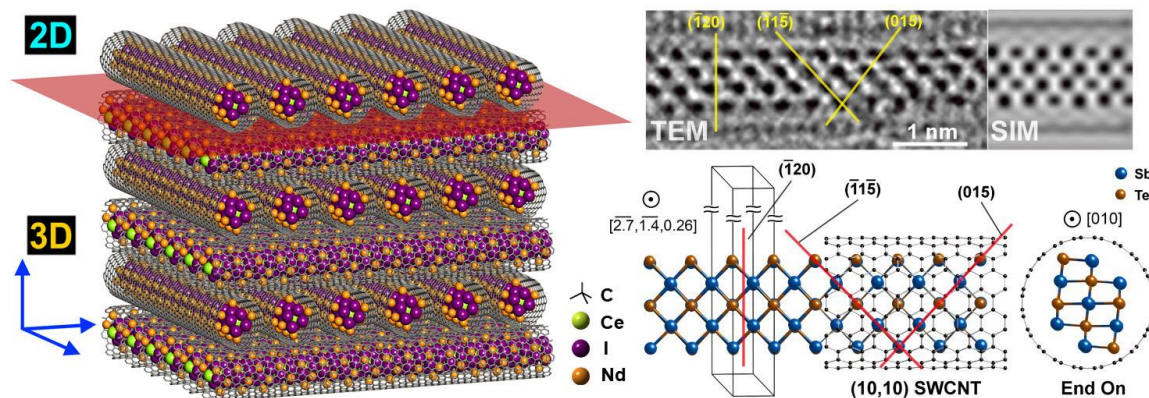


Wytworzymy i zbadamy własności magnetyczne nano-superstruktur powstałych ze sklejonych jednościennej nanorurek węglowych wypełnionych materiałem magnetycznym. Materiał we wnętrzu nanorurki ma dwa wymiary rzędu jednego nanometra, a więc $\sim 10\,000$ razy mniej niż średnica włosa i prawie 10 razy mniej niż najbardziej zaawansowane układy scalone. Jednościenne nanorurki węglowe są puste w środku. Same w sobie wykazują ciekawe właściwości – w zależności od budowy mogą wykazywać własności metalu lub półprzewodnika

Niedawno został odkryty prosty sposób wypełniania tych nanorurek bardzo cienkimi uporządkowanymi przestrzennie kryształami. W obrębie średnicy nanorurki można zmieścić tylko kilka atomów. Ponadto ściany nanorurek są jednym z najbardziej odpornych materiałów (grafen) i wywierają na kryształki bardzo silne ciśnienie rzędu kilkudziesięciu GPa, czyli takie, jakie występuje w górnym płaszczu Ziemi. Ciśnienie to powoduje, że wzajemne ułożenie atomów wewnątrz nanorurki może być zupełnie inne niż w kryształ otrzymanym w warunkach normalnych. Można na przykład zmienić metal w półprzewodnik i odwrotnie, zachowując ten sam skład chemiczny. Zamierzamy „faszerować” nanorurki halogenkami (jodki, bromki, chlorki) z atomami pierwiastków metali takich jak neodym, europ czy dysproz, które mają silne własności magnetyczne. W ten sposób utworzymy długie jednowymiarowe periodyczne łańcuchy atomów magnetycznych (atomy neodymu na rysunku). Własności fizyczne takich struktur nie są jeszcze poznane.

Ze względu na wymiary spodziewamy się zaobserwować efekty kwantowe. Nie ma zwięzłej teorii pozwalającej na opis tego typu hybrydowych nanostruktur, dlatego planujemy odtworzyć przestrzenną konfigurację atomów z wykorzystaniem obliczeń metodami *Ab initio*. Stosując różne techniki oczyszczania i segregacji poszczególnych typów nanorurek wypełnionych fazami magnetycznymi, a następnie orientując je przy pomocy pola elektrycznego i magnetycznego w cieczy, stworzymy nano-superstruktury w postaci warstw 2D oraz pakietów 3D.



.Na lewo: Model atomowy hipotetycznej nano superstruktury, zawierającej Neodym(Nd) i Cer (Ce) który będziemy mogli porządkować w warstwy „2D” i „3D” za pomocą różnych metod. Na prawo: eksperymentalny obraz HRTEM kryształu wewnątrz nanorurki węglowej oraz komputerowa symulacja obrazu HRTEM tellurku antymonu wewnątrz nanorurki węglowej. Na podstawie obrazu HRTEM zrekonstruowany model wysoce uporządkowanego kryształu wewnątrz SWCNT. Strukturę tę można również uczynić magnetyczną przez domieszkowanie chromem.

Głównym naszym celem jest eksperymentalne zbadanie własności fizycznych, struktury atomowej nano-superstruktur i powiązanie ich z własnościami magnetycznymi.

Współczesne transmisyjne mikroskopy elektronowe pozwalają na obserwacje i określenie pozycji poszczególnych atomów. Jednocześnie elektrony pozwalające zobaczyć strukturę atomową oddziałują z polem magnetycznym badanych obiektów zmieniając nieznacznie swoje trajektorie. Holografia elektronowa umożliwia wykrycie tych subtelnych zmian a w rezultacie pozwala zobrazować a nawet zmierzyć natężenie pola magnetycznego nano-superstruktur. Badania takie można przeprowadzić w szerokim zakresie temperatur, ponieważ istnieje możliwość zarówno chłodzenia jak i ogrzewania obiektów badanych w transmisyjnym mikroskopie elektronowym (badania *In-situ*). Tak więc spodziewamy się zaobserwować zmiany struktury i własności w funkcji temperatury zaczynając od temperatury ciekłego helu aż do około 1000K.

Spodziewamy się, że będziemy badali klasyczne własności faz ferromagnetycznych i antyferromagnetycznych, ale jest również możliwe, że nasz Projekt może doprowadzić do odkryć w dziedzinie nanomagnetyzmu, być może w celu uzyskania niezwyklego rodzaju magnetyzmu, takiego jak ciecz o spinie kwantowym (nie zamarzające spiny ze względu na małe rozmiary), lub będzie można uzyskać wysoce anizotropową konfigurację spinów, co pozwoli na obserwację fal spinowych.

W końcu nie trudno sobie wyobrazić wiele praktycznych zastosowań tego typu nano-superstruktur. Takich jak magazynowanie danych, nanosiłowniki, dostrojone widmowo czujniki światła, czujniki pola magnetycznego niw wymagające zasilania, kamery magnetowizyjne. Dzięki powłoce węglowej super-nanostruktury będą, biokompatybilne a dzięki czułości na światło być może uda się zbudować na ich bazie sensory usprawniające fotoreceptory oka zasilane śmieciowym polem elektromagnetycznym.