanie powłok metodami natryskowymi.

W ujęciu szczegółowym odnosi to się do wytwarzania warstw modyfikowanych funkcjonalnych o zróżnicowanych względem podłoża właściwościach przy użyciu technik laserowych, a także wytwarzania powłok metodami natryskowymi w szerokim ujęciu skierowane na przemysł maszynowy. Badania te oparte są o wieloletnią współpracę z sektorem przemysłowym w zakresie wsparcia badawczego jak również wiedzy eksperckiej w zakresie projektów inwestycyjnych i wdrożeniowych firm z całego kraju, znajdujące również wątki badawczo-użytkowe w obszarze biomateriałowym i modyfikacji implantów kostnych. Dodatkowym działaniem pozostaje zwrócenie uwagi na metody modyfikacji powierzchni przy użyciu technik gazowych oraz hybrydowych obróbki z analizą i wytwarzaniem warstw borowanych i boronawęglanych w technologiach gazowych, a także analizą i wytwarzaniem warstw modyfikowanych przy użyciu technologii hybrydowych.

Wykaz ważniejszych publikacji (w tym związanych tematycznie z kierunkiem studiów TK):

1. J. Kałużny, Ł. Wojciechowski, T. Runka, S. Boncel, A. A. Marek, K. Grochalski, B. Gapiński, M. Skrzypek, M. Nowicki, P. Błaszkiwicz, A. P. Terzyk, M. Giedrowicz, Minimal metal-CNT-enrichment for maximal lubricity gain: boosting lithium grease performance for general applications, **Carbon**, vol. 248, 121187, 2026.
2. H. Ehrlich, I. Miksik, M. V. Tsurkan, P. Simon, F. Porzucek, J. D. Rybka, M. Mankowska, R. Galli, C. Viehweger, E. Brendler, A. Voronkina, M. Pajewska-Szmyt, A. Tabachnik, K. R. Tabachnick, C. Vogt, M. Wysokowski, T. Jesionowski, T. Buchwald, M. Szybowicz, K. Skieresz-Szewczyk, H. Jackowiak, A. Ereskovsky, A. C. S. De Alcântara, A. M. Dos Santos, C. H. S. Da Costa, S. E. Arevalo, M. S. Skaf, M. J. Buehler, Discovery of mammalian collagens I and III within ancient poriferan biopolymer spongin, **Nature Communications**, vol. 16, 2515, 2025.
3. J. Kałużny, I. Pielecha, P. Błaszkiwicz, S. Boncel, A. Marek, A. P. Terzyk, E. Korczeniewski, T. Runka, M. Nowicki, M. Giedrowicz, Carbon nanotubes as biofuel additives enabling advanced combustion modulation strategies, **Carbon**, vol. 244, 120686, 2025.
4. D. Florjan, P. Radomski, M. J. Szary, Toward enhanced combustion gas monitoring and capture: sulfur vacancies as vectors for selective CO and CO₂ intercalation in MoS₂, **Journal of Materials Chemistry A**, vol. 13, 18571, 2025.

5. G. Szawiola, S. Mieloch, D. Stefańska, P. Głowacki, A. Frajtak, J. Michalczyk, K. Murawski, A. Pruchlat, J. Raczyński, M. Schmidt, J. Sobkowski, M. Wosicki, A. Biadasz, A. Buczek, A. Dychalska, P. Mazerewicz, M. Szybowicz, Thermal Effects in Optically Detected Magnetic Resonance of Nitrogen Vacancies in Diamond: A Quantum Thermometer for a Graduate Teaching Lab, *Journal of Chemical Education*, vol. 102, 1949, 2025.
6. D. Stefańska, S. Mieloch, J. Ruczkowski, M. Klempka, B. Furmann, M. Elantkowska, P. Głowacki, Search for the laser-cooling schemes in the terbium atom, *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, vol. 335, 109375, 2025.
7. H. Orlikowska-Rzeźnik, J. Versluis, H. J. Bakker, Ł. Piatkowski, Cholesterol Changes Interfacial Water Alignment in Model Cell Membranes, ***Journal of the American Chemical Society***, vol. 146, 13151, 2024.
8. M. Balcerzak, R. Urbanczyk, F. Lange, F. A. Helm, J. Ternieden, M. Felderhoff, An insight into separating H₂ from natural gas/H₂ mixtures using Mg-based systems, ***Journal of Materials Chemistry A***, vol. 12, 26280, 2024.
9. D. Aguilar-Ferrer, T. Vasileiadis, I. Iatsunskyi, M. Ziólek, K. Żebrowska, O. Ivashchenko, P. Błaszkiwicz, B. Grześkowiak, R. Pazos, S. Moya, M. Bechelany, E. Coy, Understanding the Photothermal and Photocatalytic Mechanism of Polydopamine Coated Gold Nanorods, ***Advanced Functional Materials***, vol. 33, 2304208, 2023.
10. M. Bazarnik, R. Lo Conte, E. Mascot, K. Von Bergmann, D. K. Morr, R. Wisendanger, Antiferromagnetism-driven two-dimensional topological nodal-point superconductivity, ***Nature Communications***, vol. 14, 614, 2023.
11. J. B. Ponsoni, M. Balcerzak, W. J. Botta, M. Felderhoff, G. Zepon, A comprehensive investigation of the (Ti_{0.5}Zr_{0.5})₁(Fe_{0.33}Mn_{0.33}Cr_{0.33})₂ multicomponent alloy for room-temperature hydrogen storage designed by computational thermodynamic tools, ***Journal of Materials Chemistry A***, vol. 11, 14108, 2023.
12. X. Han, G. Boix, M. Balcerzak, O. H. Moriones, M. Cano-Sarabia, P. Cortés, N. Bastús, V. Puentes, M. Llagostera, I. Imaz, D. MasPOCH, Antibacterial Films Based on MOF Composites that Release Iodine Passively or Upon Triggering by Near-Infrared Light, ***Advanced Functional Materials***, vol. 32, 2112902, 2022.
13. P. Głowacki, D. Stefańska, J. Ruczkowski, M. Elantkowska, Proposed clock transition in atomic chromium and the possible detection schemes, *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, vol. 291, 108331, 2022.
14. M. Chattopadhyay, E. Krok, H. Orlikowska, P. Schwille, H. G. Franquelim, Ł. Piatkowski, Hydration Layer of Only a Few Molecules Controls Lipid Mobility in Biomimetic Membranes, ***Journal of the American Chemical Society***, vol. 143, 14551, 2021.
15. A. Barzakh, A. N. Andreyev, C. Raison, J. G. Cubiss, P. Van Duppen, S. Péru, S. Hilaire, S. Goriely, B. Andel, S. Antalic, M. Al Monthery, J. C. Berengut, J. Bieroń, M. L. Bissell, A. Borschevsky, K. Chrysalidis, T. E. Cocolios, T. Day Goodacre, J.-P. Dognon, M. Elantkowska, E. Eliav, G. J. Farooq-Smith, D. V. Fedorov, V. N. Fedosseev, L. P. Gaffney, R. F. Garcia Ruiz, M. Godefroid, C. Granados, R. D. Harding, R. Heinke, M. Huysse, J. Karls, P. Larmonier, J. G. Li, K. M. Lynch, D. E. Maison, B. A. Marsh, P. Molkanov, P. Mosat, A. V. Oleynichenko, V. Panteleev, P. Pyykkö, M. L. Reitsma, K. Rezyunkina, R. E. Rossel, S. Rothe, J. Ruczkowski, S. Schiffmann, C. Seiffert, M. D. Seliverstov, S. Sels, L. V. Skripnikov, M. Stryczyk, D. Studer, M. Verlinde, S. Wilman, A. V. Zaitsevskii, Large Shape Staggering in Neutron-Deficient Bi Isotopes, ***Physical Review Letters***, vol. 127, 192501, 2021.
16. S. Żółtowska, Z. Bielan, J. Zembruska, K. Sivińska-Ciesielczyk, A. Piasecki, A. Zielińska-Jurek, T. Jesionowski, Modification of structured bio-carbon derived from spongin-based scaffolds with nickel compounds to produce a functional catalyst for reduction and oxidation reactions: Potential for use in environmental protection, ***Science of the Total Environment***, vol. 794, 149692, 2021.
17. K. Ilieva-Makulec, A. Augustyniuk-Kram, I. Olejniczak, K. Karaban, P. Boniecki, M. Nowicki, T. Runka, A. Kulczycki, J. Kałużny, Medium-term response of the natural grassland soil biota to

- multiwalled carbon nanotube contamination, **Science of the Total Environment**, vol. 779, 146392, 2021.
18. P. Głowacki, D. Stefańska, J. Ruczkowski, M. Elantkowska, Estimation of radiative parameters for atomic manganese from the point of view of possible clock transitions and laser cooling schemes, *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, vol. 276, 107898, 2021.
 19. P. Krawczyk, B. Gurzęda, A. Bachar, T. Buchwald, Formation of a N₂O₅-graphite intercalation compound by ozone treatment of natural graphite, **Green Chemistry**, vol. 22, 5463, 2020.
 20. D. Stefańska, B. Furmann, J. Ruczkowski, M. Elantkowska, P. Głowacki, M. Chomski, M. Suski, S. Wilman, Investigations of the possible second-stage laser cooling transitions for the holmium atom magneto-optical trap, *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, vol. 246, 106915, 2020.
 21. J. Thielking, M. V. Okhapkin, P. Głowacki, D. M. Meier, L. von der Wense, B. Seiferle, Ch. E. Düllmann, P. G. Thirolf, E. Peik, Laser spectroscopic characterization of the nuclear-clock isomer ^{229m}Th, **Nature**, vol. 556, 321, 2018.
 22. M. S. Safronova, S. G. Porsev, M. G. Kozlov, J. Thielking, M. V. Okhapkin, P. Głowacki, D. M. Meier, E. Peik, Nuclear charge radii of ²²⁹Th from isotope and isomer shifts, **Physical Review Letters**, vol. 121, 213001, 2018.
 23. D. Stefańska, B. Furmann, P. Głowacki, Possibilities of investigations of the temporal variation of the α constant in the holmium atom, *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, vol. 213, 159, 2018.
 24. I. Marzoli, P. Tombesi, G. Ciaramicoli, G. Werth, P. Bushev, S. Stahl, F. Schmidt-Kaler, M. Hellwing, C. Henkel, I. Jex, E. Stachowska, G. Szawiola, A. Walaszyk, Experimental and theoretical challenges for the trapped electron quantum computer, *Journal of Physics B – Atomic, Molecular and Optical Physics*, vol. 42, 154010, 2009.
 25. E. Stachowska, G. Szawiola, A. Buczek, W. Koczorowski, B. Furmann, A. Krzykowski, D. Stefańska, A. Walaszyk, A. Jarosz, J. Dembczyński, A way to the engineering of the quantum states of trapped ions: report of work in progress, *Optica Applicata*, vol. 36, 581, 2006.

4. Opis kompetencji oczekiwanych od kandydata ubiegającego się o przyjęcie na studia

Kandydat na kierunek technologie kwantowe powinien posiadać wiedzę z zakresu matematyki i fizyki na poziomie szkoły średniej, w szczególności obejmującą podstawy algebry, geometrii, analizy matematycznej oraz fizyki klasycznej. Oczekiwana jest umiejętność logicznego i analitycznego myślenia oraz rozwiązywania problemów o charakterze ilościowym. Kandydat powinien interesować się naukami ścisłymi i nowoczesnymi technologiami, zwłaszcza w obszarach związanych z fizyką, informatyką i inżynierią materiałową. Powinien być przygotowany do uczenia się nowych, także abstrakcyjnych zagadnień, a także do systematycznego rozwijania wiedzy i umiejętności. Od kandydata na kierunek studiów TK oczekuje się również samodzielności i motywacji do zdobywania wiedzy. Istotnym wymogiem jest znajomość języka angielskiego na poziomie umożliwiającym uczestnictwo w zajęciach prowadzonych w tym języku oraz korzystanie z literatury specjalistycznej.

O przyjęciu kandydata na studia na kierunku TK decyduje procedura rekrutacyjna. Warunki rekrutacji na studia ustalane są na dany rok akademicki. Rekrutacja kandydatów na studia pierwszego stopnia na kierunek TK odbywa się według wspólnych zasad obowiązujących w Politechnice Poznańskiej, na podstawie uchwały Senatu Akademickiego, w sprawie warunków i trybu przyjmowania na I rok studiów w danym roku akademickim. W uchwale określone jest: postępowanie kwalifikacyjne, limity rekrutacyjne, wymagane dokumenty, wzory dokumentów, harmonogram rekrutacji i zasady potwierdzania efektów uczenia się. Z pominięciem postępowania kwalifikacyjnego na I rok studiów na Politechnice Poznańskiej, w tym na kierunek TK, przyjmowani są laureaci i finaliści olimpiad stopnia centralnego oraz laureaci konkursów międzynarodowych i ogólnopolskich. Warunki i tryb przyjmowania laureatów i finalistów olimpiad stopnia centralnego oraz laureatów konkursów międzynarodowych i ogólnopolskich ustalane są na dany rok akademicki oraz zapisane są w odpowiedniej uchwale Senatu Akademickiego Politechniki Poznańskiej.

5. Przewidywany harmonogram realizacji programu studiów w poszczególnych semestrach i latach cyklu kształcenia

Harmonogram realizacji programu studiów (O – ogółem, W – wykład, C – ćwiczenia, L – laboratorium, P – projekt, ECTS – liczba punktów ECTS, E – egzamin).

Lp.	Nazwa przedmiotu	Liczba godzin					ECTS	E
		O	W	C	L	P		
SEMESTR I								
1	Analiza matematyczna Mathematical analysis	90	45	30	15		6	1
2	Algebra liniowa z elementami matematyki dyskretnej Linear algebra with elements of discrete mathematics	60	30	15	15		4	
3	Podstawy programowania i algorytmiki klasycznej Basics of programming and classical algorithms	60	30		30		4	
4	Fizyka klasyczna dla technologii kwantowych I Classical physics for quantum technologies I	75	45	30	0		5	1
5	Podstawy metodologii laboratoryjnej Basics of laboratory methodology	30			30		2	
6	Grafika inżynierska Engineering graphics	30	15		15		2	
7	Wstęp do fizyki i inżynierii kwantowej Introduction to quantum physics and engineering	75	30	30	15		5	1
8	Komunikacja interpersonalna Interpersonal communication	15	15				1	
9	Etyka i aksjologia Ethics and axiology	15	15				1	
10	Szkolenie biblioteczne Library training	1		1				
11	Podstawowe szkolenie z zakresu BHP HSE (Health and safety executive) training	4	4					
Razem w semestrze I:		455	229	106	120		30	3
SEMESTR II								
12	Metody matematyczne kwantowej inżynierii i informatyki Mathematical methods of quantum engineering and computing	60	30	15	15		4	
13	Programowanie niskopoziomowe Low-level programming	60	30		30		4	
14	Fizyka klasyczna dla technologii kwantowych II Classical physics for quantum technologies II	60	30	30	0		4	1
15	Optyka i fotonika inżynierska Engineering optics and photonics	60	30	15	15		4	1
16	Elektrotechnika dla inżynierii kwantowej Electrical engineering for quantum engineering	60	30	15	15		4	
17	Mechanika kwantowa I Quantum mechanics I	60	30	30	0		4	1
18	Wstęp do programowania komputerów kwantowych Introduction to quantum computer programming	60	30		30		4	
19	Wychowanie fizyczne Physical activity course	30		30				
20	Język obcy I Foreign languages I A. język angielski English B. język niemiecki German C. język polski Polish	30		30			2	

Razem w semestrze II:		480	210	165	105		30	3
SEMESTR III								
21	Systemy optoelektroniczne inżynierii kwantowej Optoelectronic systems of quantum engineering	60	30		15	15	4	
22	Elektronika analogowa dla inżynierii kwantowej Analog electronics for quantum engineering	60	30		30		4	
23	Mechanika kwantowa II Quantum mechanics II	60	30	30			4	1
24	Kwantowa teoria informacji i termodynamiki Theory of quantum information and thermodynamics	60	30	15	15		4	1
25	Podstawy fizyki i chemii struktur atomowych i molekularnych Fundamentals of physics and chemistry of atomic and molecular structures	60	30	15	15		4	
26	Kanony algorytmów kwantowych Canons of quantum algorithms	60	30		15	15	4	1
27	Technologie próżniowe i kriogeniczne Vacuum and cryogenic technologies	45	30		15		3	
28	Język obcy II Foreign languages III A. język angielski English B. język niemiecki German C. język polski Polish	45		45			3	
29	Wychowanie fizyczne Physical activity course	30		30				
Razem w semestrze III:		480	210	135	105	30	30	3
SEMESTR IV								
30	Elektronika cyfrowa i mikroelektronika dla inżynierii kwantowej Digital electronics and microelectronics for quantum engineering	60	30		15	15	4	
31	Kwantowa fizyka i elektronika fazy skondensowanej Quantum Condensed Matter Physics and Electronics	60	30	15	15		4	
32	Podstawy fizyki powierzchni, nanotechnologii i nanoinżynierii Fundamentals of surface physics, nanotechnology and nanoengineering	60	30	15	15		4	
33	Wstęp do kwantowo-optycznej kontroli stanów kubitów Introduction to quantum-optical control of qubit states	60	30	15	15		4	1
34	Wstęp do fotonicznego kwantowego przetwarzania informacji Introduction to photonic quantum information processing	60	30	15	15		4	1
35	Modelowanie i symulacje molekularne oraz materiałowe w skali atomowej Atomic-scale molecular and materials modeling and simulations	60	30		15	15	4	
36	Przedmiot obieralny humanistyczny I Elective course in humanities I A. Podstawy prawa pracy i zarządzania Fundamentals of labour law and management B. Podstawy informacji w biznesie Fundamentals of business information	30	30				2	
37	Język obcy III Foreign languages III	45		45			4	1

	A. język angielski English B. język niemiecki German C. język polski Polish							
Razem w semestrze IV:		435	210	105	90	30	30	3
SEMESTR V								
38	Techniki wysokich częstotliwości i krótkich impulsów w inżynierii kwantowej High frequency and fast pulse techniques in quantum engineering	45	30		15			3
39	Cyfrowa aparatura kontrolno-pomiarowa Digital instrumentation for control and measurement	45	30		15			3
40	Podstawy architektury komputerów kwantowych Fundamentals of quantum computer architecture	60	30		15	15		5 1
41	Podstawy kwantowej sensoryki i metrologii Fundamentals of Quantum Sensing and Metrology	60	30		15	15		5 1
42	Podstawy komunikacji kwantowej Fundamentals of quantum communication	60	30		15	15		5 1
43	Materiały, struktury i obwody nadprzewodzące Superconducting materials, structures and circuits	45	30	15				3
44	Kwantowe właściwości magnetyczne i spintroniczne materiałów Quantum magnetic and spintronic properties of materials	45	30	15				3
45	Podstawy algorytmów kwantowych i hybrydowych modelowania materiałów Fundamentals of quantum and hybrid algorithms of materials modelling	45	30		15			3
Razem w semestrze V:		405	240	30	90	45		30 3
SEMESTR VI								
46	Wstęp do inżynierii systemów opartej na modelach Introduction to model-based system engineering	45	30		15			3
47	Zastosowania algorytmów uczenia maszynowego w inżynierii materiałowej Application of machine-learning algorithms in materials engineering	45	30		15			3 1
48	Pracownia specjalistyczna inżynierska Pre-diploma laboratory	75			75			5
49	Seminarium przeddyplomowe inżynierskie Pre-diploma seminar	30				30		2
50	Praktyka zawodowa Work placement	160						6
51	Przedmiot obieralny I Elective course I A. Architektura i programowanie komputerów kwantowych na obwodach nadprzewodzących Superconducting-circuit quantum computer architecture and programming B. Architektura i programowanie komputerów kwantowych na uwięzionych jonach i atomach Trapped-ion and atom quantum computer architecture and programming C. Architektura i programowanie fotonicznych komputerów kwantowych Photonic quantum computer architecture and programming	45	30			15		3 1
52	Przedmiot obieralny II Elective course II A. Zastosowanie nadprzewodników w metrologii	45	30			15		3 1

	<p>kwantowej i obrazowaniu Applications of superconductors in quantum metrology and imaging</p> <p>B. Zastosowanie izolowanych struktur i zespołów atomowych w metrologii kwantowej Applications of isolated structures and atomic ensembles in quantum metrology</p> <p>C. Kwantowa sensoryka i metrologia fotoniczna Photonic quantum sensing and metrology</p>								
53	<p>Przedmiot obieralny III Elective course III</p> <p>A. Materiałowe, sprzętowe i algorytmiczne metody kwantowego szyfrowania danych Material, hardware and algorithmic quantum data encryption methods</p> <p>B. Materiałowe implementacje modułów funkcjonalnych sieci komunikacji kwantowej Material implementations of functional modules of quantum communication networks</p> <p>C. Implementacje systemów kwantowej dystrybucji klucza Implementations of quantum key distribution systems</p>	45	30			15		3	
54	<p>Przedmiot obieralny humanistyczny II Elective course in humanities II</p> <p>A. Negocjacje w biznesie Business negotiations</p> <p>B. Zarządzanie zespołem pracowniczym Employee team management</p>	30	30					2	
Razem w semestrze VI:		360	180			105	75	30	3
SEMESTR VII									
55	Seminarium dyplomowe inżynierskie Diploma seminar	15				15		4	
56	Pracownia dyplomowa inżynierska Engineering capstone project	75				75		12	
57	Praca dyplomowa inżynierska Engineering diploma thesis	60			60			8	
58	Ochrona praw własności intelektualnej i postępowanie patentowe Protection of intellectual property rights and patent proceedings	30	30					2	
59	<p>Przedmiot obieralny IV Elective course IV</p> <p>A. Wstęp do przetwarzania informacji kwantowej z użyciem zmiennych ciągłych Introduction to continuous-variable quantum information processing</p> <p>B. Adyabatyczne obliczenia kwantowe Adiabatic quantum computation</p> <p>C. Kwantowa sztuczna inteligencja w nauce o materiałach i inżynierii materiałowej Quantum AI in materials science and engineering</p>	30	30					2	
60	<p>Przedmiot obieralny V Elective course V</p> <p>A. Wzorce oraz systemy dystrybucji czasu i częstotliwości Standards and distribution systems for time and frequency</p> <p>B. Systemy rozproszone kwantowego i hybrydowego przetwarzania danych metrologicznych</p>	30	30					2	

	Distributed systems for quantum and hybrid processing of metrological data C. Obliczenia kwantowe w przetwarzaniu sygnałów oraz obrazów medycznych i satelitarnych Quantum computing for signal, medical and satellite image processing							
Razem w semestrze VII:		240	90		60	90	30	
Razem:		2855	1369	541	675	270	210	18

6. Karty opisu przedmiotów (karty ECTS) są publikowane na stronie internetowej Politechniki Poznańskiej.