

Nadprzewodnictwem nazywamy stan zerowej rezystancji niektórych materiałów, któremu towarzyszy efekt wypychania pola magnetycznego na zewnątrz materiału nadprzewodnika. Stan taki osiągnąć jest w odpowiednio niskich temperaturach, po przekroczeniu pewnej temperatury krytycznej T_c . Zjawisko nadprzewodnictwa zostało odkryte przez holenderskiego fizyka Heike Kamerlingha Onnesa, który w roku 1911 prowadził badania nad właściwościami rtęci w niskich temperaturach (dla rtęci $T_c \approx -269^\circ\text{C}$). Od tego momentu badania dotyczące nadprzewodnictwa w różnych materiałach przyniosły wiele spektakularnych odkryć naukowych za co przyznano kilka nagród Nobla.

Mój projekt dotyczy badań nadprzewodnictwa stopach o wysokiej entropii (HEA – z ang. high-entropy alloys). HEA są nowym typem materiałów o wyjątkowej mikrostrukturze i właściwościach. Stopy te składają się z 5 lub więcej składników o zbliżonym stężeniu molowym. Wysoka entropia konfiguracyjna związana z obecnością różnych rodzajów pierwiastków hamuje tworzenie się kruchych faz międzymetalicznych i promuje nieuporządkowane wieloskładnikowe roztwory stałe, które posiadają bardzo unikalne właściwości. Przeprowadzone dotychczas badania wskazują, że HEA charakteryzują się wysoką wytrzymałością porównywalną jedynie z niektórymi ceramikami lub szklami metalicznymi, bardzo wysoką odpornością na kruche pękanie przekraczającą możliwości większości czystych metali i standardowych stopów oraz odpornością na korozję. W roku 2014 odkryto pierwszy nadprzewodnik HEA. Po kilku latach intensywnych badań wydaje się, że nadprzewodnictwo w HEA różni się znacząco o tego obserwowanego w innych nadprzewodnikach takich jak niektóre pierwiastki, konwencjonalne lub amorficzne stopy, ceramiki tlenkowe lub nadprzewodniki na bazie żelaza. Z tego też powodu, nadprzewodniki HEA można traktować jako odrębną klasę materiałów nadprzewodzących która to powinna być przedmiotem aktywnych badań eksperymentalnych i teoretycznych.

Jako główne cele tego projektu można wymienić:

1. Synteza poznanych już nadprzewodników HEA za pomocą alternatywnej metody jaką jest mechaniczne stapianie. Dotychczas wszystkie nadprzewodniki HEA zostały uzyskane za pomocą wysokotemperaturowego stapiania w piecu łukowym.
2. Zrozumienie wpływu obecności defektów strukturalnych na własności nadprzewodzące uzyskanych HEA. Jak wykazały ostatnie badania przeprowadzone na znacznie prostszym nadprzewodniku, obecność defektów prowadzi do zmiany rodzaju nadprzewodnictwa w czystym tantalumie.
3. Synteza nowych nadprzewodników HEA zawierających atomy uranu, toru oraz lantanowców. W 2020 roku, pierwszy taki nadprzewodnik zawierający uran został odkryty przez grupę badawczą z Florida State University.
4. Stworzenie metody obliczeniowej pozwalającej na poszukiwanie nowych nadprzewodników HEA. Obecnie większość tego typu materiałów jest odkrywana metodą prób i błędów.

W mojej opinii, dzięki temu projektowi, nowo powstała grupa badawcza będzie miała wyjątkową możliwość znacznego poszerzenia naszej wiedzy i zrozumienia nadprzewodników HEA, co powinno mieć duży wpływ na rozwój fizyki ciała stałego jak również nauki o materiałach. Jednocześnie, opracowanie nowej metody syntezy, wprowadzanie dużych ilości defektów strukturalnych a także odkrycie nowych nadprzewodników HEA z U, Th oraz lantanowcami może skutkować otrzymaniem materiałów nadprzewodzących o znacznie lepszych parametrach nadprzewodzących np. wyższa temperatura krytyczna T_c , wyższe górne pole krytyczne H_{c2} , czy też wyższą gęstość prądu krytycznego j_c . Tego typu nowe HEA mogą znaleźć szerokie zastosowanie w przemyśle, szczególnie w produkcji magnesów nadprzewodzących, które obecnie w głównej mierze są konstruowane z NbTi i Nb₃Sn. Dodatkowo, stworzenie metody obliczeniowej pozwalającej na poszukiwanie nowych nadprzewodników HEA przyczyniłoby się do znacznego obniżenia kosztów oraz skrócenia czasu potrzebnego w tego typu poszukiwaniach.

Projekt będzie realizowany przez dwa podmioty: Uniwersytet Wrocławski oraz Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN.