



**Scenariusz wycieczki badawczej,
przeprowadzonej w klasie II szkoły ponadgimnazjalnej,
z przyrody**

1. Wątek i TEMAT: B – 31 „Wyjście (wycieczka) do Pracowni Mikroskopii Skaningowej Nauk Biologicznych i Geologicznych.”
2. Autor: Paweł Matuła
3. Klasa: II (liczba uczniów – 25 – 30)
4. Program „Przyroda”

Jest to wycieczka interdyscyplinarna poświęcona fizyce z elementami chemii i biologii.

5. Czas trwania - 45 minut
6. Czas realizacji: 45 minut.
7. Metody przeprowadzenia lekcji:
 - wykład,
 - pogadanka
 - ćwiczenia praktyczne (wycieczka terenowa)
8. Formy pracy:
 - indywidualna
 - zbiorowa jednolita.
9. Cele lekcji :
 - Zapoznanie uczniów z wieloma zjawiskami i procesami przyrodniczymi, osiągnięciami nauki i techniki.
 - Dostrzeganie i rozumienie przez uczniów zjawisk i procesów w rzeczywistości przyrodniczej.
 - Przedstawienie dorobku i znaczenia nauk przyrodniczych w opisie budowy i funkcjonowania otaczającego nas środowiska przyrodniczego.
 - Umiejętne łączenie wiedzy teoretycznej z jej praktycznym zastosowaniem.
 - Kształtowanie postawy prozdrowotnej i proekologicznej.
 - Rozwijanie zainteresowań przyrodniczych.
 - Uwrażliwienie na piękno otaczającego świata i kształtowanie poczucia odpowiedzialności za jego przyszłość.
 - Kształtowanie postaw przyczyniających się do sprawnego i odpowiedzialnego funkcjonowania w otaczającym nas świecie.
 - Wzbudzanie motywacji do samorozwoju, pogłębiania wiedzy.
10. Spodziewane efekty (umiejętności, jakie powinien zdobyć uczeń)





- Uczeń wie czym jest elektron, zna jego ładunek, masę i podstawowe właściwości.
- Uczeń potrafi wyjaśnić na czym polega dualizm korpuskularno-falowy.
- Uczeń potrafi uzasadnić w jaki sposób zjawiska falowe takie jak dyfrakcja i interferencja ograniczają powiększenie mikroskopu.
- Uczeń potrafi w sposób opisowy (bez podawania dokładnych schematów itp.) porównać działanie mikroskopu optycznego i transmisyjnego mikroskopu elektronowego.
- Uczeń potrafi opisać działanie skaningowego mikroskopu elektronowego, ze szczególnym uwzględnieniem idei skanowania próbki i tworzenia obrazu.
- Uczeń potrafi przytoczyć rzędy wielkości obiektów jakie można obserwować za pomocą mikroskopu SEM oraz porównawczo mikroskopu optycznego.
- Uczeń potrafi rozpoznać zdjęcie z mikroskopu SEM oraz wyjaśnić cechy umożliwiające jego rozpoznanie (głębina ostrości, odwzorowania jedynie powierzchni itp.).

11. Metody sprawdzania osiągniętych celów:

- aktywność w trakcie wycieczki,
- ocena pracy ucznia w grupie,
- ocena wykonania zadań ćwiczeniowych.

12. Sposoby motywowania uczniów:

- wykorzystanie aktywności uczniów na lekcji do ocenienia ich pracy (umiejętności zdobytych w trakcie wycieczki),
- przedstawienie ciekawostek związanych z tematem, dotyczących osiągnięć naukowych,
- zachęcanie do samodzielnego zdobywania wiedzy na przykład korzystania z wycieczek wirtualnych.

13. Przygotowanie do lekcji (jaki warunki powinny być spełnione aby prawidłowo przeprowadzić lekcje):

Lekcje przygotowawczą można przeprowadzić w dowolnej sali wyposażonej w projektor multimedialny. Standardowa wycieczka obejmuje zwiedzanie laboratorium obejrzeń mikroskopu, krótką prelekcję prowadzoną przez pracownika naukowego, który przyjmuje grupę uczniów. Podczas wycieczki nie ogląda się zwykle całego procesu obrazowania, gdyż jest on czasochłonny. W sytuacji kiedy w mikroskopie jest badana w trakcie wycieczki próbka można przyrzeć się sposobowi tworzenia powiększenia oraz analizy EDS. Standardowo ogląda się zapisane zdjęcia oraz wykresy EDS, a także gotowe próbki (odwodnione, napyłone i zamocowane na stoliku).

14. Bibliografia:

1. David Halliday, Robert Resnick *„Podstawy fizyki”* Tom 3, Tom 4, Wydawnictwo PWN 2012
2. Jagna Karcz, *„Mikroskopia elektronowa skaningowa w biologii”*, Uniwersytet Śląski.
3. Barbacki, *„Mikroskopia elektronowa”* Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2007.

15. Materiały on-line:



- Strona Instytut Nauk Geologicznych Uniwersytetu Jagiellońskiego - Pracowni Mikroskopii Skaningowej <http://www.ing.uj.edu.pl/nauka/pracownie/laboratorium-mikroskopii-skaningowej>
- Strona Laboratorium Skaningowej Mikroskopii Elektronowej i Mikroanalizy Rentgenowskiej AGH w Krakowie <http://www.uci.agh.edu.pl/laboratoria/laboratorium.php?a=424>
- Strona Pracowni Mikroskopii Skaningowej Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach <http://www.wbios.us.edu.pl/oferta-pracowni-sem.html>

16. Środki dydaktyczne:

- aparatura badawczo-pomiarowa,
- rysunki, schematy,
- karty pracy ucznia.

17. Materiały dydaktyczne:

- prezentacja multimedialna,
- karty pracy dla ucznia,
- słowniczek najważniejszych pojęć i haseł,
- dodatkowe materiały do wydrukowania,
- test,
- ankieta ewaluacyjna.

18. Słowniczek pojęć:

Analizator EDS – spektrometr promieniowania rentgenowskiego, pozwalający na analizę widma charakterystycznego promieniowania X emitowanego przez próbkę bombardowaną strumieniem elektronów w skaningowym mikroskopie elektronowym. Wynikiem analizy jest rozkład energii promieniowania w funkcji długości fali, charakterystyczne piki generowane przez określone pierwiastki chemiczne są porównywane z wzorcowymi widmami pierwiastków co pozwala na jakościową oraz częściowo ilościową (porównawczą) analizę składu pierwiastkowego próbki. Analizatory najczęściej zbudowane są z elementu półprzewodnikowego, który w trakcie pracy wymaga chłodzenia ciekłym azotem.

Artefakty (mikroskopia) – obiekty widoczne na obrazie mikroskopowym próbki, których w rzeczywistości nie ma. Mogą być efektem uszkodzenia próbki podczas preparowania lub pod wpływem na przykład próżni panującej w mikroskopie elektronowym. Artefakty mogą być też skutkiem zjawisk fizycznych oraz niedoskonałości optyki mikroskopu.

Charakterystyczne promieniowanie rentgenowskie – promieniowanie X emitowane przez atomy, w następstwie przeskoków elektronów z zewnętrznych (bardziej niskoenergetycznych) powłok elektronowych na puste miejsca po wybitych elektronach wtórnych z powłok wewnętrznych. Każdy pierwiastek chemiczny posiada ściśle określone długości fali emitowanego promieniowania X.

Cryo-SEM – technologia polegająca na obserwacji za pomocą mikroskopu SEM preparatów biologicznych zawierających wodę zamrożonych w temperaturze ciekłego azotu. Niska temperatura

zapobiega parowaniu wody w próżni czego skutkiem byłoby zanieczyszczenie próżni parą wodną oraz uszkodzenie próbki.

Działo elektronowe – urządzenie elektryczne (rodzaj próżniowej lampy elektronowej) służące do emisji wiązki swobodnych elektronów, składa się z katody na powierzchni której następuje emisja elektronów (polowa lub termiczna) oraz anody w formie blaszki z otworem lub pierścienia. Emitowane z katody elektrony są przyspieszane w polu elektrycznym między anodą i katodą. Część elektronów zderza się z powierzchnią anody ulegając wyhamowaniu i pochłonięciu przez nią. Elektrony trafiające w otwór w anodzie przelatują na drugą stronę gdzie są w niewielkim stopniu hamowane przez pole elektryczne, które po przeciwległej stronie jest znacznie słabsze. Dlatego wiązka elektronów może opuścić strefę oddziaływania elektrostatycznego anody.

Dyfrakcja – ugięcie fal na krawędzi przeszkody.

Elektronowolt (eV) – poza-układowa jednostka energii, energia kinetyczna jaką uzyskuje ciało o ładunku elementarnym przyspieszone przez pole elektryczne o różnicy potencjałów 1V.

Elektrony wstecznie rozproszone (BSE) – elektrony pochodzące z wiązki skanującej w skaningowym mikroskopie elektronowym, które zostały odbite od jąder atomów z których zbudowana jest próbka. Są to elektrony wysokoenergetyczne o energii nieznacznie mniejszej niż energia elektronów wiązki skanującej. Emisja elektronów BSE następuje przede wszystkim w kierunku przeciwnym do kierunku padania wiązki, zaś w niewielkim stopniu w kierunkach bocznych. Ilość emitowanych elektronów BSE silnie rośnie wraz ze wzrostem masy atomowej pierwiastków, z których zbudowana jest próbka. Dla pierwiastków lekkich takich jak wodór, tlen i węgiel jest ona pomijalnie mała (w stosunku do przeważającej ilości elektronów wtórnych), natomiast dla metali ciężkich staje się zauważalna.

Elektrony wtórne (SE) – elektrony pochodzące z atomów budujących próbkę, które zostały wybite z powłok elektronowych przez oddziaływanie pola elektrycznego przelatującego elektronu z wiązki skanującej. Elektrony wtórne posiadają niewielką energię rzędu kilkudziesięciu eV, a ich emisja następuje w różnych kierunkach.

Emisja polowa – emisja elektronów z katody występująca dzięki bardzo wysokiej różnicy potencjałów. W praktyce, aby zaszła konieczne jest wysokie napięcie przyłożone pomiędzy katodą i anodą, oraz ukształtowanie katody w formie zaostrej igły, dzięki czemu w obrębie jej grotu następuje największe zagęszczenie linii pola elektrycznego.

Emisja termiczna – emisja elektronów z powierzchni przewodnika lub półprzewodnika pod wpływem wysokiej temperatury.

Interferencja – wzajemne nakładania się fal. Jeśli następuje w zgodnej fazie wówczas fale się sumują, jeśli w przeciwnej odejmują (znoszą). W szczególności może być następstwem dyfrakcji fali na co najmniej dwóch szczelinach, wówczas ugięte fale pochodzące z obu szczelin nakładają się na siebie tworzą tzw. prążki interferencyjne.

Plamka Airy'ego – określenie obrazu jaki tworzy światło przechodząc przez kulisty otwór o średnicy porównywalnej lub maksymalnie kilkakrotnie większej niż długość fali światła. Dyfrakcja światła na krawędziach otworu powoduje rozmycie ich obrazu – krawędź staje się nieostra. Ugięte na przeciwnych krawędziach fale interferują ze sobą tworząc koncentryczne prążki wokół plamki.

Pompa próżniowa – pompa służąca wytworzeniu wewnątrz mikroskopu próżni, która jest niezbędna do poprawnej pracy urządzenia. Układy pompujące współczesnych mikroskopów SEM składają się z dwóch pomp, rotacyjnej – niskiej próżni, oraz pompy wysokiej próżni najczęściej turbomolekularnej (dawniej stosowano też pompy dyfuzyjne).

Pompa próżniowa dyfuzyjna – pompa wysokiej próżni, w której cząsteczki powietrza są zasysane przez opadający strumień par oleju. Pompa dyfuzyjna wymaga stosunkowo wysokiej próżni wstępnej, jej działanie jest powolne wymaga kilkunastominutowego rozgrzewania, ponadto wprowadza do komory mikroskopu zanieczyszczenia w formie nieskondensowanych cząsteczek oleju. Dlatego coraz częściej jest zastępowana przez bezolejowe pompy wysokiej próżni na przykład turbomolekularne.

Pompa próżniowa rotacyjna – mechaniczna pompa próżniowa wytwarzająca niską próżnię rzędu 1Pa. Jest ona nieczuła na zanieczyszczenia, parę wodną i może zostać uruchomiona przy ciśnieniu atmosferycznym. Służy do wstępnego odpompowania powietrza, niezbędnego do uruchomienia pompy wysokiej próżni (najczęściej turbomolekularnej) oraz odsysania powietrza z wylotu pracującej pompy wysokiej próżni.

Pompa próżniowa turbomolekularna – mechaniczna pompa wysokiej próżni, najczęściej stosowana w mikroskopii elektronowej do wytwarzania wysokiej próżni niezbędnej do pracy urządzenia. Musi zostać uruchomiona po wstępnym wytworzeniu niskiej próżni za pomocą pompy rotacyjnej. Jest zbudowana z wielu wirników z łopatkami, czym przypomina budowę silnika turbinowego lub odkurzacza, jedyna różnica to bardzo wysoka prędkość obrotowa i praca w warunkach próżni, kiedy to droga swobodna cząsteczek powietrza jest na tyle duża, że pomiędzy zderzeniami z łopatkami wirnika nie zderzają się one ze sobą. Pompa próżniowa turbomolekularna musi pracować równocześnie z pompą rotacyjną, która odsysa powietrze z jej wyjścia.

Rozdzielczość mikroskopu – miara określająca jakie najmniejsze obiekty można obserwować przez mikroskop. Najczęściej definiuje się ją jak najmniejszą odległość (liniową lub kątową) która pozwala na obserwację dwóch punktów jako oddzielne. Przy zmniejszaniu tej odległości punkty odwzorowują się jako coraz bardziej rozmyte plamki Airy'ego nakładające się na siebie co uniemożliwia ich rozróżnienie.

Soczewki elektromagnetyczne – ogólna nazwa układów elektromagnesów, stosowanych między innymi w mikroskopii elektronowej, których celem jest zmiana biegu wiązki elektronów. Za soczewki uważa się układy służące do ogniskowania wiązki w sposób analogiczny do światła ogniskowanego przez soczewkę skupiającą.

19. Przebieg lekcji:

Lp.	Czynności nauczyciela	Czynności uczniów	Czas [min.]	Umiejętności kształcone w czasie lekcji
1.	<p>(Lekcja przygotowawcza)</p> <ul style="list-style-type: none"> Przeprowadzenie prezentacji dotyczącej mikroskopii elektronowej, porównania mikroskopii elektronowej z optyczną ze szczególnym uwzględnieniem skaningowego mikroskopu elektronowego [klasa2_Przyroda_T31_prezentacja_w01] Nauczyciel powinien uzupełnić prezentację komentarzami oraz wyjaśnieniami adekwatnymi do wiedzy grupy docelowej. Sugerowane komentarze zostały umieszczone w prezentacji, jeśli nauczyciel nie posiada możliwości wyświetlania prezentacji projektorem z jednoczesnym podglądem komentarzy na ekranie komputera, zostały one ponadto zapisane w pliku [klasa2_Przyroda_T31_dodatkowe_materiały_w 01] w celu wydrukowania. 	Obejrzenie prezentacji i/lub wysłuchanie prelekcji	15	
2.	<p>(Wycieczka badawcza)</p> <ul style="list-style-type: none"> Przeprowadzenie wycieczki jednego z ośrodków uniwersyteckich wyposażonych w skaningowy mikroskop elektronowy. 	Uczestnictwo w wycieczce, wysłuchanie prelekcji nauczyciela lub pracownika naukowego, zadawanie pytań oraz wykonywanie notatek.	30	