



Co to jest chemiluminescencja i co ma wspólnego z fosforem?

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Symulacja interaktywna](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Co to jest chemiluminescencja i co ma wspólnego z fosforem?

Bioluminescencja to rodzaj chemiluminescencji. Przykładem mechanizmu odpowiedzialnego za świecenie u niektórych zwierząt jest enzymatyczne utlenianie lucyferyny z udziałem lucyferazy.

Źródło: Basile Morin, dostępny w internecie: commons.wikimedia.org, licencja: CC BY 4.0.

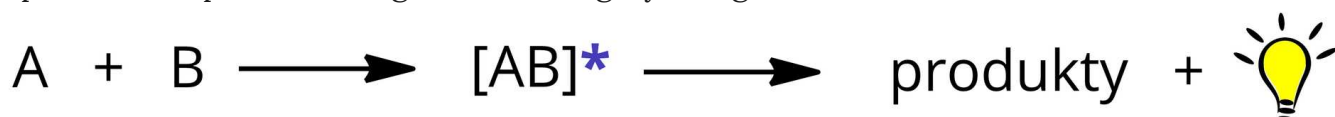
Czy znasz historię kamienia filozoficznego, poszukiwanego przez alchemików? Tej legendarnej substancji, która miała zmieniać metale nieszlachetne w złoto, poszukiwali alchemicy od początków naszej ery. W 1669 roku H. Brand odkrył pierwiastek, który posiadał zdolność świecenia w ciemności. Czy wiesz, o jakim pierwiastku mowa? Może wiesz, jak nazywa się to zjawisko oraz na czym polega?

Twoje cele

- Wyjaśnisz, na czym polega zjawisko chemiluminescencji.
- Wymienisz luminofory.
- Przedstawisz równanie reakcji zachodzącej w czasie chemiluminescencji fosforu.

Przeczytaj

Chemiluminescencja, jak sama nazwa wskazuje, jest zjawiskiem związanym z emisją światła (ściślej fal świetlnych) na skutek reakcji chemicznych. W trakcie przebiegu takiej reakcji zostaje utworzony wzbudzony produkt przejściowy, który jest wysokoenergetyczny. Światło (fotony świetlne), emitowane w trakcie tej reakcji, jest efektem powstania produktów i powrotu do podstawowego stanu energetycznego.



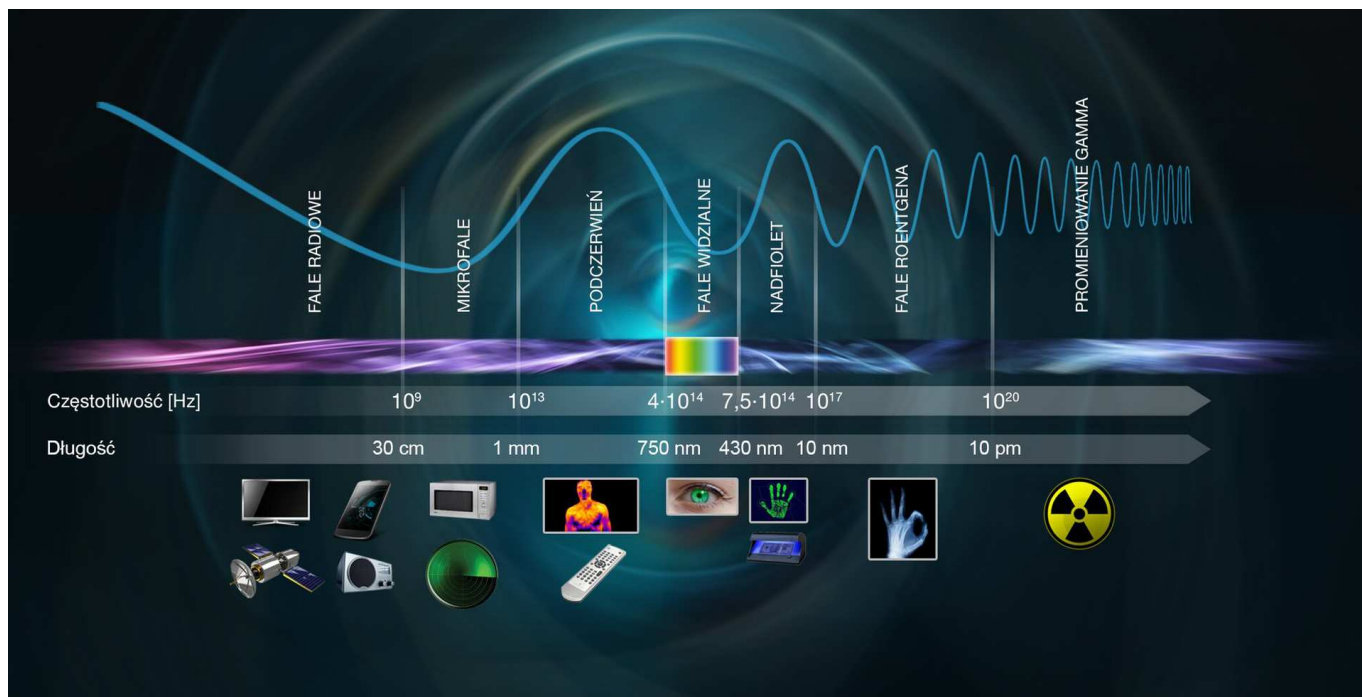
* wzbudzony produkt przejściowy

Schemat zjawiska chemiluminescencji. Żarówka symbolizuje emitowane światło.

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

W jaki sposób, w trakcie chemiluminescencji, powstaje światło widzialne?

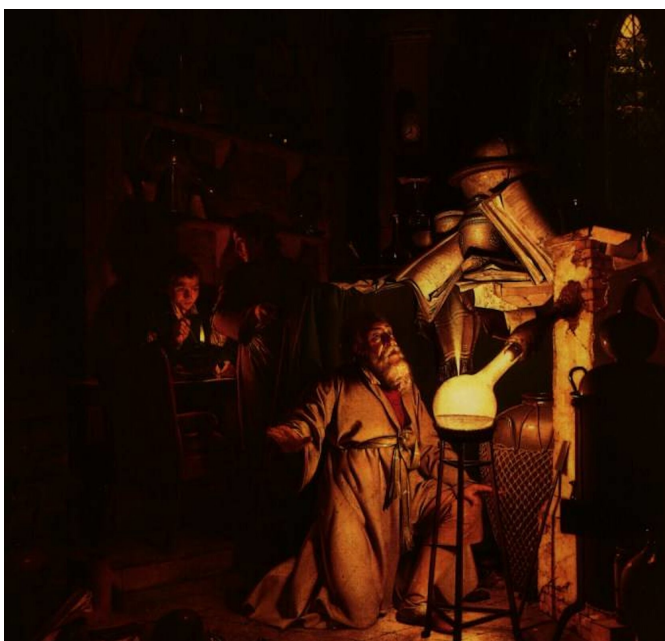
Gdy elektron wraca do stanu podstawowego, uwalnia kwant energii w formie promieniowania elektromagnetycznego. Długość fali tego promieniowania jest zależna od ilości energii uwolnionej w trakcie przejścia. Jeśli fale mieszczą się w zakresie światła widzialnego, wówczas jesteśmy w stanie je zaobserwować. Ich barwa uzależniona jest od długości fali.



Spektrum fal elektromagnetycznych

Źródło: epodreczniki.pl, dostępny w internecie: <https://epodreczniki.pl/a/grafika-interaktywna/DRNFrN0kD>, licencja: CC BY-SA 3.0.

Ciekawostka



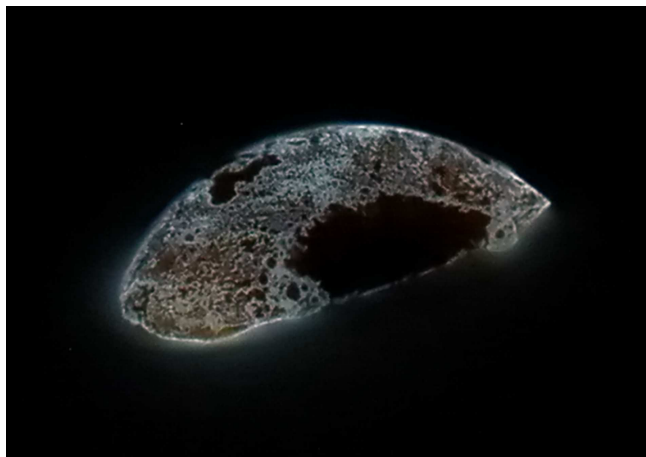
Alchemista w poszukiwaniu kamienia filozoficznego

Źródło: Joseph Wright of Derby, dostępny w internecie: commons.wikimedia.org, domena publiczna.

Próby odkrycia magicznego (hipotetycznego) kamienia filozoficznego przez alchemików znane są od wielu wieków. I chociaż nigdy takiego odkrycia nie dokonano, bo – jak wiadomo – była to tylko ułudą skrajnych naukowców-alchemików, dążenia te niejednokrotnie prowadziły do przełomowych odkryć nowych związków czy pierwiastków chemicznych. Jednym z nich zasłynął Hennig Brand, który 1669 roku odkrył biały fosfor. Wykorzystując zdolność do emitowania światła przez ten oto pierwiastek, niemiecki alchemik sprzedawał świecący w ciemności preparat drożej niż złoto.

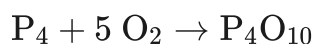
Zjawisko chemiluminescencji dotyczy różnych luminoforów, np. utleniania fosforu białego, utleniania luminolu, reakcji lucyferyny z lucyferazą, redukcji kompleksów Ru(III) anionem tetrahydroboranowym, utleniania lofiny, utleniania pirogalolu w obecności formaldehydu (reakcja Trautza-Schorigina), singletowej odmiany tlenu $^1\text{O}_2$, aktywowanych szczawianów fenolowych.

Zjawisko chemiluminescencji jest popularne od czasu odkrycia fosforu. Znanych jest kilka odmian alotropowych tego pierwiastka, jednak omawiane zjawisko obserwowane jest tylko dla fosforu białego. Mowa tu o woskowatej substancji, bardzo toksycznej (dawka śmiertelna to zaledwie 0,1 g) i skrajnie łatwopalnej (ulega samozapłonowi na powietrzu), która występuje w postaci czteroatomowych cząsteczek P_4 . Zdolność do emitowania światła zachodzi w wyniku jego utleniania do dziesięcioletku tetrafosforu, czyli tlenku fosforu(V). Początkowo fosfor utleniany jest do produktów przejściowych (nieutrwałych niższych tlenków fosforu), które ulegają rozkładowi, a w efekcie emitują światło i ostatecznie tworzą P_4O_{10} . Światło emitowane podczas tego zjawiska przyjmuje wówczas barwę żółtozieloną. Ta właściwość już w XVII wieku służyła do tworzenia świecących napisów. Znane są również badania układów fosforu z tlenem w kontekście jego zastosowań w układach laserowych.



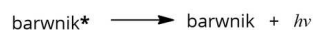
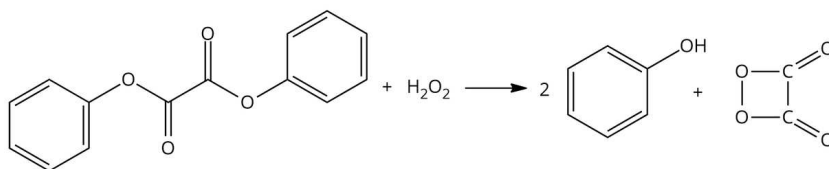
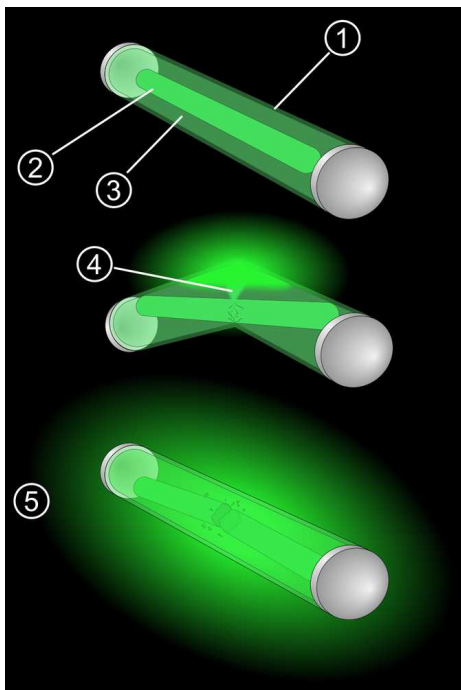
Biały fosfor, wystawiony na działanie powietrza, świeci w ciemności.

Źródło: Endimion17, dostępny w internecie: en.wikipedia.org, licencja: CC BY-SA 3.0.



Ciekawostka

Fluorescencyjne bransoletki, pałeczki, które urozmaicają m.in. koncerty, są oparte o zjawisko chemiluminescencji. Zawarte w nich aktywowane szczawiany bisfenylu (z barwnikami fluorescencyjnymi) w reakcji z nadtlakiem wodoru powodują emisję światła. Najbardziej znane przykłady szczawianów, stosowanych w tym celu, to DNPO (szczawian bis(2,4-dinitrofenylu)) i TCPO (szczawian bis(2,4,6-trichlorofenylu)). Należy jednak być ostrożnym w stosowaniu tego typu przedmiotów, ponieważ w trakcie trwających tam reakcji wydzielają się toksyczne fenole.



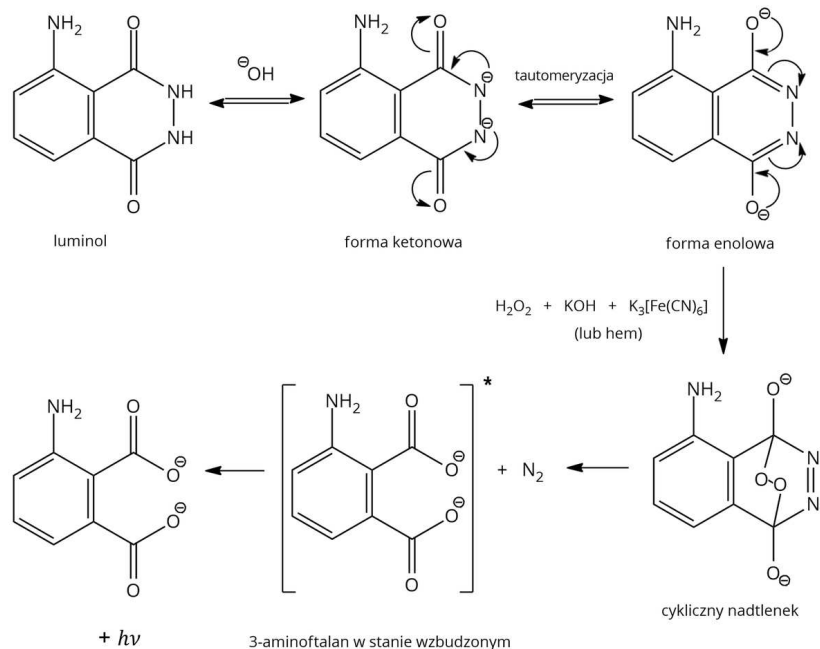
Zjawisko chemiluminescencji na przykładzie fluorescencyjnej pałeczki.

W plastikowej obudowie (1) znajduje się szklany pojemniczek z nadtlenkiem wodoru (2), otoczony roztworem estru kwasu szczawiowego i barwnika fluorescencyjnego (3). Po zgięciu, wewnętrzny szklany pojemnik pęka i roztwory się mieszają (4). Po tym zachodzą reakcje chemiczne, przedstawione po prawej stronie, dzięki którym dochodzi do emisji światła (5).

Źródło: Pbroks13, licencja: CC BY 3.0.

Dla zainteresowanych

W medycynie sądowej chemiluminescencja luminolu wykorzystywana jest w celu wykrywania krwi na miejscu zbrodni. W tym celu specjalną mieszaną luminolu z nadtlenkiem wodoru rozpyła się nad domniemanym miejscem przestępstwa. Jeśli obecna była krew, to żelazo, znajdujące się w hemoglobinie, zadziała jak katalizator (dlatego wykryte zostaną nawet śladowe ilości krwi) i po zgaszeniu światła będzie można dostrzec niebieskie światło (świecące przez około 30 sekund).



Świecenie luminolu w teście na obecność krwi

Źródło: Adam Kozak - archiwum Centrum Nauki Kopernik, licencja: CC BY-SA 4.0.

Słownik

alotropia

(gr. *állos* „obcy”, „inny”, *trópos* „sposób”, „postać”) występowanie tego samego pierwiastka chemicznego w dwóch lub więcej odmianach, znajdujących się w tym samym stanie skupienia

chemiluminescencja

zjawisko emisji fal świetlnych na skutek reakcji chemicznych

samozapłon

samorzutne zapoczątkowanie spalania, które nie wymaga inicjującego działania iskry elektrycznej lub płomienia

luminofor

substancja, która wykazuje luminescencję lub fosforescencję

foton

(gr. *phós* „światło”) cząstka elementarna, która stanowi kwant energii promieniowania elektromagnetycznego, będący nośnikiem oddziaływań elektromagnetycznych

Bibliografia

Encyklopedia PWN

Hejwowska S., Marcinkowski R., *Równowagi i procesy jonowe*, Gdynia 2005.

<https://www.scienceinschool.org/pl/2011/issue19/chemiluminescence> (dostęp: 27.07.2021).

<https://www.chemistryandlight.eu/theory/chemiluminescence/> (dostęp: 27.07.2021).

<https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/j100273a041>

Symulacja interaktywna

Symulacja 1

Czy wiesz, że fosfor biały wykazuje właściwości chemiluminescencyjne? Przeanalizuj poniższą symulację i sprawdź, jak z czerwonej odmiany alotropowej fosforu uzyskać efekt świetlny, zwany chemiluminescencją. Następnie rozwiąż ćwiczenia sprawdzające.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DAlnRWUQF>

Symulacja interaktywna pt. *Co to jest chemiluminescencja i co ma wspólnego z fosforem?*

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 1

Odpowiedz na poniższe pytania.

Z jaką reakcją związana jest chemiluminescencja fosforu? Dlaczego w przeprowadzonym w powyższej symulacji doświadczeniu użyto tlenku węgla(IV) oraz zwilżonej bibuły?

Odpowiedź:

Ćwiczenie 2

Oceń prawdziwość zdań. Zaznacz „Prawda”, jeśli zdanie jest prawdziwe, lub „Fałsz”, jeśli jest fałszywe.

Twierdzenie	Prawda	Fałsz
Wydzielony na ściankach probówki fosfor czerwony wykazuje chemiluminescencję w wyniku reakcji utlenienia.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fosfor biały jest silnie toksyczny i może ulec samozapłonowi, dlatego przed jego otrzymaniem probówkę należy wypełnić tlenkiem węgla(IV).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Zwilżona bibuła na probówce zapobiega skraplaniu się białego fosforu.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Chemiluminescencja to:

- zjawisko emisji fal świetlnych na skutek działania prądu elektrycznego.
- zjawisko emisji fal świetlnych na skutek pochłonięcia promieniowania elektromagnetycznego.
- zjawisko emisji fal świetlnych na skutek promieniowania cieplnego.
- zjawisko emisji fal świetlnych na skutek reakcji chemicznych.

Ćwiczenie 2



Oceń prawdziwość zdań.

Zdanie	Prawda	Fałsz
Chemiluminescencja to zjawisko obserwowane wyłącznie dla fosforu.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Luminoforami nazywane są substancje, które wykazują luminescencję.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wszystkie odmiany alotropowe fosforu wykazują chemiluminescencję.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
W trakcie chemiluminescencji fosforu powstaje wodorek fosforu.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Ćwiczenie 3



Chemiluminescencja jest wykorzystywana na różny sposób. W [] chemiluminescencja luminolu wykorzystywana jest w celu wykrywania [] na miejscu zbrodni. Aby móc to wykorzystać, należy mieszkę luminolu z [] rozpylić się nad domniemanym miejscem przestępstwem. Jeśli obecna była krew, to [], znajdujące się w hemoglobinie, zadziała jak [] i po zgaszeniu światła będzie można dostrzec [] światło.

żelazo

katalizator

indykator

czerwone

miedź

krwi

niebieskie

medycynie sądowej

odcisków palców

nadtlenkiem wodoru

Ćwiczenie 4



Zapisz równanie reakcji tworzenia z fosforu odpowiedniego tlenku fosforu, które jest podstawą obserwowanej chemiluminescencji tego pierwiastka.

Odpowiedź:

Ćwiczenie 5



Wskaż prawidłową odpowiedź.

Która z odmian alotropowych fosforu wykazuje chemiluminescencję?

fosfor fioletowy

fosfor biały

fosfor czarny

fosfor czerwony

Ćwiczenie 6



Wskaż prawidłową odpowiedź.

Foton to:

- najmniejsza cząstka elementarna, o jaką może zmienić się dana wielkość fizyczna w danym pojedynczym zdarzeniu.
- cząstka elementarna o całkowitym spinie.
- cząstka elementarna, która stanowi kwant energii promieniowania elektromagnetycznego.
- cząstka elementarna o ułamkowym ładunku elektrycznym.

Ćwiczenie 7



Odpowiedz na pytania dotyczące fal elektromagnetycznych. Jeśli uznasz to za konieczne, skorzystaj z odpowiedzi, w której umieszczona jest grafika pomocnicza.

1. W jakim zakresie długości fal elektromagnetycznych mieści się światło widzialne?

2. Zakres widzialny promieniowania elektromagnetycznego mieści się pomiędzy jakimi rodzajami fal elektromagnetycznych?

3. Uszereguj rodzaje fale elektromagnetyczne wg malejącej częstotliwości.

4. Która fala elektromagnetyczna posiada największą częstotliwość i najmniejszą długość fali?

5. Jakiemu kolorowi odpowiada najmniejsza długość fali świetlnej promieniowania widzialnego, a jakiemu największa?

Ćwiczenie 8



Pewna rozgłośnia radiowa jest dostępna przy częstotliwości 80,2 MHz. Oblicz, jaką długość ma ta fala ($v = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$). Wynik podaj z dwoma miejscami znaczącymi.

Odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 9



Zapoznaj się z treścią ćwiczenia, a następnie odpowiedz na pytania.

Uczeń przeprowadził doświadczenie zwane próbą Mitscherlicha. W tym celu kolbę okrągłodenną do połowy uzupełnił wodą, następnie wrzucił do niej kawałek białego fosforu i porcelany. Na kolbę zamontował chłodnicę zwrotną kulkową i całość umieścił na statywie. Kolbę ogrzewał do wrzenia przy użyciu palnika. Przygasił światło i zaobserwował przesuwający się od dołu chłodnicy ku jej wylotowi płomień. Płomień ten nie zapalił papierka przystawionego do wylotu chłodnicy.

1. Jakiego koloru był przesuwający się płomień?

2. Dlaczego papierek nie uległ zapaleniu?

3. Dlaczego do kolby dodano porcelanę?

Dla nauczyciela

Scenariusz zajęć

Autor: Aleksandra Marszałek-Harych, Krzysztof Błaszczak

Przedmiot: chemia

Temat: Co to jest chemiluminescencja i co ma wspólnego z fosforem?

Grupa docelowa: III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony; uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie podstawowym i rozszerzonym

Podstawa programowa:

Poziom podstawowy i rozszerzony

Wymagania ogólne

I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Uczeń:

1) pozyskuje i przetwarza informacje z różnorodnych źródeł z wykorzystaniem technologii informacyjno-komunikacyjnych.

II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Uczeń:

1) opisuje właściwości substancji i wyjaśnia przebieg procesów chemicznych;

2) wskazuje na związek właściwości różnorodnych substancji z ich zastosowaniami i ich wpływem na środowisko naturalne;

4) wskazuje na związek między właściwościami substancji a ich budową chemiczną.

Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii;
- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne

Uczeń:

- wyjaśnia, na czym polega chemiluminescencja;

- analizuje ruch elektronu w trakcie chemiluminescencji;
- wymienia luminofory;
- pisze równanie reakcji zachodzącej w czasie chemiluminescencji fosforu.

Strategie nauczania:

- asocjacyjna.

Metody i techniki nauczania:

- analiza materiału źródłowego;
- dyskusja dydaktyczna;
- ćwiczenia uczniowskie;
- okienko informacyjne;
- symulacja interaktywna;
- technika zdań podsumowujących.

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- praca w parach;
- praca w grupach;
- praca całego zespołu klasowego.

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami, słuchawkami z dostępem do Internetu/smartfony, tablety;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda;
- rzutnik multimedialny.

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Zainteresowanie i dyskusja. Nauczyciel pyta zadaje pytanie: Czym jest chemiluminescencja?
2. Rozpoznanie wiedzy wyjściowej. Uczniowie starają się podać przykłady luminoforów.
3. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji, które uczniowie zapisują w portfolio.

Faza realizacyjna:

1. Powrót do fazy wstępnej. Jeśli uczniowie mieli problem z udzieleniem odpowiedzi na postawione pytania, nauczyciel prosi ich o zapoznanie się z treścią e-materiału

i wyszukanie odpowiedzi, po czym chętne osoby podają na forum poprawne odpowiedzi.

2. Uczniowie analizują w parach symulację interaktywną e-materiału i na jej podstawie wykonują zawarte w medium ćwiczenia. Wybrana osoba ma za zadanie zapisać reakcję chemiczną na tablicy, jaka zachodzi w trakcie chemiluminescencji fosforu.
3. Uczniowie analizują ruch elektronu, jaki następuje w trakcie zjawiska chemiluminescencji. Tę drogę mogą przeanalizować po wyświetleniu schematu, zawartego w e-materiale, przez nauczyciela na tablicy multimedialnej.
4. Uczniowie pracują w parach z częścią „Sprawdź się”. Wykonują zadania. Nauczyciel może wyświetlić treść poleceń na tablicy multimedialnej. Po każdym przeczytanym poleceniu daje uczniom określony czas na zastanowienie się, a następnie chętna osoba z danej pary udziela odpowiedzi/prezentuje rozwiązanie na tablicy. Pozostali uczniowie ustosunkowują się do niej, proponując ewentualnie swoje pomysły. Nauczyciel, w razie potrzeby, koryguje odpowiedzi, dopowiada istotne kwestie, udziela uczniom informacji zwrotnej. Ćwiczenia, których uczniowie nie zdążą wykonać podczas lekcji, mogą być zlecone do wykonania w ramach pracy domowej.
5. Nauczyciel dzieli losowo uczniów na cztery grupy. Każda z grup ma za zadanie w oparciu o spektrum elektromagnetyczne przygotować po dwa pytania. Pytania te zostaną wykorzystane przez nauczyciela jako przykładowe do kartkówki na następnej lekcji.

Faza podsumowująca:

1. Okienko informacyjne – forma indywidualnej twórczej notatki. Kartkę w zeszyte uczniowie dzielą na cztery części (poziom, pion lub po przekątnej). W pierwsze okienko uczniowie wpisują hasło, które ich interesuje. W drugim podają definicję danego terminu (z różnych źródeł). W trzecie wpisują metaforyczne znaczenie wyrazu, żart językowy, rebus itp. Ostatnie okienko może mieć formę scenki komiksowej, dialogu, karykatury z zastosowaniem interesującego uczniów terminu.
2. Jako podsumowanie lekcji nauczyciel może wykorzystać zdania do uzupełnienia, które uczniowie zamieszczają w swoim portfolio:
 - Przypomniałem/łam sobie, że...
 - Co było dla mnie łatwe...
 - Dziś nauczyłem/łam się...
 - Co sprawiało mi trudność...

Praca domowa:

1. Uczniowie wykonują w sekcji „Sprawdź się” pozostałe ćwiczenia, których nie zdążyli wykonać na lekcji.
2. Dla chętnych uczniów – przygotowanie prezentacji multimedialnej na temat wykorzystania chemiluminescencji w praktyce (kryteria oceny prezentacji – patrz

materiały pomocnicze).

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimediu:

Symulacja pozwoli na przeanalizowanie zjawiska chemiluminescencji fosforu przez uczniów, ponieważ wykonanie tego typu doświadczenia może nie być możliwe na lekcji.

Materiały pomocnicze:

1. Polecenia podsumowujące (nauczyciel przed lekcją zapisuje je na niewielkich kartkach):
 - Na czym polega chemiluminescencja?
 - Co to jest luminofor?
 - Jaka odmiana fosforu ma właściwości chemiluminescencyjne?
 - Gdzie zjawisko chemiluminescencji ma zastosowanie?
 - Jakie znasz przykłady luminoforów?
2. Kryteria oceny prezentacji:
 - poprawność merytoryczna (zgodność z tematem; dostosowana do możliwości odbiorców, wyczerpanie tematu);
 - język prezentacji (specjalistyczna terminologia, poprawność językowa);
 - konkretność (zdania krótkie – równoważnikowe, hasła);
 - atrakcyjność (wielkość czcionki, układ treści na slajdzie, tempo wyświetlania, przejścia slajdu, wzorce slajdów);
 - estetyka (animacje, grafika, kolor, dźwięk);
 - prezentacja każdej z grup powinna mieć max. 10 slajdów;
 - czas prezentacji (wykorzystanie zaplanowanego czasu – 5 min.).