

# **Opis efektów kształcenia w obszarze nauk ścisłych**

**Warszawa 04.03.2010**

**Skład zespołu**  
**ds. opracowania opisu efektów kształcenia**  
**dla obszaru nauk ścisłych**

- 1. Prof. dr hab. Stanisław Chwirot** – KA KRASP, Uniwersytet im. M. Kopernika w Toruniu, Instytut Fizyki, ul. Grudziądzka 5-7, 87-100 Toruń
- 2. Prof. dr hab. Kazimierz Goebel** – Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Zakład Równań Różniczkowych, pl. Marii Curie-Skłodowskiej 1/221, 20-031 Lublin
- 3. Prof. dr hab. Henryk Koroniak** – Uniwersytet Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Chemii, ul. Grunwaldzka 6, 60-780 Poznań
- 4. Prof. dr hab. Jerzy Kreiner** – Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie (astronomia), Instytut Fizyki, ul. Podchorążych 2, 30-084 Kraków
- 5. Prof. dr hab. Jan Ryszard Madey** – Rada Główna (informatyka), Uniwersytet Warszawski, Instytut Informatyki, ul. Krakowskie Przedmieście 26/28, 02-097 Warszawa

## **Uwagi ogólne adresowane do redaktorów ostatecznej wersji materiału:**

1. Wprowadzono profile ogólny i zawodowy dla studiów pierwszego stopnia oraz ogólny i badawczego dla studiów II stopnia. Nie wprowadzono profili dla studiów III stopnia wychodząc z założenia, że te studia mają z definicji charakter badawczy. W takim podejściu, profil ogólny zapewnia uzyskanie odpowiedniego dla danego stopnia przyrostu wiedzy bez przesądzania o przyszłej karierze zawodowej absolwenta. Utrzymanie profilu ogólnego wydaje się istotne z punktu widzenia zapewnienia możliwości elastycznego kształtowania ścieżek kształcenia, szczególnie w przypadku osób starających się zdobyć wiedzę przydatną w przyszłej pracy w innych dziedzinach (kształcenie interdyscyplinarne) lub odkładających w czasie decyzję o wyborze zawodu (np. poprzez ukończenie odpowiednich podyplomowych studiów dających uprawnienia nauczycielskie, audytorskie itd.).
2. W przypadku profilu zawodowego (I stopień) oczywistym jest, że niezależnie od wprowadzonych tu deskryptorów, przy układaniu programów studiów niezbędne będzie odniesienie się również do deskryptorów przyjętych dla nauk technicznych, zwłaszcza w częściach dotyczących konkretnych „zawodowych” efektów uczenia się w obszarach związanych z nadaniem tytułu zawodowego inżyniera i ich walidacji.
3. Dokument zawiera wymagania dotyczące znajomości języków obcych – są one opisane jakościowo, bez odniesienia do konkretnej skali umiejętności. Wydaje się, że zasady dotyczące opisu wymogów dotyczących języków obcych powinny zostać uzgodnione w podobny sposób dla całego zbioru deskryptorów.
4. Po przemyśleniu, nie odnosimy się w tym dokumencie do problemów walidacji. Rozważania takie mają charakter ogólny i w znacznej mierze wynikają z podstawowych dokumentów dotyczących European Qualification Framework (zwłaszcza załącznik dotyczący zapewnienia jakości) oraz z zasad ujętych w Standards and Guidelines for Quality Assurance in the European Higher Education Area . )

Jako roboczą definicję obszaru nauk ścisłych przyjęto, że tradycyjnie obejmuje on dziedziny w których analiza naukowa wymagają precyzyjnych, zgodnych z regułami logiki i praktyki doświadczalnej DOWODÓW. Zwyczajowo do tego obszaru zalicza się cztery podstawowe dziedziny: matematykę, fizykę, chemię i astronomię oraz wywodzące się z nich specjalności i obszary badań interdyscyplinarnych, których istotną cechą jest stosowanie podobnej jak w dziedzinach podstawowych metodologii opartej w znacznej mierze o język i formalizm matematyki.

**Efekty uczenia się dla obszaru nauk ścisłych  
studia I –III stopnia**

<b>studia I stopnia</b>		<b>studia II stopnia</b>		<b>studia III stopnia</b>
<b>WIEDZA</b>				
profil ogólny	profil zawodowy	profil ogólny	profil badawczy	
posiadają wiedzę w zakresie podstawowych koncepcji, zasad i teorii, a także ich historycznego rozwoju i znaczenia dla postępu nauk ścisłych/przyrodniczych, poznania świata i rozwoju ludzkości,	posiadają wiedzę w zakresie podstawowych koncepcji, zasad i teorii, a także ich historycznego rozwoju i znaczenia dla postępu nauk ścisłych/przyrodniczych, poznania świata i rozwoju ludzkości,	posiadają rozszerzoną w stosunku do studiów I stopnia wiedzę ogólną w zakresie głównych obszarów studiowanej dziedziny	posiadają rozszerzoną w stosunku do studiów I stopnia wiedzę ogólną w zakresie głównych obszarów studiowanej dziedziny	posiadają poszerzoną wiedzę w zakresie najważniejszych koncepcji, zasad i teorii, a także ich historycznego rozwoju i znaczenia dla postępu nauk ścisłych/przyrodniczych, poznania świata i rozwoju ludzkości
mają znajomość matematyki na poziomie wyższym w zakresie niezbędnym dla ilościowego opisu, zrozumienia oraz modelowania problemów o „średnim poziomie złożoności”	mają znajomość matematyki na poziomie wyższym w zakresie niezbędnym dla ilościowego opisu, zrozumienia oraz modelowania problemów o „średnim poziomie złożoności”	posiadają wiedzę szczegółową w zakresie wybranej specjalizacji	posiadają wiedzę szczegółową w zakresie wybranej specjalizacji podbudowaną teoretycznie poprzez znajomość podstawowych monografii i publikacji naukowych	posiadają wiedzę w zakresie najnowszych światowych osiągnięć w zakresie wybranej specjalizacji
rozumieją oraz potrafią wytłumaczyć znaczenie złożonych wywodów dotyczących opisu prawidłowości, zjawisk i procesów oraz stosować w ich opisie język i formalizm matematyki, a w szczególności są w stanie samodzielnie	rozumieją oraz potrafią wytłumaczyć znaczenie złożonych wywodów dotyczących opisu prawidłowości, zjawisk i procesów oraz stosować w ich opisie język matematyki, a w szczególności są w stanie samodzielnie odtworzyć	znają techniki doświadczalne, obserwacyjne i numeryczne oraz metody budowy modeli matematycznych (właściwych dla danej specjalności)	znają techniki doświadczalne, obserwacyjne i numeryczne oraz metody budowy modeli matematycznych (właściwych dla danej specjalności)	znają metodologię dziedziny w stopniu pozwalającym na samodzielne planowanie drogi rozwiązania problemów badawczych

odtworzyć podstawowe twierdzenia i prawa oraz ich dowody,	podstawowe twierdzenia i prawa,			
		znają teoretyczne podstawy metod obliczeniowych stosowanych do rozwiązywania typowych problemów właściwych dla danej specjalności oraz przykłady praktycznej implementacji takich metod z wykorzystaniem odpowiednich narzędzi informatycznych	znają teoretyczne podstawy metod obliczeniowych stosowanych do rozwiązywania typowych i bardziej złożonych problemów właściwych dla danej specjalności oraz przykłady praktycznej implementacji takich metod z wykorzystaniem odpowiednich narzędzi informatycznych	
znają podstawy metod obliczeniowych, podstawy programowania oraz inżynierii oprogramowania	znają podstawy metod obliczeniowych właściwych dla danej specjalności, podstawy programowania oraz inżynierii oprogramowania	znają podstawowe aspekty budowy i działania aparatury naukowej swojej specjalności	znają podstawy teoretyczne budowy i działania aparatury naukowej swojej specjalności	mają umiejętność wykorzystania zaawansowanego aparatu matematycznego i metod oraz narzędzi informatycznych w zakresie niezbędnym dla ilościowego opisu, zrozumienia oraz modelowania problemów badawczych
znają podstawowe pakiety oprogramowania użytkowego w zakresie pozwalającym na ich stosowanie w życiu codziennym (edytory tekstów, bazy danych,	znają podstawowe pakiety oprogramowania użytkowego w zakresie pozwalającym na ich stosowanie w życiu codziennym (edytory tekstów, bazy danych,	mają wiedzę ogólną o aktualnych kierunkach rozwoju i o najnowszych odkryciach w zakresie wybranej specjalizacji	mają wiedzę szczegółową o aktualnych kierunkach rozwoju i o najnowszych odkryciach w zakresie wybranej specjalizacji,	posiadają znajomość i umiejętność stosowania ważnych dla ich specjalności pakietów oprogramowania oraz korzystania z dostępnych baz danych jako narzędzia

arkusze kalkulacyjne, biblioteki numeryczne)	arkusze kalkulacyjne, biblioteki numeryczne) oraz w życiu zawodowym w danej specjalności (np. projektowanie układów mechanicznych lub elektronicznych)			w pracy badawczej
znają język angielski w stopniu pozwalającym na przeczytanie ze zrozumieniem prostych tekstów np. instrukcji i opisów oprogramowania	znają język angielski w stopniu pozwalającym na przeczytanie ze zrozumieniem prostych tekstów np. instrukcji i opisów oprogramowania	posługują się dwoma językami obcymi (w tym angielskim) w stopniu niezbędnym do czytania literatury fachowej swojej specjalizacji	posługują się dwoma językami obcymi (w tym angielskim) w stopniu niezbędnym do czytania literatury fachowej swojej specjalizacji	posługują się dwoma językami obcymi, przy czym znają język angielski w stopniu umożliwiającym aktywne porozumiewanie się z partnerami
znają podstawowe zasady bezpieczeństwa i higieny pracy	znają podstawowe zasady bezpieczeństwa i higieny pracy oraz wymogi specyficzne dla danego zawodu	znają zasady bezpieczeństwa i higieny pracy w stopniu pozwalającym na samodzielną pracę na stanowisku badawczym/pomiarowym	znają zasady bezpieczeństwa i higieny pracy w stopniu pozwalającym na samodzielną pracę na stanowisku badawczym/pomiarowym	znają zasady bezpieczeństwa i higieny pracy w stopniu pozwalającym na samodzielną organizację własnej i zespołowej pracy w pracowni naukowej
			mają podstawową wiedzę dotyczącą uwarunkowań prawnych i etycznych związanych z działalnością naukową	mają wiedzę dotyczącą uwarunkowań prawnych, zwyczajowych i etycznych związanych z działalnością naukową
	<b>UMIEJĘTNOŚCI</b>			
umieją wykazać się umiejętnością przeprowadzenia analizy problemów mających bezpośrednie odniesienie do zdobytej wiedzy oraz ich rozwiązania opartego o	umieją wykazać się umiejętnością przeprowadzenia analizy problemów mających bezpośrednie odniesienie do wyuczonego zawodu oraz ich rozwiązania	potrafią planować i wykonywać podstawowe badania, doświadczenia/obserwacje dotyczące określonych zagadnień poznawczych w ramach swojej	potrafią planować i wykonywać zaawansowane w stopniu średnim badania, doświadczenia/obserwacje dotyczące określonych zagadnień poznawczych	potrafią samodzielnie sformułować problem badawczy, zaproponować i wykonać badania zmierzające do jego rozwiązania

zastosowanie poznanych twierdzeń i metod obliczeniowych	opartego o zastosowanie poznanych twierdzeń i metod obliczeniowych	specjalności	w ramach swojej specjalności	
posiadają zdolność analiz ilościowych oraz formułowania na tej podstawie wniosków jakościowych		potrafią w sposób krytyczny ocenić własne wyniki eksperymentów, obserwacji i obliczeń teoretycznych a także przedyskutować błędy pomiarowe	potrafią w sposób krytyczny ocenić własne wyniki eksperymentów, obserwacji i obliczeń teoretycznych a także przedyskutować błędy pomiarowe	potrafią w sposób krytyczny odnieść własne wyniki do wyników innych badaczy, ocenić ich znaczenie i jakość, wskazać drogi optymalizacji programu badawczego
umieją planować i wykonywać proste badania doświadczalne/obserwacje oraz analizować ich wyniki, w tym oceniać ich istotność		umieją znajdować niezbędne informacje w literaturze fachowej, bazach danych i innych źródłach, znają podstawowe czasopisma naukowe swojej specjalności	umieją znajdować niezbędne informacje w literaturze fachowej, bazach danych i innych źródłach, znają podstawowe czasopisma naukowe swojej specjalności	potrafią samodzielnie przedstawić wyniki badań w formie publikacji w specjalistycznym czasopiśmie naukowym, oraz przygotować dysertację stanowiącą całościowe przedstawienie aktualnego stanu światowej wiedzy w tematyce bliskiej rozprawie doktorskiej, opis i uzasadnienie podjęcia problemu badawczego, przyjętą metodologię, uzyskane wyniki oraz ich krytyczną analizę w nawiązaniu do własnego warsztatu badawczego i osiągnięć innych grup badawczych na świecie
posiadają umiejętność stosowania metod	posiadają umiejętność stosowania metod	potrafią odnieść zdobytą wiedzę do pokrewnych	potrafią odnieść zdobytą wiedzę do pokrewnych	

numerycznych do rozwiązania problemów matematycznych	numerycznych do rozwiązania problemów matematycznych	dyscyplin naukowych	dyscyplin naukowych	
posiadają umiejętność stosowania podstawowych pakietów oprogramowania oraz wybranych języków programowania	posiadają umiejętność stosowania podstawowych pakietów oprogramowania, w tym oprogramowania przydatnego do rozwiązywania specyficznych problemów związanych z aktywnością zawodową	potrafią przedstawić wyniki badań w postaci samodzielnie przygotowanej rozprawy (referatu) zawierającej opis i uzasadnienie celu pracy, przyjętą metodologię, wyniki oraz ich znaczenie na tle innych podobnych badań	potrafią przedstawić wyniki badań w postaci samodzielnie przygotowanej rozprawy (referatu) zawierającej opis i uzasadnienie celu pracy, przyjętą metodologię, wyniki oraz ich znaczenie na tle innych podobnych badań	
potrafią pracować indywidualnie i w zespole	potrafią pracować indywidualnie i w zespole	potrafią pracować samodzielnie i w zespole	potrafią pracować samodzielnie i w zespole, w tym również w zespole badawczym	
potrafią utworzyć opracowanie o charakterze naukowym przedstawiające określony problem i sposoby jego rozwiązywania	potrafią utworzyć opracowanie w zwarty, przejrzysty sposób przedstawiające określony problem i sposoby jego rozwiązywania		potrafią utworzyć opracowanie o charakterze naukowym podsumowujące wyniki swoich badań, także w języku angielskim	
potrafią w sposób popularny przedstawić najnowsze wyniki osiągnięć dokonanych w ramach swojej i pokrewnych specjalnościach	potrafią w sposób popularny przedstawić najnowsze wyniki osiągnięć dokonanych w ramach swojej i pokrewnych specjalnościach	potrafią w sposób popularny przedstawić najnowsze wyniki odkryć dokonanych w ramach swojej i pokrewnych specjalnościach	potrafią w sposób popularny przedstawić najnowsze wyniki odkryć dokonanych w ramach swojej i pokrewnych specjalnościach	
potrafią określić kierunki niezbędnego dalszego uczenia się	potrafią określić kierunki niezbędnego dalszego uczenia się	potrafią określić kierunki dalszego uczenia się i zrealizować proces samokształcenia	potrafią określić kierunki dalszego uczenia się i zrealizować proces samokształcenia	



posługują się co najmniej jednym językiem obcym w stopniu niezbędnym do czytania literatury fachowej swojej specjalizacji	posługują się co najmniej jednym językiem obcym w stopniu niezbędnym do czytania literatury fachowej swojej specjalizacji zawodowej	posługują się dwoma językami obcymi (w tym angielskim) w stopniu niezbędnym do czytania literatury fachowej swojej specjalizacji	posługują się dwoma językami obcymi (w tym angielskim) w stopniu niezbędnym do czytania literatury fachowej swojej specjalizacji oraz jednym językiem obcym w stopniu wystarczającym do porozumiewania się na tematy swojej specjalności	
	<b>INNE KOMPETENCJE (POSTAWY)</b>			
mają świadomość poziomu swojej wiedzy i umiejętności, rozumieją potrzebę doksztalcania się - podnoszenia kompetencji zawodowych i osobistych	mają świadomość poziomu swojej wiedzy i umiejętności, rozumieją potrzebę doksztalcania się - podnoszenia kompetencji zawodowych i osobistych	mają świadomość poziomu swojej wiedzy i umiejętności i rozumieją potrzebę ciągłego doksztalcania się - podnoszenia kompetencji zawodowych i osobistych	mają świadomość poziomu swojej wiedzy i umiejętności, rozumieją potrzebę ciągłego doksztalcania się - systematycznego podnoszenia kompetencji zawodowych i osobistych	rozumieją potrzebę ciągłego doksztalcania się i odczuwają taką potrzebę, jako niezbędny warunek twórczego uczestnictwa w rozwoju uprawianej dziedziny
mają świadomość i zrozumienie społecznych aspektów praktycznego stosowania zdobytej wiedzy i umiejętności oraz związanej z tym odpowiedzialności	mają świadomość i zrozumienie społecznych aspektów praktycznego stosowania zdobytej wiedzy i umiejętności oraz związanej z tym odpowiedzialności		widzą konieczność bieżącego przeglądania podstawowych czasopism naukowych i popularnonaukowych dla poszerzania i pogłębiania swojej wiedzy	
mają świadomość ważności i zrozumienie prawnych uwarunkowań (w tym kwestii ochrony własności intelektualnej) i związanej z tym	mają świadomość ważności i zrozumienie prawnych uwarunkowań działalności inżynierskiej (w tym kwestii ochrony własności intelektualnej) i	mają świadomość odpowiedzialności za podejmowane inicjatywy badań, eksperymentów/obserwacji i	mają świadomość odpowiedzialności za podejmowane inicjatywy badań, eksperymentów/obserwacji	

odpowiedzialności	związanej z tym odpowiedzialności			
mają świadomość ważności zachowania w sposób profesjonalny i przestrzegania zasad etyki zawodowej	mają świadomość ważności zachowania w sposób profesjonalny i przestrzegania zasad etyki zawodowej	mają świadomość przestrzegania zasad etyki zawodowej	mają świadomość przestrzegania zasad etyki zawodowej	
rozumieją potrzebę przekazywania społeczeństwu – m.in. poprzez środki masowego przekazu – informacji o osiągnięciach nauki w swojej i pokrewnych specjalnościach	rozumieją potrzebę przekazywania społeczeństwu – m.in. poprzez środki masowego przekazu – informacji o osiągnięciach nauki w swojej i pokrewnych specjalnościach	rozumieją potrzebę przekazywania społeczeństwu – m.in. poprzez środki masowego przekazu – informacji o osiągnięciach nauki w swojej i pokrewnych specjalnościach	rozumieją potrzebę przekazywania społeczeństwu – m.in. poprzez środki masowego przekazu – informacji o osiągnięciach nauki w swojej i pokrewnych specjalnościach	
mają świadomość odpowiedzialności za wspólnie realizowane zadania, związaną z pracą zespołową	mają świadomość odpowiedzialności za wspólnie realizowane zadania, związaną z pracą zespołową	mają świadomość odpowiedzialności za wspólnie realizowane zadania, związaną z pracą zespołową	mają świadomość odpowiedzialności za wspólnie realizowane zadania, związaną z pracą zespołową	
potrafią formułować opinie dotyczące kwestii zawodowych	potrafią formułować opinie dotyczące kwestii zawodowych	potrafią formułować opinie dotyczące kwestii zawodowych	potrafią formułować opinie dotyczące kwestii zawodowych	

Programy kształcenia dla podstawowych dziedzin wchodzących w zakres nauk ścisłych były przedmiotem działań w ramach projektu TUNING i łatwo znaleźć kompleksowe opracowania dotyczące tych programów i akceptowane obecnie, jako wzorzec dla uczelni europejskich. Szczególnie zaawansowane były działania w zakresie programów kształcenia w dziedzinie chemii, prowadzone przez konsorcjum European Chemistry Thematic Network Association (ECTNA) (<http://ectn-assoc.cpe.fr/>) pod przewodnictwem Terry Mitthel'a ([http://ectn-assoc.cpe.fr/archives/lib/2005/N01/200501\\_TuningChem.pdf](http://ectn-assoc.cpe.fr/archives/lib/2005/N01/200501_TuningChem.pdf)). Efektem pracy jest szczegółowa analiza jak i wytyczne dla realizacji programów kształcenia w pierwszym i drugim cyklu tj. na poziomie Eurobachelor<sup>®</sup> i Euromaster<sup>®</sup> (licencjat i studia magisterskie) ([http://tuning.unideusto.org/tuningeu/images/stories/template/Template\\_Chemistry.pdf](http://tuning.unideusto.org/tuningeu/images/stories/template/Template_Chemistry.pdf)). Wydaje się że przywołanie studiów chemicznych jako przykładu najdalej uzgodnionych w wymiarze europejskim i podanie pełnych materiałów dotyczących programowych i innych uzgodnień dotyczących chemii jest w przypadku nauk ścisłych jak najbardziej celowe. Podobne działania podjęto w zakresie Tuning'u dla fizyki i matematyki ([http://www.eupen.ugent.be/wg/wg1\\_all.php](http://www.eupen.ugent.be/wg/wg1_all.php), [http://tuning.unideusto.org/tuningeu/images/.../Template\\_Mathematics.pdf](http://tuning.unideusto.org/tuningeu/images/.../Template_Mathematics.pdf))