

PODRÓŻ W GŁĄB KATALIZATORA – REALIZACJA PROJEKTU IRRESISTIBLE W LICEUM OGÓLNOKSZTAŁCĄCYM NR III W OSTROWCU ŚWIĘTOKRZYSKIM

Dorota Kamińska

Liceum Ogólnokształcące nr III im. Wł. Broniewskiego w Ostrowcu Świętokrzyskim

dkam@o2.pl

Wprowadzenie – o projekcie

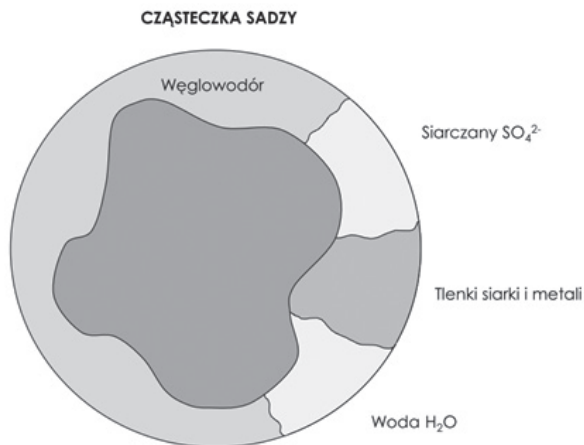
Celem projektu IRRESISTIBLE jest opracowanie propozycji działań, które wspierać będą zaangażowanie uczniów i społeczeństwa w szeroko rozumiany proces odpowiedzialnych badań naukowych i innowacji (ang. *Responsible Research and Innovation* – RRI, www.irresistible-project.eu). W jaki sposób może być to realizowane i co naprawdę oznacza określenie „odpowiedzialne badania i innowacje” można spróbować zrozumieć rozpatrując sześć elementów kluczowych tej koncepcji (na podstawie Sutcliffe, 2011):

- **Zaangażowanie** - wspólny udział naukowców, przemysłu i społeczeństwa obywatelskiego w procesie badań i innowacji, na przykład w postaci konsultacji społecznych, prac ekologicznych organizacji pozarządowych,
- **Równość płci** - uwolnienie pełnego potencjału społeczeństwa, równoprawny udział obu płci w zespołach badawczych i wdrożeniowych,
- **Kształcenie w zakresie przedmiotów ścisłych i przyrodniczych** - twórcza edukacja wspierająca przyszłe potrzeby społeczeństwa, umożliwiająca udział nie tylko w pracach naukowych, ale także w otwartych dyskusjach na temat badań i innowacji oraz podejmowaniu decyzji **Etyka** - skierowanie uwagi na społeczne znaczenie tematyki badań i innowacji oraz nacisk na akceptowalność ich wyników,
- **Nieograniczony dostęp** - wolny, bezpłatny dostęp do wyników badań finansowanych ze środków publicznych,
- **Zarządzanie** - odpowiedzialność decydentów politycznych za tworzenie harmonijnych modeli prowadzenia badań naukowych i wprowadzania innowacji.

Tematyka zajęć - silniki Diesla a nanochemia

Bazą do dyskusji o RRI wśród uczniów biorących udział w projekcie były najnowsze osiągnięcia naukowe w zakresie nanotechnologii oraz zastosowania katalizy w ochronie środowiska. Realizowana w III LO w Ostrowcu Św. ścieżka dydaktyczna „Podróż w głąb katalizatora” obejmowała zagadnienia związane z otrzymywaniem katalizatorów, modyfikowaniem ich powierzchni i zastosowaniem w reakcjach chemicznych. Zagadnieniem wprowadzającym była szkodliwość spalin emitowanych przez silniki Diesla. Spaliny te są mieszaniną wielu substancji gazowych oraz cząstek stałych. Faza gazowa zawiera: tlenek węgla(IV), tlenek węgla(II), tlenki azotu, parę wodną, węglowodory o niskiej masie cząsteczkowej, aldehydy (metanal, etanal, propenal), benzen oraz wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne. Cząstki stałe (głównie sadza) mają średnicę poniżej $2,5 \cdot 10^{-6}$ m, jednak największa ich grupa ma rozmiary poniżej 10^{-7} m, to znaczy < 100 nm. Ich rdzeń stanowi ok. 75% masy cząstki i składa się z czystego węgla. 25% to zaadsorbowane na powierzchni rdzenia związki organiczne oraz niewielkie ilości siarczanów(VI), azotanów(V) i metali (rysunek 1). Ze względu

na dużą powierzchnię właściwą, ilość zaadsorbowanych substancji jest znaczna. Skład spalin zależy od typu silnika (między innymi od tego, czy paliwo w danym silniku jest wtryskiwane bezpośrednio do cylindra, do komory wirowej czy wstępnej), trybu pracy (przyspieszanie, bieg jałowy) oraz składu paliwa. Paliwa silnikowe charakteryzowane są nie tylko przez liczbę oktanową, ale i cetanową, która określa zdolność olejów napędowych do samozapłonu. Im niższa liczba cetanowa, tym dłuższy czas mija od podania paliwa do jego zapłonu, co ma znaczący wpływ na dymienie. Ilość emitowanych zanieczyszczeń została znacznie zredukowana na przestrzeni lat. Jednak nawet najnowsze silniki nadal produkują szczególnie niebezpieczne wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (Health Assessment Document for Diesel Engine Exhaust, 2012).



Rysunek 1. Model cząstki sadzy (na podstawie: Witkowski)

Krótkotrwała ekspozycja na spaliny z silników diesla może powodować podrażnienie oczu, gardła, zawroty głowy, kaszel, zaostrzenie objawów astmy. Długotrwała ekspozycja może być przyczyną zmian histopatologicznych w płucach i raka płuc (Health Assessment Document for Diesel Engine Exhaust, 2002). Za rozwój nowotworów odpowiedzialne są przede wszystkim węglowodory aromatyczne, które dostają się do płuc w fazie gazowej lub zaadsorbowane na cząstkach sadzy. W 2012 roku Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) wpisała spaliny emitowane przez silniki Diesla na listę substancji jednoznacznie rakotwórczych. Wcześniej były sklasyfikowane tylko jako prawdopodobnie rakotwórcze (Metherell, 2012).

Przebieg realizacji projektu

Pierwsze zajęcia projektowe poświęcone były określeniu tego, jak powstaje nauka. Słowo „nauka” ma w języku polskim kilka znaczeń np. „ogół uporządkowanej i należytej uzasadnionej wiedzy ludzkiej”, ale też „uczenie się, kształcenie” czy „pouczenie, wskazówka, morał” (Mały słownik języka polskiego, 1974). Uczniowie spotykają się z „nauką” w szkole, gdzie nauczyciel zna odpowiedzi na wszystkie (lub prawie wszystkie pytania), a wyniki wykonywanych doświadczeń są przewidywalne. Naukowcy znajdują się w zupełnie innej sytuacji, gdyż jedynie przypuszczają (stawiają hipotezy), jaki będzie efekt eksperymentu. Na zajęciach projektowych młodzież poznała, na czym polega metoda naukowa, czyli jak planują eksperymenty naukowcy. Omówione zostały kolejne etapy ich pracy, jak (Zieliński, 2012):

- identyfikacja problemu,
- analiza dotychczasowej wiedzy na ten temat,
- zadanie pytania badawczego,
- ew. postawienie hipotezy,
- planowanie badań (wybór metod, zmiennych),
- przeprowadzenie badań naukowych (eksperymentalnych, obserwacji),
- analiza danych,
- wyciągnięcie wniosków (synteza),
- porównanie i poddanie krytycznej analizie innych naukowców wyników badań i wniosków.

Podsumowaniem zajęć były plakaty, przygotowane przez uczniów, przedstawiające schemat postępowania w metodzie naukowej.

Celem kolejnych zajęć było przygotowanie uczestników projektu do pracy metodą IBSE (nauczanie przez dociekanie naukowe). Uczniowie nauczyli się formułowania pytań badawczych, stawiania hipotezy i weryfikowania ich poprzez samodzielnie zaplanowany eksperyment, a na koniec krytycznej oceny wyników. Doświadczenia zaplanowane w realizowanej ścieżce były ciekawe i zupełnie nowe:

- Pierwsze eksperymenty polegały na otrzymaniu nanoszlota i bizmutu o rozdrobnieniu koloidowym. Uczniowie obserwowali zmianę właściwości spowodowaną dużym rozdrobnieniem. W przypadku nanoszlota była to zmiana barwy, w przypadku bizmutu – pojawienie się właściwości piroforycznych. Koloidalny bizmut powstaje przez rozkład Dermatolu (zasadowego gallusanu bizmutu) – zasyпки, którą można kupić w aptece.
- Kolejny problem badawczy analizowany przez uczniów to „Rozdrobnienie a powierzchnia właściwa”. W tym celu badali oni właściwości sorpcyjne węgla drzewnego i printeksu (tonera do kserokopiarek).
- Następnie uczniowie otrzymywali krystaliny tlenku żelaza(III) o różnych powierzchniach. Eksperyment ten wymagał prażenia substancji w wysokiej temperaturze. Z powodzeniem została wykorzystana do tego celu kuchenka mikrofalowa. Można przy jej pomocy uzyskać temperaturę nawet powyżej 1000 °C (Lühken, 2010).
- Następnie zostały zbadane właściwości katalityczne przygotowanych krystalitów tlenku żelaza(III) w reakcji rozkładu H₂O₂. W czasie doświadczenia uczniowie używali wody utlenionej z dodatkiem płynu do mycia naczyń. Wydzielający się gaz powodował powstanie piany, której wysokość słupa w cylindrze miarowym pozwalała na bardziej ilościową ocenę aktywności katalizatora, porównanie wyników w kolejnych próbach i pomiędzy grupami. Uczniowie zbadali również aktywności tlenku żelaza(III) jako katalizatora dopalania sadzy.

Odpowiedzialne badania i innowacje

Problematyka odpowiedzialnych badań i innowacji została wprowadzona w oparciu na historii stosowania azbestu, talidomidu i DDT, a następnie rozwinięta w dyskusji o energii pochodzącej ze spalania paliw kopalnych, a w szczególności o pracy i modyfikacjach silników Diesla. Do omówienia aspektów etycznych został wykorzystany także życiorys Fritza Habera, który to uczony z jednej strony był twórcą metody syntezy amoniaku z azotu

występującego w powietrzu, metody pomagającej wyżywić ludzkość (nawozy amonowe), a z drugiej – broni chemicznej (cyklon B). Uczniowie dyskutowali również zagadnienia RRI z naukowcami podczas wizyty na Wydziale Chemii UJ.

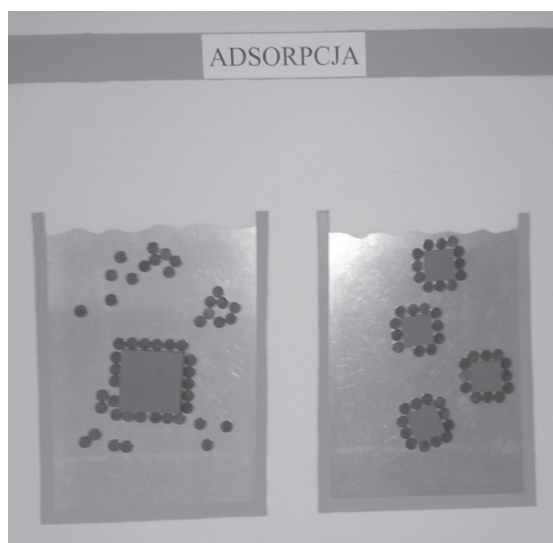
Wystawa szkolna

Równocześnie z eksperymentami młodzież przygotowywała interaktywną wystawę dotyczącą zagadnień RRI, nanotechnologii i katalizy. Wiedzę potrzebną do tych działań uczniowie zdobyli podczas warsztatów prowadzonych przez dr Macieja Kluzę, pracownika Muzeum Uniwersytetu Jagiellońskiego i zajęciach na wystawie „Wszystko jest liczbą”. Podczas kolejnych etapów prac czyli planowania, zakupu odpowiednich materiałów, wykonania eksponatów i przygotowania opisów uczniowie wykazali się niezwykle kreatywnością i samodzielnością. W efekcie w szkole powstała interaktywna wystawa pt. „NANOŚWIAT”, na której znalazło się dziewięć eksponatów, z których trzy przedstawiono poniżej, ilustrujących właściwości powierzchni, zasadę działania katalizatora samochodowego, nanoskalę, problemy RRI. Eksponaty były kolorowe i zachęcały widzów do zainteresowania się nietłętymi przecież treściami.

Ekspонат 1

Adsorpcja to przykład eksponatu, który w prosty sposób ilustruje zmianę powierzchni adsorbenta w wyniku jego podziału na mniejsze fragmenty (rysunek 2). Uczniowie przygotowali następujący opis:

Wyobraź sobie, dwie zlewki, w których znajduje się woda. W każdej z nich jest 500 cm^3 cieczy, do której wprowadzono po 50 cm^3 barwnika. Czarne magnesy to cząsteczki barwnika. Masz do dyspozycji dwa adsorbenty (czerwone kwadraty). W każdej zlewce znajduje się tyle samo cząsteczek barwnika. Czy po wprowadzeniu adsorbenta do pierwszej zlewki roztwór odbarwi się? Co wydarzy się gdy adsorbent podzielimy na mniejsze części (cztery)? Czy możliwe jest odbarwienie roztworu w drugiej zlewce? Dlaczego?



Rysunek 2. Zdjęcie eksponatu „Adsorpcja”

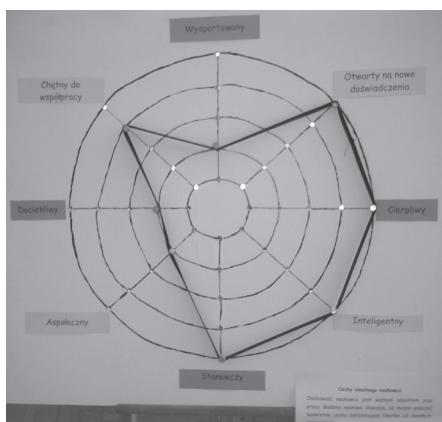
Eksponat 2 i 3

Idealny naukowiec

Eksponat ten przyciągał uwagę możliwością samodzielnego wyboru twarzy (o określonej mimice, płci), którą zwiedzający mógł umieścić na planszy (rysunek 3). Następnie mógł zdecydować, jakie cechy powinien posiadać naukowiec, zaznaczając je na przygotowanym wykresie radarowym (rysunek 4).



Rysunek 3. Zdjęcie eksponatu „Idealny naukowiec”



Rysunek 4. Zdjęcie eksponatu „Cechy naukowca”

W przypadkach obu powyżej omówionych eksponatów zwiedzający, przed podjęciem własnych działań, mogli się zapoznać z wyborami dokonanyymi przez ich poprzedników i porównać je następnie z własnymi propozycjami. To ważny element współczesnych wystaw interaktywnych (nie ma już na nich żadnego „proszę odłożyć elementy na swoje miejsce”), gdzie istnieje możliwość intencjonalnej modyfikacji eksponatu poprzez pozostawienie na nim śladów własnej aktywności.

Projekt uwzględniał wykorzystanie narzędzi Web 2.0 tzn. „potoczne określenie serwisów internetowych, powstałych po 2001, w których działaniu podstawową rolę odgrywa treść

generowana przez użytkowników danego serwisu (https://pl.wikipedia.org/wiki/Web_2.0). Jednym z najczęściej używanych jest Facebook. Założenie zamkniętej grupy roboczej na tej platformie, w której uczestniczył nauczyciel i uczniowie – uczestnicy projektu, miało szereg zalet:

- uczniowie umieszczali wyniki swoich prac,
- uczniowie sami organizowali swoją pracę,
- nauczyciel miał możliwość umieszczania np. materiałów, z których uczniowie będą korzystać na zajęciach,
- informacje docierały do wszystkich uczniów,
- nauczyciel miał możliwość monitorowania pozalekcyjnej aktywności uczniów.

Podsumowanie

Przedstawiona powyżej tematyka zajęć nie była ujęta w całości w podstawie programowej i dlatego realizowana była w większości podczas zajęć pozalekcyjnych. Zajęcia z tej tematyki można z powodzeniem realizować również w ramach przyrody w szkole ponadgimnazjalnej, czy projektu w gimnazjum. Na podstawie obserwacji działań i wypowiedzi uczniów można stwierdzić, że treści i forma ich realizacji były dla uczniów atrakcyjne i stymulowały ich do aktywności w poszukiwaniu wiedzy, planowaniu i wykonywaniu eksperymentów, budowaniu eksponatów.

Prowadzenie zajęć w ramach tego projektu wymagało od nauczyciela zdobycia nowej wiedzy i nowego spojrzenia na zagadnienia już znane. Systematyczne, comiesięczne spotkania czy to na Wydziale Chemii UJ, czy w Muzeum UJ w Krakowie lub Centrum Nauki Kopernik w Warszawie dostarczyły niezbędnej wiedzy teoretycznej i praktycznej do realizacji zajęć z uczniami. Praca w zespole przygotowującym ścieżkę dydaktyczną, złożonym z naukowców, muzealników, dydaktyków i nauczycieli była ważnym doświadczeniem. Dzięki wspólnym działaniom powstały ciekawe materiały dotyczące bardzo aktualnych zagadnień. Materiały te warto wykorzystywać w praktyce szkolnej.

Bibliografia

- Health Assessment Document for Diesel Engine Exhaust.* (2002). Washington: National Center for Environmental Assessment Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency . Pobrane z <http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/recorddisplay.cfm?deid=29060>
- Lühken, A., (2010). Eksperymenty szkolne w domowej kuchence mikrofalowej Niedziałki, 1, s. 9-13.
- Mały słownik języka polskiego (1974). red. S. Skorupko, H. Auderska, Warszawa: PWN .
- Metherell, L. (2012). *WHO confirms diesel fumes carcinogenic* Pobrane z: <http://www.abc.net.au/news/2012-06-13/diesel-fumes-carcinogenic/4068414>
- Witkowski, Sz. *Filtry cząstek stałych DPF/FAP (część 1)*. Pobrane z: <http://autokult.pl/13793,filtry-czastek-stalych-dpffap-czesc-1>
- Sutcliffe, H. (2011). *A report on responsible research and innovation*. Brussels: Matter
- Zieliński, J. (2012). *Metodologia pracy naukowej*. Warszawa: Aspra.