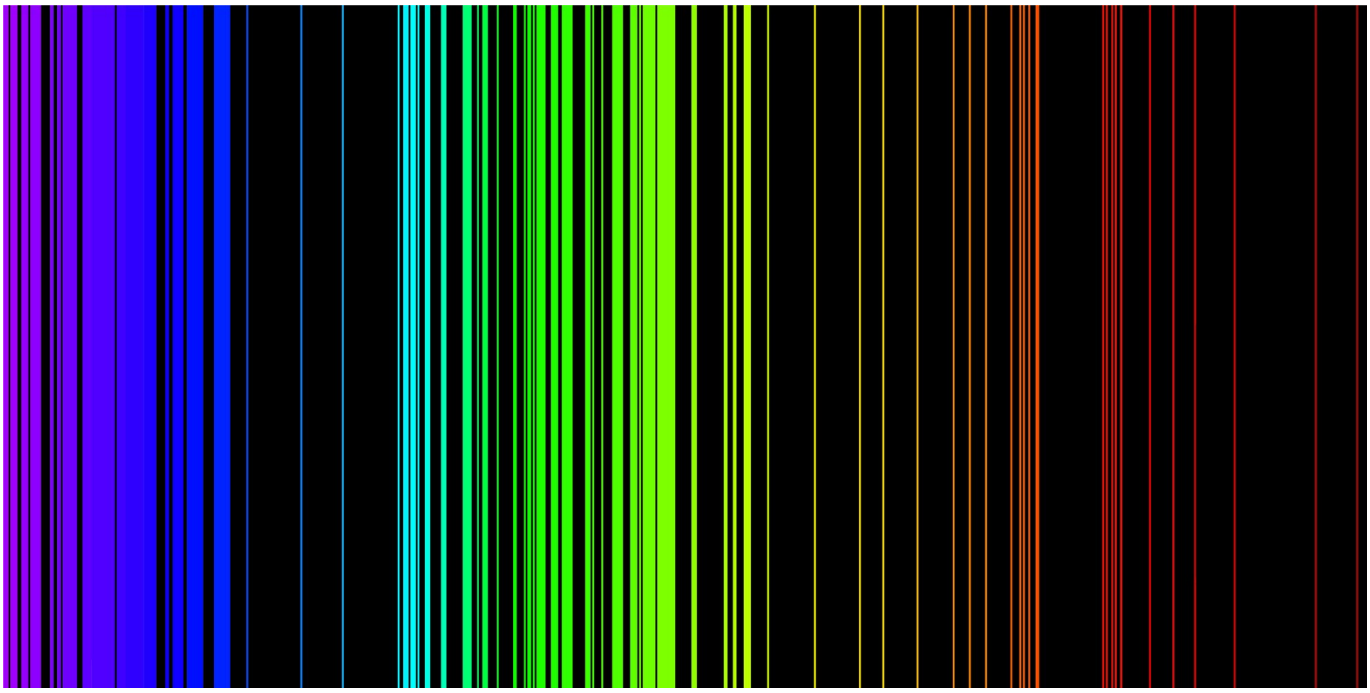
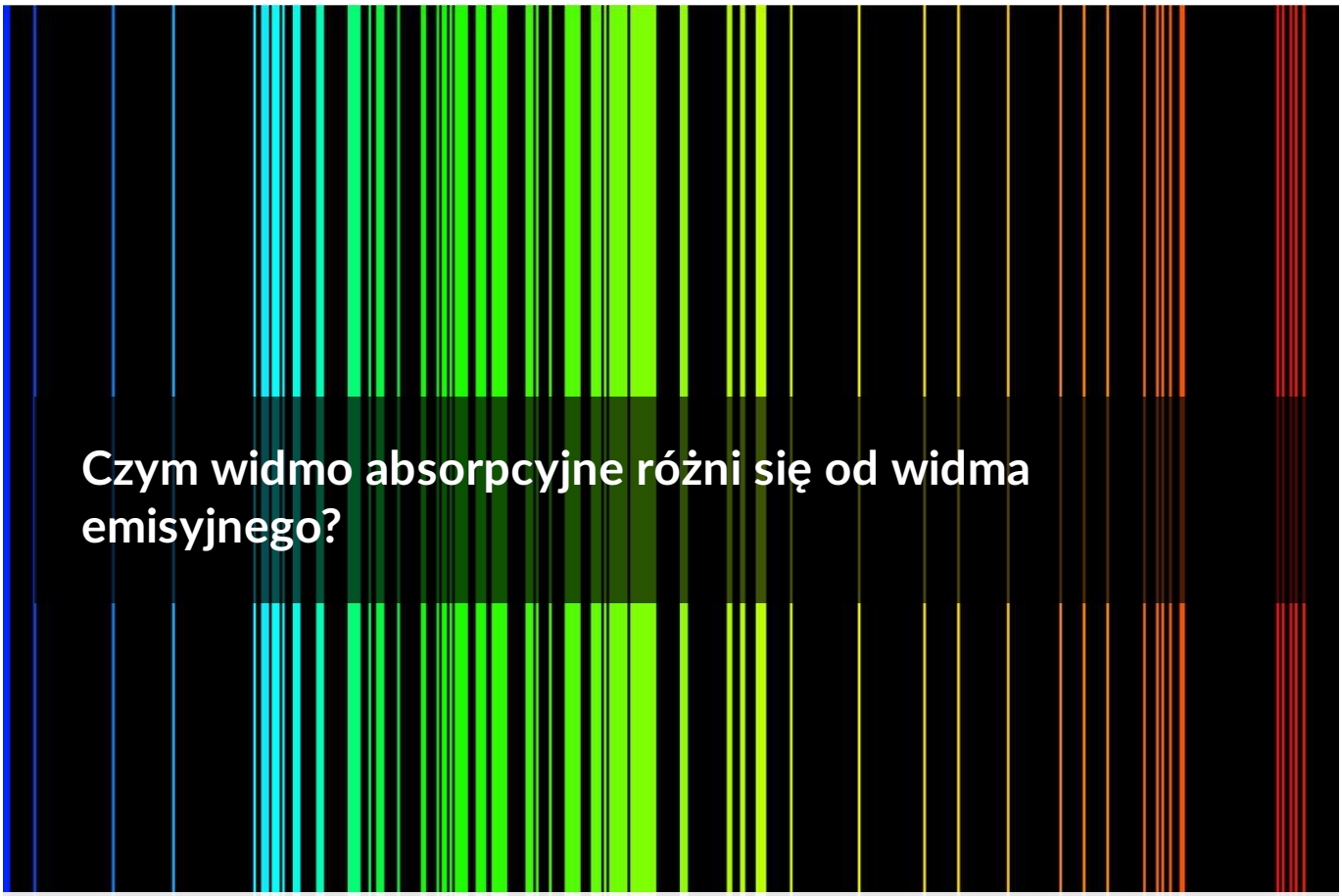


Czym widmo absorpcyjne różni się od widma emisyjnego?

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Film samouczek
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



Źródło: dostępny w internecie: https://en.wikipedia.org/wiki/Emission_spectrum#/media/File:Emission_spectrum-Fe.svg [dostęp 21.04.2022], domena publiczna.

Czy to nie ciekawe?

Czy wiesz, że hel – lekki gaz wypełniający baloniki - został odkryty w atmosferze Słońca podczas analizy widma absorpcyjnego światła słonecznego? Czym jest widmo absorpcyjne i jak wykorzystuje się je do badania składu odległych obiektów, dowiesz się z tego e-materiału.

Źródło: dostępny w internecie: https://www.pexels.com/photo/five-assorted-balloons-772478/ [dostęp 21.04.2022].

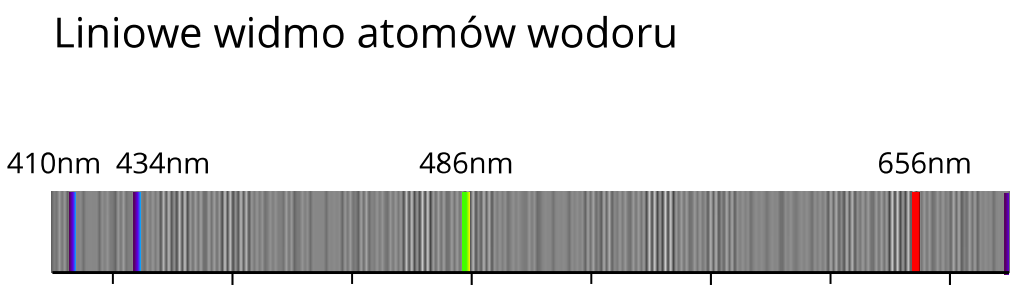
Twoje cele

- dowiesz się, czym jest widmo emisyjne,
- poznasz mechanizm emisji i absorpcji fotonów przez atomy,
- ustalisz, czym różni się widmo absorpcyjne od widma emisyjnego,
- przeanalizujesz procesy związane ze zmianą energii atomu wodoru.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Widmo emisyjne to promieniowanie elektromagnetyczne (wysyłane przez atomy lub cząsteczki chemiczne) rozszczepione, na przykład w pryzmacie, na poszczególne długości fal. Pojedyncze atomy rozgrzanych gazów emitują widmo liniowe, składające się z oddzielnych linii (Rys. 1.).



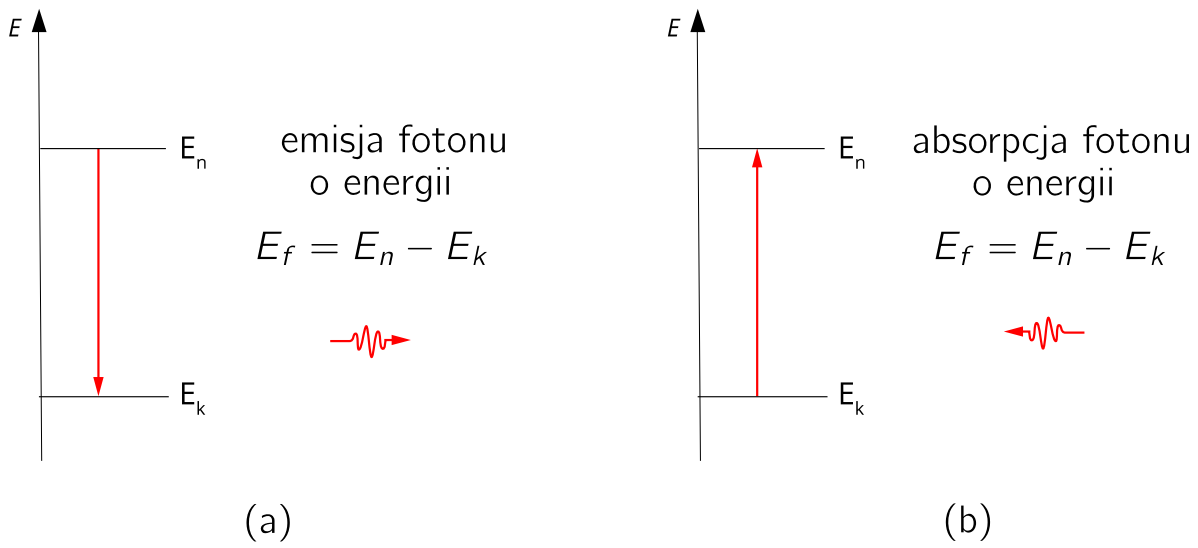
Rys. 1. Liniowe widmo atomów wodoru

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl.

Atomy gazu wysyłają fale tylko o określonych długościach. Fakt ten związany jest z budową atomu, który składa się z jądra atomowego, które otaczają elektrony. Elektrony są uwięzione w atomie za sprawą odziaływania elektrycznego między dodatnimi ładunkami jądra i ujemnymi ładunkami elektronów. Energie elektronów w atomie mogą przybierać tylko pewne, określone wartości – elektron może znajdować się tylko na dozwolonych poziomach energetycznych. Mówimy, że energia elektronów w atomie jest skwantowana.

Gdy elektron w atomie przeskakuje z wyższego poziomu energetycznego na niższy, atom pozbywa się nadmiaru energii, emitując foton. Energia tego fotonu jest równa różnicy energii atomu w stanie początkowym i końcowym (Rys. 2a.).

Elektron może znaleźć się na wyższym poziomie energetycznym, pochłaniając foton o odpowiedniej energii, równej dokładnie różnicy między poziomem końcowym i początkowym (Rys. 2b.). Elektron przechodzi na wyższy poziom energetyczny skokowo. Zarówno podczas emisji, jak i absorpcji fotonu, energia rozpatrywanego układu jest stała.

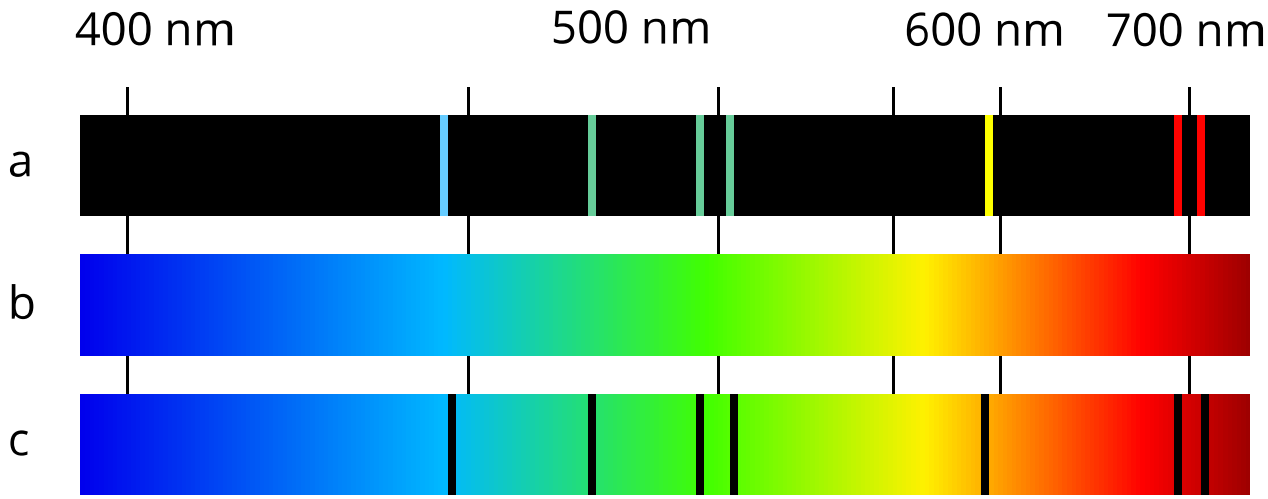


Rys. 2. (a) Przeskokowi elektronu z poziomu o wyższej energii E_n do poziomu o niższej energii E_k, towarzyszy emisja fotonu o energii $E_f = E_n - E_k$, (b) Aby elektron przeskoczył z niższego poziomu energetycznego E_k na wyższy poziom E_n, musi pochłonąć foton o energii $E_f = E_n - E_k$

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl.

A co się stanie, gdy atom oświetlimy fotonami, których energia nie jest równa różnicy między poziomami energetycznymi atomu? Nic się nie stanie, fotony przelecą przez atom, który jest dla nich przezroczysty. Nie mogą być pochłonięte, bo nie istnieje taki stan energetyczny atomu, który byłby stanem końcowym.

Absorpcja to inaczej pochłanianie. **Widmo absorpcyjne** powstaje, gdy białe światło, o ciągłym widmie, przechodzi przez chłodny gaz. Atomy pochłaniają tylko te fotony, których energie równe są różnicom między stanami energetycznymi atomów, pozostałe fotony przechodzą przez gaz bez zakłóceń. Gdy światło, które przeszło przez gaz, rozszczepimy w pryzmacie, otrzymamy widmo, w którym na ciągłym, kolorowym tle widoczne są ciemne linie. Są to linie widma absorpcyjnego (Rys. 3c).



Rys. 3. a) Widmo emisyjne helu, b) Widmo ciągłe światła białego, padającego na gaz, c) Widmo absorpcyjne po przejściu światła białego przez chłodny gazowy hel

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl.

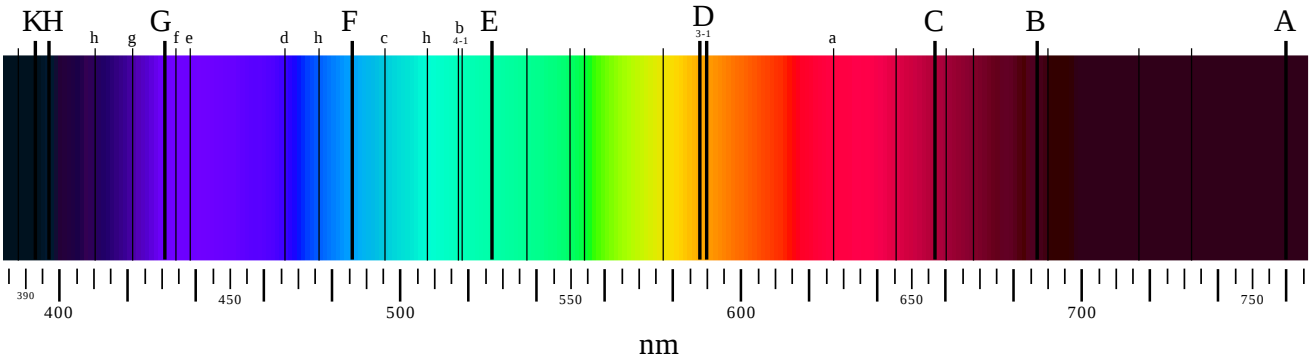
Analizując Rys. 3., widzimy, że ciemne linie absorpcyjne helu (Rys. 3c) występują dla tych samych długości fal, co jasne linie emisyjne (Rys. 3a). Długość fali promieniowania związana jest z energią fotonu wzorem

$$E_f = hf = \frac{hc}{\lambda} \ ,$$

gdzie f jest częstotliwością fali, λ – długością fali, $c = 3 \cdot 10^8$ m/s – prędkością światła, h – stałą Plancka równą $6{,}63 \cdot 10^{-34}$ J·s lub $4{,}14 \cdot 10^{-15}$eV·s.

Jednakowym długościom fal w widmie emisyjnym i absorpcyjnym odpowiadają więc jednakowe energie fotonów emitowanych i pochłanianych przez atomy. Bez względu na to, czy foton jest pochłaniany czy emitowany przez atom, jego energia jest równa różnicy między energiami dozwolonych poziomów energetycznych w atomie. Poziomy energetyczne są charakterystyczne dla każdego atomu. Widmo emisyjne i absorpcyjne jest „kodem paskowym” pierwiastka. Analizując widma promieniowania pochodzącego z odległych obiektów (np. Słońca, gwiazd, galaktyk), możemy określić ich skład chemiczny.

Już w 1814 roku niemiecki fizyk Fraunhofer odkrył linie absorpcyjne w widmie światła słonecznego (Rys. 4.). Od jego nazwiska nazywamy je liniami Fraunhofera. Nie znał on mechanizmu powstawania tych linii, bo budowa atomu została poznana dopiero na początku XX wieku. Fraunhofer wyznaczył długości fal linii absorpcyjnych i oznaczył je literami alfabetu. Każda z linii absorpcyjnych wskazuje na obecność w atmosferze słonecznej (lub ziemskiej) jakiegoś pierwiastka. W ten sposób odkryto, że w atmosferze słonecznej występuje hel, zanim stwierdzono jego obecność w atmosferze ziemskiej.



Rys. 4. Linie Fraunhofera – linie absorpcyjne w widmie światła słonecznego

Źródło: dostępny w internecie: http://www.harmsy.freeuk.com/fraunhofer.html [dostęp 21.04.2022], Materiał wykorzystany na podstawie art. 29 ustawy o prawie autorskim i prawach pokrewnych (prawo cytatu).

Słowniczek

Elektronowolt (eV)

(ang. *electronvolt*) – jednostka energii spoza układu SI używana w fizyce mikroświata. 1 eV to energia, jaką uzyskuje elektron przyspieszany w polu elektrycznym o różnicy potencjałów równej 1 wolt. 1 eV = $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ J.

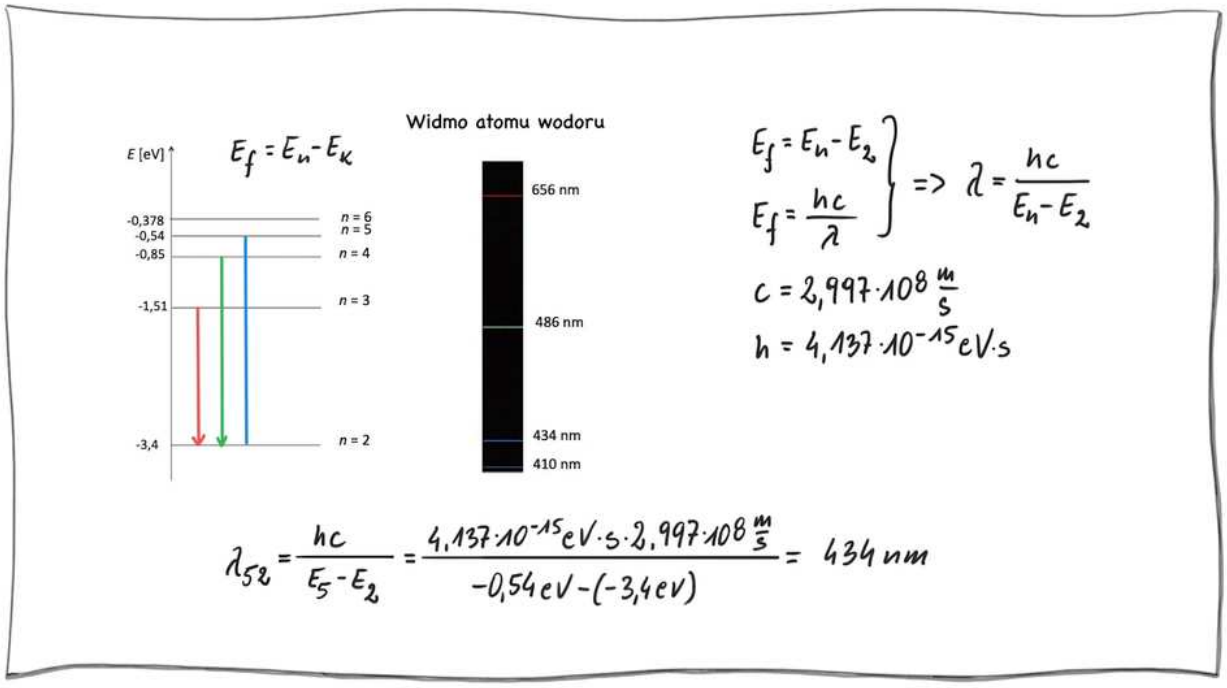
Kwant

(ang. *quantum*) – najmniejsza porcja danej wielkości fizycznej, ew. cząstka elementarna odpowiadająca danemu polu po procedurze kwantyzacji. W tym drugim znaczeniu foton jest kwantem pola elektromagnetycznego.

Film samouczek

Czym widmo absorpcyjne różni się od widma emisyjnego?

Obejrzyj film samouczek, w którym obliczymy długości fal światła emitowanego i absorbowanego przez atomy wodoru.



Film dostępny pod adresem /preview/resource/RPqk5VlEy9oZV

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl.

Zapoznaj się z treścią samouczka.

Polecenie 1

Przerysuj lub wydrukuj widmo emisyjne wodoru i widmo ciągłe światła białego. Na widmie ciągłym zaznacz linie widma absorpcyjnego wodoru. Wyjaśnij swoje rozwiązanie.

Polecenie 2

Czy na podstawie wykresu umieszczonego w filmie, pokazującego energie elektronu w atomie wodoru, możesz powiedzieć, który foton emitowany przez ten atom w widzialnej części widma ma największą energię?

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:

Ćwiczenie 1

Wybierz wszystkie poprawne stwierdzenia:

- [ ] Widmem absorpcyjnym nazywamy wszystkie długości fal fotonów pochłanianych przez atomy danego pierwiastka.
- [ ] Widmem emisyjnym nazywamy wszystkie długości fal fotonów wysyłanych przez atomy danego pierwiastka.
- [ ] Długości fal widma emisyjnego i absorpcyjnego danego pierwiastka są równe.
- [ ] Widmem absorpcyjnym nazywamy wszystkie długości fal fotonów wysyłanych przez atomy danego pierwiastka.

Ćwiczenie 2

Uzupełnij zdanie:

Odpowiedź: Widmo emisyjne i absorpcyjne tego samego pierwiastka różnią się (długościami fal linii widmowych ☐ / sposobem powstania ☐).

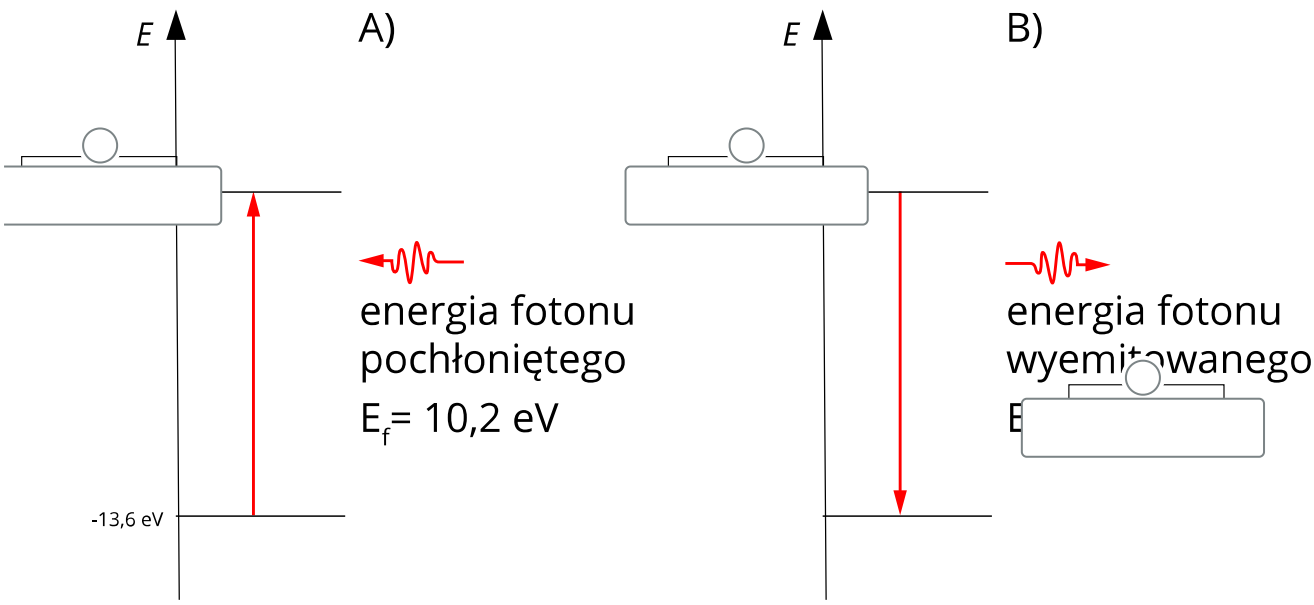
Ćwiczenie 3

Uzupełnij zdanie:

Odpowiedź: Jeśli energia elektronu w atomie wodoru wynosiła -13,6 eV i atom pochłonął foton o energii 12,1 eV, to energia elektronu (wzrosła ☐ / zmalała ☐) do wartości (-3,4 eV ☐ / -1,5 eV ☐).

Ćwiczenie 4

Na rysunku A pokazano proces pochłonięcia fotonu przez atom wodoru, w wyniku czego elektron przeskoczył na wyższy poziom energetyczny. Na rysunku B atom wraca do poprzedniego stanu, emitując foton. Uzupełnij brakujące wartości energii (wraz z jednostką).



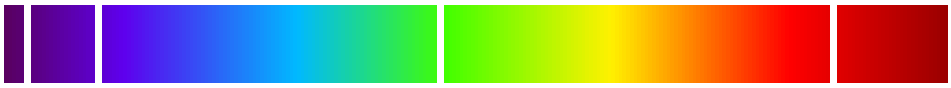
Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl.

Ćwiczenie 5

Które z widm A, B jest widmem absorpcyjnym wodoru? Odpowiedź uzasadnij.

A)

B)

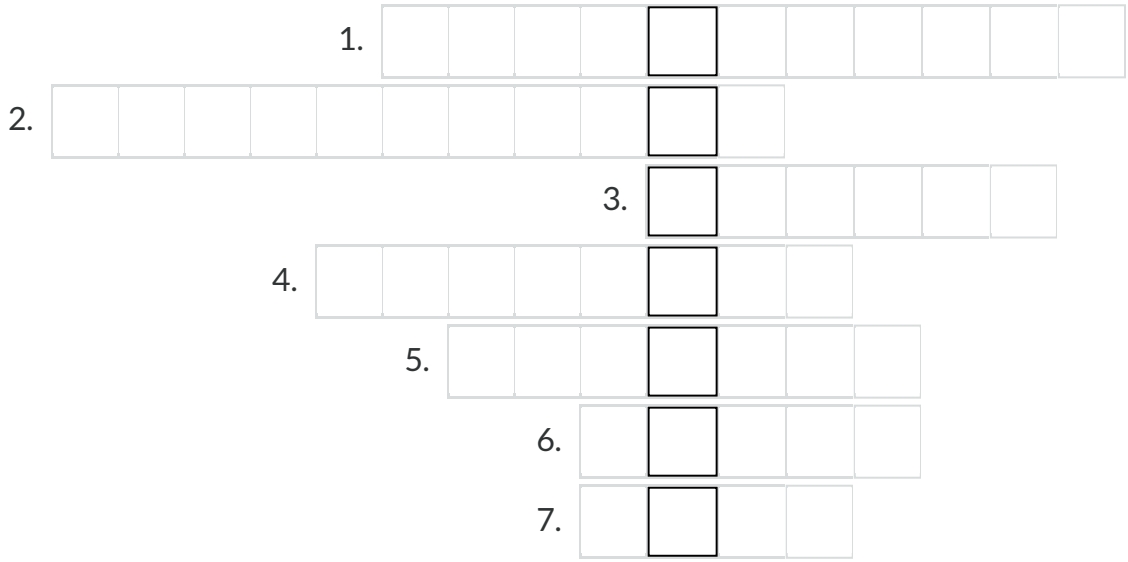


Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl.

- A)
- B)

Ćwiczenie 6

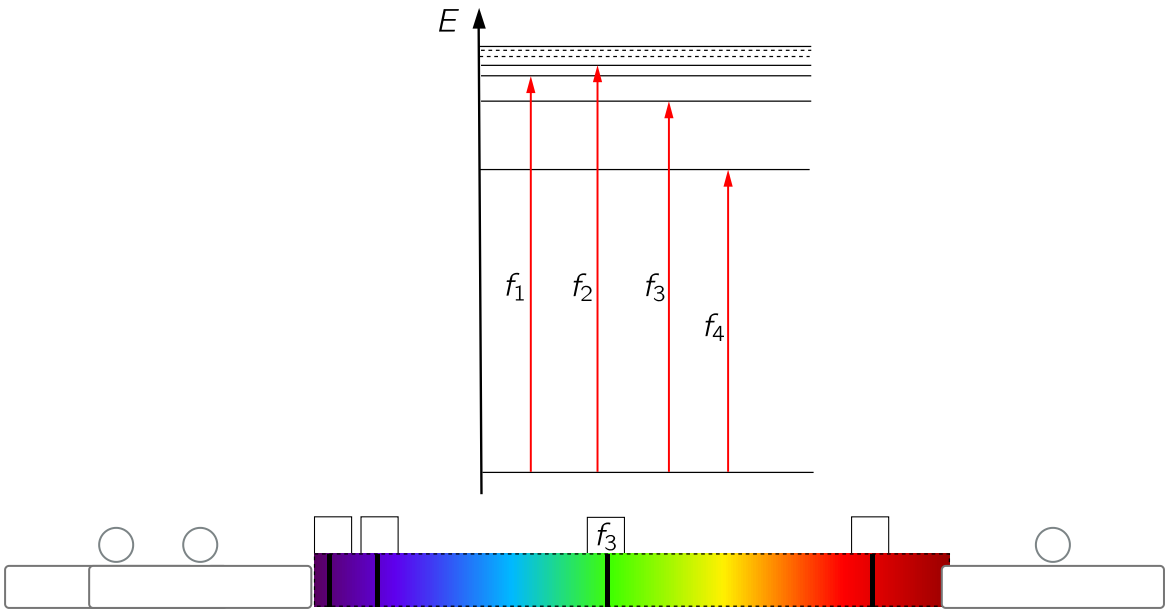
Rozwiąż krzyżówkę, aby dowiedzieć się, jaka jest wspólna cecha fotonu pochłoniętego, a następnie wyemitowanego przez atom.



1. Musi być odpowiednio wysoka, aby gaz świecił.
2. Widmo, które powstaje, gdy światło słoneczne przechodzi przez chłodny gaz.
3. Przeskokowi elektronu w atomie z wyższego poziomu energetycznego na niższy towarzyszy ... fotonu.
4. Cząstka elementarna, wchodząca w skład atomu.
5. W widmie emisyjnym i absorpcyjnym ... fali odpowiadających sobie linii jest jednakowa.
6. Promieniowanie elektromagnetyczne rozłożone na poszczególne długości fal.
7. Zarówno światło widzialne jak i promieniowanie nadfioletowe emitowane przez atom wodoru to ... elektromagnetyczne.

Ćwiczenie 7

Ilustracja przedstawia dozwolone poziomy energetyczne elektronu w atomie wodoru. Strzałkami pokazano przejścia między poziomami, a przez f_1, f_2, f_3, f_4 oznaczono częstotliwości fotonów pochłanianych podczas tych przejść. Przypisz te częstotliwości poszczególnym liniom w widmie absorpcyjnym, przeciągając odpowiednie symbole do kratek.



f_1 f_4 f_2

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl.

Ćwiczenie 8

Uzupełnij wzór na długość fali fotonu pochłoniętego podczas przejścia atomu od stanu o energii E_i do stanu do energii E_j:

Odpowiedź: $\lambda = hc$ [ ] ([ ] E_i [ ] E_j)

$+$ $\cdot$ $-$ $/$

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Krystyna Wosińska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	**Czym widmo absorpcyjne różni się od widma emisyjnego?**
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony

Podstawa programowa:	**Cele kształcenia – wymagania ogólne** I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. **Zakres podstawowy** **Treści nauczania – wymagania szczegółowe** I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem; 7) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. X. Fizyka atomowa. Uczeń: 4) interpretuje linie widmowe jako skutek przejść między poziomami energetycznymi w atomach z emisją lub absorpcją kwantu światła; rozróżnia stan podstawowy i stany wzbudzone atomu. **Zakres rozszerzony** **Treści nauczania – wymagania szczegółowe** I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem; 7) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach; XI. Fizyka atomowa. Uczeń: 4) rozróżnia widma emisyjne i absorpcyjne gazów; interpretuje linie widmowe jako skutek przejść między poziomami energetycznymi w atomach z emisją lub absorpcją kwantu światła; rozróżnia stan podstawowy i stany wzbudzone atomu.

Kształtowane kompetencje kluczowe:	**Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.:** • 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: 1. zdefiniuje widmo emisyjne; 2. wyjaśni mechanizm emisji i absorpcji fotonów przez atomy; 3. ustali, czym różni się widmo absorpcyjne od widma emisyjnego; 4. przeanalizuje procesy związane ze zmianą energii atomu wodoru.
Strategie nauczania:	strategia eksperymentalno-obserwacyjna (dostrzeganie i definiowanie problemów)
Metody nauczania:	wykład informacyjny, pokaz multimedialny, analiza pomysłów
Formy zajęć:	praca w grupach, praca indywidualna
Środki dydaktyczne:	komputer z rzutnikiem lub tablety do dyspozycji każdego ucznia
Materiały pomocnicze:	e-materiał: „Na czym polega stan podstawowy atomu”, „Na czym polega stan wzbudzony atomu”
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Wprowadzenie zgodnie z treścią w części pierwszej „Czy to nie ciekawe?”. Odwołanie do wiedzy uczniów o korpuskularnej budowie materii.	
Faza realizacyjna:	

Nauczyciel wyjaśnia, czym jest widmo liniowe i wyświetla widmo emisyjne wodoru. Następnie nauczyciel tłumaczy ideę skwantowania energii elektronu w atomie i wyjaśnia, czym jest stan podstawowy i stany wzbudzone. Podaje wzór na energie stanów wzbudzonych w atomie wodoru i wyjaśnia, że stany wzbudzone są nietrwałe. Uczniowie w dyskusji starają się wyjaśnić, jak zastosować zasadę zachowania energii w procesie zmiany stanu energetycznego atomu. Dyskusja powinna doprowadzić do wniosku, kiedy atom emituje, a kiedy pochłania foton. Uczniowie w grupach obliczają długości fal fotonów emitowanych podczas przejścia atomu do stanu $n = 2$ (każda grupa wybiera inny stan początkowy). Następnie porównują wyniki obliczeń z widmem wodoru w świetle widzialnym. Uczniowie oglądają film samouczek i rozwiązują w grupach kończące go zadanie.	
Faza podsumowująca:	
Aby sprawdzić stopień przyswojenia materiału, uczniowie w grupach rozwiązują zadania 7 i 8 z zestawu ćwiczeń. Nauczyciel na podstawie wypowiedzi uczniów określa, w jakim stopniu osiągnięte zostały wyznaczone cele.	
Praca domowa:	
Uczniowie utrwalają wiedzę i zdobyte umiejętności przez rozwiązanie w domu zadań: 1-3 obowiązkowo i do wyboru jednego z pozostałych zadań z zestawu ćwiczeń.	
Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium	Multimedium bazowe może też być wykorzystane przez uczniów po lekcji do powtórzenia i utrwalenia materiału. Zadania z zestawu ćwiczeń można potraktować jako zadania domowe lub niektóre z nich rozwiązać na lekcji.