

KARTA OPISU MODUŁU KSZTAŁCENIA		
Nazwa modułu/przedmiotu Metrologia kwantowa		Kod 1010803111010832686
Kierunek studiów Technologie Telekomunikacyjne	Profil kształcenia (ogólnoakademicki, praktyczny) ogólnoakademicki	Rok / Semestr 1 / 1
Ścieżka obieralności/specjalność -	Przedmiot oferowany w języku: polski	Kurs (obligatoryjny/obieralny) obieralny
Stopień studiów: III stopień	Forma studiów (stacjonarna/niestacjonarna) stacjonarna	
Godziny Wykłady: 15 Ćwiczenia: - Laboratoria: - Projekty/seminaria: -		Liczba punktów 2
Status przedmiotu w programie studiów (podstawowy, kierunkowy, inny) kierunkowy		(ogólnouczelniany, z innego kierunku) z danego kierunku
Obszar(y) kształcenia i dziedzina(y) nauki i sztuki nauki techniczne		Podział ECTS (liczba i %) 2 100%
Odpowiedzialny za przedmiot / wykładowca:		
prof. dr hab. inż. Waldemar Nawrocki email: nawrocki@et.put.poznan.pl tel. 61653888 Elektoniki i Telekomunikacji ul. Piotrowo 3A, 60-965 Poznan		
Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności, kompetencji społecznych:		
1	Wiedza:	Posiada znajomość fizyki (z mechaniką kwantową) oraz metrologii elektrycznej i elektronicznej w zakresie podstawowym. Zna elementy teorii pomiaru a zwłaszcza obliczania niepewności wyniku pomiaru.
2	Umiejętności:	Potrafi łączyć układy elektryczne z wykorzystaniem podstawowych przyrządów laboratoryjnych: zasilaczy, multimetrów, oscyloskopów, generatorów sygnałowych. Potrafi stosować zasady bezpieczeństwa i higieny pracy. (K1_U27)
3	Kompetencje społeczne	1. Zna ograniczenia własnej wiedzy i umiejętności, rozumie konieczność dalszego dokształcania się. 2. Potrafi realizować projekty zespołowe. (K1_K02)
Cel przedmiotu:		
Poznanie systemu miar i kierunku jego rozwoju. Poznanie pojęć w metrologii kwantowej i zakresu tego działu metrologii. Poznanie zjawisk fizycznych, które są podstawą działania przyrządów metrologii kwantowej. Poznania zasady działania i budowy kwantowych wzorców jednostek fizycznych: zegarów atomowych, wzorców napięcia, prądu i oporu elektrycznego. Poznanie zasad konstruowania układów elektronicznych niskoszumowych. Poznanie w praktyce laboratoryjnej ochrony układów przed zakłóceniami oraz sposobów zmniejszania poziomu szumu własnych układów. Uczestnictwo studentów w eksperymentach wykazujących kwantowy charakter budowy materii.		
Efekty kształcenia i odniesienie do kierunkowych efektów kształcenia		
Wiedza:		
1. Doktorant zna zasady tworzenia systemu miar, ograniczenia metrologiczne i technologiczne systemu miar, kierunki rozwoju systemu miar. Student zna różnice między definicją jednostki miary a wzorcem do odtwarzania tej jednostki. - [(SD_W01)] 2. Zna zasady studiów literaturowych w pierwszym etapie badań - [(SD_W02)] 3. Doktorant zna zasady działania, rodzaje i parametry klasycznych i kwantowych wzorców oporu elektrycznego - [(SD_W03)]		
Umiejętności:		

<p>1. Doktorant potrafi pozyskiwać wiedzę potrzebną do jego badań naukowych - [- (SD_U01)]</p> <p>2. Doktorant potrafi zaplanować eksperyment pomiarowy. Potrafi przeprowadzić kalibrację przyrządu do pomiaru wielkości elektrycznych, łącznie z protokołem pomiarów.. - [- (SD_U02)]</p> <p>3. Potrafi przeprowadzić obliczenia budżetu niepewności wyniku pomiaru dla eksperymentów z pomiarem pośrednim wielkości mierzonej. - [- (SD_U03)]</p> <p>4. Potrafi wykorzystać wiedzę do krytycznej analizy swoich i nieswoich wyników badań - [- (SD_U4)]</p> <p>5. Potrafi opracować wyniki badań i opisać je w publikacji naukowej - [- (SD_U06)]</p>
<p>Kompetencje społeczne:</p> <p>1. Doktorant jest krytyczny, także wobec siebie, i ma poczucie odpowiedzialności za poziom i wyniki badań - [- (SD_K01)]</p> <p>2. Potrafi formułować opinie na temat podstawowych wyzwań, przed którymi stoi współczesna metrologia - [- (SD_K02)]</p>

Sposoby sprawdzenia efektów kształcenia	
-	Pisemny egzamin z zakresu treści wykładowych (Metrologia kwantowa).
Treści programowe	
?	Systemy miar: wzorce jednostek miar, kierunki rozwoju systemów miar.
?	Międzynarodowy Układ Jednostek Miar (system SI) i jego ograniczenia.
?	Kwantowy system miar. Problemy prawne i techniczne przy jego wdrażaniu.
?	Kwantowy trójkąt metrologiczny i kwantowa piramida metrologiczna.
?	Podstawowe pojęcia metrologii kwantowej: zasada nieoznaczoności Heisenberga, szum kwantowy, rozdzielczość energetyczna.
?	Nadprzewodnictwo. Zjawisko Josephsona. Wykorzystanie złącza Josephsona do budowy wzorca na-pięcia stałego i przemienneego i do przetwarzania napięcia stałego na częstotliwość.
?	Wzorzec napięcia stałego: parametry wzorca, wzorzec napięcia w Głównym Urzędzie Miar (GUM).
?	Detektor strumienia magnetycznego SQUID jako bardzo czuły detektor sygnałów. Wykorzystanie de-tekatorów SQUID w medycynie, technice wojskowej, defektoskopii i metrologii elektrycznej.
?	Efekt Halla klasyczny i kwantowy. Wzorzec oporu wykorzystujący kwantowy efekt Halla (QHE): budo-wa wzorca, kwantowy wzorzec oporu elektrycznego w GUM.
?	Kwantowanie przewodności elektrycznej w nanostrukturach i wykorzystanie tego zjawiska w metrologii.
?	Tunelowanie pojedynczych elektronów (SET). Perspektywa wykorzystania zjawiska tunelowania pojedynczych elektronów do budowy kwantowego wzorca prądu elektrycznego.
?	Skaningowe mikroskopy próbkujące do pomiarów odległości oraz rozkładu pola elektromagnetycznego w skali cząsteczkowej: skaningowy mikroskop tunelowy STM, mikroskop siła atomowych AFM i inne.
?	Przegląd wzorców częstotliwości. Zegary atomowe: masery wodorowe, wzorce cezowe, wzorce czę- stotliwości sygnału w paśmie światła widzialnego. Państwowy wzorzec częstotliwości w GUM. Mię- dzynarodowa skala czasu.
?	Dokładne pomiary czasu jako podstawa działania systemów pozycjonowania.
?	Interferometry laserowe jako wzorce długości. Laser He-Ne jako państwowy wzorzec długości w GUM.
?	Kwantowe wzorce masy. Wzorzec masy z wagą Watta. Inne molekularne wzorce masy.
?	Odtwarzanie skali temperatury w oparciu o stała Plancka.
?	Niskoszumowe wzmacniacze napięcia i prądu elektrycznego.
Literatura podstawowa:	
<p>1. Wstęp do metrologii kwantowej, Nawrocki W., Wydawnictwo PP, Poznań 2007</p> <p>2. Quantenmasse in der elektrischen Messtechnik, Kose V., Melchert F., W VH Verlag, Weinheim - New York, 1991.</p> <p>3. Analiza danych w naukach ścisłych i technice, Zięba A., Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2013</p>	
Literatura uzupełniająca:	
<p>1. Systemy mikroskopii bliskich oddziaływań w badaniach mikro- i nanostruktur, Gotszalk T.P., Oficyna Wyd. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2004</p> <p>2. Wzorcowanie aparatury pomiarowej, Piotrowski J. , Kostyrko K., Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2012</p> <p>3. Practical Data Acquisition for Instrumentation and Control Systems, Park J. Mackey S., Elsevier, 2003</p>	
Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta	
Czynność	Czas (godz.)
1. Udział w wykładach i konsultacjach	20
2. Przygotowanie do egzaminu	10
Obciążenie pracą studenta	

Wydział Elektroniki i Telekomunikacji

forma aktywności	godzin	ECTS
Łączny nakład pracy	30	2
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	20	2
Zajęcia o charakterze praktycznym	0	0