

NANOZŁOTO - REALIZACJA ZAJĘĆ SZKOLNYCH W RAMACH PROJEKTU IRRESISTIBLE

Beata Sobesto¹, Agnieszka Zaraska²

¹XV Liceum Ogólnokształcące im. Marii Skłodowskiej-Curie w Krakowie

²VII Prywatne Liceum Ogólnokształcące i Prywatne Gimnazjum nr 8 im. Mikołaja Reja w Krakowie

Wprowadzenie

Na wiosnę 2015 r. w XV Liceum Ogólnokształcącym w Krakowie oraz w zespole szkół składającym się z gimnazjum i liceum (im. Mikołaja Reja) w Krakowie, odbyły się zajęcia z uczniami, w ramach projektu o akronimie IRRESISTIBLE (*Including Responsible Research and Innovation in Cutting Edge Science and Inquiry-based Science Education to Improve Teacher's Ability of Bridging Learning Environments*, <http://www.zdch.uj.edu.pl/irresistible>), realizowanego w ramach 7 Programu Ramowego UE. Celem projektu jest podniesienie świadomości młodzieży w zakresie odpowiedzialnych badań i innowacji oraz wdrożenie do praktyki szkolnej kształcenia przez dociekanie naukowe w zakresie nauk przyrodniczych. W ramach realizacji celów projektowych opracowano szereg materiałów dydaktycznych wspierających zaangażowanie uczniów i społeczeństwa w proces odpowiedzialnych badań naukowych i innowacji (ang. *Responsible Research and Innovation* – RRI).

Uczniowie biorący udział w projekcie pracowali w ramach zajęć pozalekcyjnych o charakterze warsztatowym (praca w grupach, rozwiązywanie problemów, dyskusje itd.) i laboratoryjnym. Dla uczniów z klas gimnazjalnych był to równocześnie obowiązkowy projekt edukacyjny. Zajęcia odbywały się w wielu miejscach: szkole, w Muzeum Uniwersytetu Jagiellońskiego Collegium Maius oraz na Wydziale Chemii Uniwersytetu Jagiellońskiego. W obydwu placówkach projekt zakończyły wystawy interaktywne dotyczące nanomateriałów, nanotechnologii i odpowiedzialnych badań i innowacji.

Przebieg zajęć

Uczniowie realizowali ścieżkę tematyczną opracowaną w ramach projektu na Uniwersytecie Jagiellońskim przez nauczycieli chemii, naukowców (chemików), dydaktyków i pracowników muzeum. Opracowany moduł pt. „Nanotechnologia” zrealizowano podczas dziesięciu spotkań z uczniami:

1. Jak tworzy się nauka? (Na czym polega metoda naukowa? Czy przypadek odgrywa jakąś rolę odkryciach naukowych?)
2. Dylematy moralne w nauce. Odpowiedzialne badania i innowacje. (Jak to z tym azbestem, DDT itp. było...)
3. Mega kontra Nano (Kilka słów o rozmiarach i przedrostkach)
4. Właściwości substancji a rozmiar cząsteczek (Jaką barwę naprawdę ma złoto?)
5. Metody detekcji (Czy nasze zmysły wystarczą?)
6. Jak zobaczyć coś, czego nie widać gołym okiem? (Budowa modelu mikroskopu sił atomowych AFM z klocków).
7. Warsztaty muzealne (zajęcia w Collegium Maius UJ).

8. Spotkanie z naukowcami.
9. Zastosowanie nanomateriałów (Samoczyszczące się powierzchnie - czy to możliwe? Jak zapobiec rozprzestrzenianiu się bakterii? - cudowne właściwości nanosrebra).
10. Wystawa interaktywna (budowa ekspozycji, organizacja i uroczyste otwarcie)

Ciekawym przeżyciem dla uczniów było spotkanie z naukowcami na Wydziale Chemii UJ, zwiedzanie laboratoriów i oglądanie najnowszej aparatury wykorzystywanej do badań naukowych. (rysunek 1). Zajęcia wzbogacone były pracą w małych grupach uczniowskich nad różnymi aspektami odpowiedzialnych badań i innowacji, a w tym: zaangażowania różnych grup społecznych w ten proces, konieczności szerokiego kształcenia całego społeczeństwa w zakresie przedmiotów przyrodniczych i ścisłych, przestrzegania zasad etycznych w badaniach i wdrażaniu innowacji, nieograniczonego dostępu do wyników badań, zarządzania procesem badań i innowacji, wykorzystania potencjału obu płci w zespołach badawczych. Uczniowie mieli możliwość przedyskutowania wyników swojej pracy grupowej z naukowcami.

Eksperymenty uczniowskie

Uczniom najbardziej podobały się zajęcia o charakterze laboratoryjnym, podczas których mieli możliwość samodzielnego wykonywania doświadczeń. Badali między innymi jak zachowuje się wiązka światła, gdy przepuszcza się ją przez roztwory, których cząsteczki mają różną wielkość (efekt Tyndalla). Do badań wybrano roztwory żelatyny spożywczej, skrobi rozpuszczalnej, albuminy, mydła, alkoholu itp. (rysunek 1). Ponadto przeprowadzili reakcję otrzymywania nanocząstek **złota** metodą Turkevicha zmodyfikowaną przez dr hab. Wacława Makowskiego z Wydziału Chemii UJ oraz badali ich stabilność w zależności od różnych parametrów środowiska (rysunek 2). Celem modyfikacji przepisu było jego uproszczenie, dostosowanie do warunków polskiej szkoły, w tym: wyeliminowanie potrzeby użycia mieszadła magnetycznego z ogrzewaniem i konieczności zagotowania roztworu HAuCl_4 .



Rysunek 1.



Rysunek 2.

Zdaniem autorek ten ostatni eksperyment szczególnie nadaje się do wdrożenia zasad nauczania przez dociekanie naukowe realizowanych w postaci struktury zajęć (tzw. 5E) obejmującej: zaangażowanie uczniów, badanie-eksperyment uczniowski, wyjaśnienie – wprowadzenie nowej wiedzy, rozwinięcie – uogólnienie, rozwiązywanie problemów, ewaluacja (Bernard et al., 2012). Po otrzymaniu nanocząstek złota oraz w oparciu na wcześniejszym eksperymencie poświęconym roztworom koloidalnym uczniowie mogą spróbować samodzielnie sformułować pytanie badawcze i hipotezę na temat czynników wpływających na stabilność układu, a następnie samodzielnie zaproponować plan eksperymentu, w tym listę dodawanych substancji (np. hydrofilowych, hydrofobowych, o innych cechach charaktery-

stycznych – wielkości cząsteczki/ionu, budowy jonowej i molekularnej), metodę detekcji, sposobu notowania i analizy zebranych danych. Wszystkie te elementy są charakterystyczne dla metody badawczej (Bereźnicki, 2015).

Opis eksperymentu: „Otrzymywanie nanocząstek złota zmodyfikowaną metodą Turkevicha”, czyli w wyniku redukcji kwasu chlorozłotowego(III) za pomocą cytrynianu sodu.

Odczynniki:

1. roztwór HAuCl_4 o stężeniu $10 \text{ mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ($0,2 \text{ g HAuCl}_4\cdot 3\text{H}_2\text{O} / 50 \text{ cm}^3$)
2. roztwór cytrynianu sodu o stężeniu $34,5 \text{ mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ($0,5 \text{ g Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7\cdot 2\text{H}_2\text{O} / 50 \text{ cm}^3$)
3. roztwór NaCl (lub innego mocnego elektrolitu), $1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$
4. roztwór sacharozy (lub innego nieelektrolitu), $1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$
5. rozcieńczony roztwór białka jaja kurzego

Sprzęt:

1. mała (wysoka) zlewka, ok. 50 cm^3
2. łaźnia wodna – np. duża (szeroka) zlewka lub krystalizator, ok. 500 cm^3 (zlewki powinny być tak dobrane, by było możliwe efektywne ogrzanie małej zlewki bez ryzyka jej przewrócenia i bez konieczności jej trzymania)
3. cylinder miarowy, 5 lub 10 cm^3 ,
4. cylinder miarowy, 50 cm^3
5. probówki
6. termometr

Wykonanie

1. sporządzić 20 cm^3 roztworu HAuCl_4 o stężeniu $1 \text{ mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$ przez rozcieńczenie roztworu nr 1 w cylindrze miarowym na 50 cm^3 ,
2. odmierzyć 2 cm^3 roztworu cytrynianu sodu w cylindrze miarowym na 5 lub 10 cm^3 ,
3. wypełnić łaźnię wodną gorącą wodą (może być woda zagotowana np. w czajniku),
4. rozcieńczony roztwór HAuCl_4 wlać do małej zlewki, włożyć ją do łaźni wodnej,
5. mierząc temperaturę poczekać do ogrzania roztworu powyżej 80°C (w razie potrzeby można wymienić gorącą wodę lub podgrzać łaźnię),
6. dodać do małej zlewki 2 cm^3 roztworu cytrynianu sodu (nie wyjmować małej zlewki z łaźni),
7. obserwować zmiany barwy mieszaniny reakcyjnej (ok. 5 min).

Uwagi techniczne:

- roztwór HAuCl_4 o stężeniu $1 \text{ mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$ jest nietrwały, trwały jest roztwór HAuCl_4 o stężeniu $10 \text{ mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$ oraz roztwory nanocząstek złota (przechowywane bez dostępu światła).
- pojawiające się po kilku minutach zabarwienie mieszaniny reakcyjnej wydaje się czarne – dopiero po przelaniu do probówki można zauważyć opisany w literaturze odcień fioletowy lub purpurowy.
- zgodnie z oczekiwaniami obniżenie temperatury reakcji prowadzi do zmniejszenia jej szybkości, ale reakcja przebiega nawet w temperaturze pokojowej – zabarwienie pojawia się po ok. 1 h.

- nadmiar cytrynianu prowadzi do powstawania większych nanocząstek, z czym wiąże się nieco inne zabarwienie mieszaniny poreakcyjnej (w powyżej podanych warunkach powinny się tworzyć cząstki o średnicy 13 nm, pomiary wykonane na Wydziale Chemii UJ z użyciem przyrządu NanoSight, wykorzystującego śledzenie ruchów Browna nanocząstek przy zastosowaniu rozproszonego światła lasera dały w wyniku ok. 50 nm).
- niedomiar cytrynianu prowadzi do powstawania nanocząstek niestabilnych tzn. cząstek, które są elektrycznie obojętne lub mają zbyt mały ładunek ujemny, a przez to wykazują tendencje do łączenia się w większe aglomeraty – obok zabarwienia mieszaniny pojawia się czarny osad (aniony cytrynianowe działają zarówno jako reduktor Au(III), jak i stabilizator nanocząstek)

Opis eksperymentu: „Badanie wpływu elektrolitów na stabilność nanocząstek” (procedurę opracowali uczniowie, jest to jedna z możliwych wersji).

1. pobrać po ok. 1 cm³ roztworu zawierającego nanocząstki złota do trzech probówek, dodawać po kropli odpowiednio roztwór NaCl, roztwór sacharozy lub wodę destylowaną, obserwować zmiany barwy,
2. pobrać po ok. 1 cm³ roztworu nanocząstek do trzech probówek, dodać do każdej ok. 1 cm³ roztworu białka, dodawać po kropli odpowiednio roztwór NaCl, roztwór sacharozy lub wodę destylowaną, obserwować zmiany barwy.

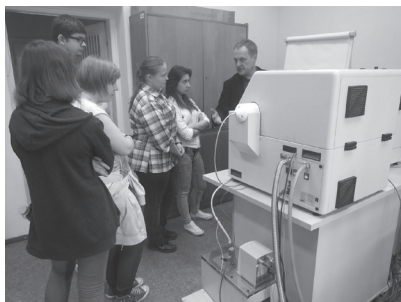
Szybka zmiana zabarwienia roztworu nanocząstek Au na niebieskie oraz stopniowe powstawanie czarnego osadu po dodaniu NaCl wynika z ich destabilizacji – obecność kationów w roztworze zmniejsza efekt stabilizujący, wynikający z odpychania ujemnie naładowanych nanocząstek (ładunek ujemny pochodzi od anionów cytrynianowych zaadsorbowanych na powierzchni Au).

Obecność cząsteczek białka, które ulegają adsorpcji na powierzchni nanocząstek ograniczając dostęp kationów, powoduje ich dodatkową stabilizację. Wpływ elektrolitów innych niż NaCl itp. na stabilność nanocząstek Au nie jest dobrze zbadany – w przypadku mocnych kwasów można oczekiwać szybszej ich destabilizacji w wyniku protonowania anionów cytrynianowych” (Makowski, 2015).

Podobny eksperyment, jak i inne propozycje warte zastosowania w praktyce szkolnej prezentują także członkowie projektu o akronimie NanoEIS (**N**anotechnology **E**ducation for **I**ndustry and **S**ociety), w którym uczestniczy Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera PAN oraz Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie (<http://www.nano-eis.eu/>).

Wystawa uczniowska

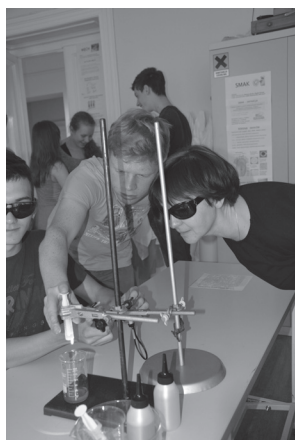
Udział w projekcie dał uczniom możliwość zbudowania interaktywnych eksponatów łączących zagadnienia z zakresu nanotechnologii i RRI. Projektowanie i budowanie eksponatów było poprzedzone udziałem w warsztatach w Muzeum UJ Collegium Maius. Gimnazjaliści i licealiści zwiedzali interaktywną wystawę «Wszystko jest liczbą» oraz mieli możliwość zapoznania się z koncepcją interaktywnego eksponatu. Interaktywność to nie tylko posługiwanie się myszą komputerową, prezentacje multimedialne i manipulowanie przedmiotami, ale także m.in. dyskusje pomiędzy uczestnikami wydarzenia muzealnego. Największym wyzwaniem było zorganizowanie finałowych wystaw w szkołach prezentujących opracowane eksponaty (rysunek 3, 4 i 5).



Rysunek 3.



Rysunek 4.



Rysunek 5.



Rysunek 6.

Uczniowie gimnazjum i liceum przy zespole szkół im. M. Reja, pracując w grupach, opracowali i wykonali osiem eksponatów według własnych pomysłów. Do najciekawszych należały:

- Animacja komputerowa symulująca tworzenie się nanocząstek złota i badanie ich stabilności w roztworze elektrolitu i nieelektrolitu. Zwiedzający wystawę mógł samodzielnie na komputerze, według instrukcji utworzyć modele agregatów nanocząstek złota i badać ich stabilność. Jednocześnie mógł obejrzeć film przedstawiający ruchy Browna nanocząstek i skonfrontować obraz z wykresami przedstawiającymi zależność wielkości skupisk od stężenia roztworu (rysunek 6).
- Stanowisko dotyczące odmian alotropowych węgla, gdzie zwiedzający mógł zapoznać się z właściwościami i budową tych odmian, a następnie wkładając ręce do 5 pudełek odgadnąć, które z nich zawiera model struktury diamentu, grafenu, fulerenów. Po wykonaniu zadania zapisywał swoją odpowiedź na kartce, którą umieszczał przy ekspozycji. W ten sposób mógł konfrontować swoją odpowiedź, z odpowiedziami innych uczestników wystawy.
- Stanowisko dotyczące wielkości obiektów. Zwiedzający na fragmencie skali, gdzie umieszczone były zdjęcia wybranych obiektów o danej wielkości, miał umieścić inne według ich rozmiarów.

Wystawa została zorganizowana w ostatnim tygodniu roku szkolnego. Odwiedzili ją wszyscy uczniowie szkoły, nauczyciele, rodzice. Najtrudniejsze było stworzenie koncepcji eksponatów, które miały łączyć elementy interaktywności z nanotechnologią i uwzględnić ideę RRI. Mimo początkowych trudności, wykonanie eksponatów sprawiło uczniom wiele radości, a efekt finalny przyniósł im satysfakcję.

Uczniowie liceum (XV LO) również pracując w grupach, przygotowali osiem stanowisk dla zwiedzających. Największym zainteresowaniem cieszyły się:

- Stanowisko «nanoskala». Na rozwieszonej linii umieszczono fotografie różnych obiektów (np. wirus ptasiej grypy, nanorurki, cząsteczka benzenu, włos) oraz informacje o ich wielkości. Zadaniem zwiedzających było wybranie z koszyka przedmiotów mających związek z fotografiami (np. peruka, pióro gęsie) i umieszczenie ich w odpowiednim miejscu.
- Model mikroskopu AFM zbudowanego z klocków. Zadaniem zwiedzającego było odkrycie rozkładu magnesów w pudełku na podstawie siły przyciągania i obserwacji światła lasera na skali.
- Stanowisko «naukowiec». Na tablicy w skali 1:1 został narysowany wizerunek naukowca. Z koszyka zwiedzający mógł wybrać karteczki na magnesach z cechami, jakie według niego powinien posiadać naukowiec i umieścić je na rysunku. Każdy mógł również wypełnić krótką ankietę badającą predyspozycje do wykonywania takiego zawodu.

Wystawę zorganizowano w ważnym dniu z życia szkoły, przy okazji cyklicznej imprezy «Bieg po zdrowie». Dzięki temu, oprócz uczniów szkoły i nauczycieli, mogli ją odwiedzić ją również uczniowie z Niemiec biorący udział w wymianie międzynarodowej. Wystawa spotkała się z ich szczególnym zainteresowaniem i uznaniem.

Obydwie szkolne wystawy zostały bardzo pozytywnie ocenione przez zwiedzających, czemu dali wyraz w końcowej ankiecie.

Podsumowanie

Z obserwacji autorek, przemyśleń i wypowiedzi uczniów wynika, że mimo zróżnicowanej wiekowo grupy uczniów, trudnej tematyki i nowatorskich zadań podjęcie się wyzwania udziału w projekcie, zarówno przez nauczycieli, jak i uczniów można ocenić bardzo pozytywnie. Udział w zajęciach wywołał żywe zainteresowanie nowoczesnymi technologiami, tematem nieujęty w podstawie programowej nauczania chemii w gimnazjum i liceum. Uczestnictwo w projekcie obudziło w uczniach pokłady kreatywności, nauczyło współpracy w grupach o różnym poziomie wiekowym, a przede wszystkim zwróciło uwagę na kwestię odpowiedzialności w prowadzeniu badań naukowych i wdrażaniu wynalazków. Dzięki wystawie, informacje na powyższe tematy mogły dotrzeć do większego grona odbiorców.

Bibliografia

- Bereźnicki, F., (2015). Dydaktyka szkolna dla kandydatów na nauczycieli, Impuls. Kraków, 155-161
- Bernard, P., Białas, A., Broś, B., Ellermeijer, T., Kędzierska, E., Krzeczowska, M., Maciejowska, I., Odrowąż, E., Szostak, E., (2012). *Podstawy metodologii IBSE*, [w:] Nauczanie przedmiotów przyrodniczych kształtujące postawy i umiejętności badawcze uczniów, Wydział Chemii UJ, Kraków, 9-17

Makowski W., (2015). Opracowanie własne na podstawie Journal of Chemical Education, (2004), 81/4, 544A-B

