



Matura z fizyki 2017

Zadanie o emisji wymuszonej

Witold Zawadzki
Instytut Fizyki UJ

Zadanie 17

Historia zaczyna się od pewnego dość młodego, bo ledwie dobiegającego czterdziestki pana. W 1916 roku w swojej pracy naukowej zasugerował on istnienie zjawiska nowego typu. Elektron w atomie może przebywać w stanie podstawowym, o najniższej energii, lub w którymś ze wzbudzonych. Obliczenia wskazywały, że jeśli elektron jest w stanie wzbudzonym, a na atom padnie kwant promieniowania o energii odpowiadającej różnicy między poziomem wzbudzonym a niższym, wówczas elektron przejdzie do stanu niższego, emitując kwant promieniowania identyczny z padającym. „Na wejściu” mamy więc jeden foton, a „na wyjściu” już dwa, o tej samej energii, fazie i polaryzacji, poruszające się w tym samym kierunku. Nowe zjawisko jest zatem naturalną metodą powielania fotonów. Współcześni ocenili odkrycie jako mało przydatne, przecież atomy najczęściej przebywają w stanie podstawowym! Inwersja obsadzeń, czyli sytuacja, gdy w układzie fizycznym mamy więcej atomów wzbudzonych niż w stanie podstawowym, wydawała się skrajnie mało prawdopodobna. Sceptyczne przyjęcie nie miało specjalnego wpływu na samopoczucie odkrywcy, bo ten był już światu doskonale znany z innych powodów. Zapewne dlatego dziś tak niewielu pamięta, że opisane zjawisko, czyli emisję wymuszoną, odkrył Albert Einstein.

Na podstawie: Jarosław Chrostowski, *Era posłusznych fotonów*, „Wiedza i Życie” nr 6, 2010.

Zadanie 17.1 (0–1)

Pewien fizyk twierdzi, że gdy na atom w stanie wzbudzonym pada kwant promieniowania o energii odpowiadającej różnicy między tym stanem a niższym (jak w opisanym zjawisku), to niekiedy przejściu elektronu do stanu niższego towarzyszy emisja **dwóch** kwantów promieniowania identycznych z padającym – czyli z jednego kwantu powstają **trzy** jednakowe kwanty.

Spośród poniższych zdań wybierz jedno, które prawidłowo ocenia i uzasadnia, czy to, co twierdzi fizyk, jest możliwe.

- A. Jest to możliwe, ale wymaga bardzo starannego dopasowania energii kwantu do różnicy energii stanów atomu.
- B. Jest to niemożliwe, gdyż zabrania tego zasada zachowania pędu.
- C. Jest to niemożliwe, gdyż zabrania tego zasada zachowania energii.
- D. Jest to niemożliwe, gdyż zabrania tego zasada zachowania ładunku.

Zadanie 17.2 (0–1)

Zaznacz poprawne dokończenie zdania.

Wiązkę światła, składającą się z fotonów o jednakowej energii, fazie, polaryzacji i kierunku ruchu, można wytworzyć w

- A. spektroskopie.
- B. laserze.
- C. mikroskopie.
- D. fotokomórce.

Zadanie 17.3 (0–1)

Oceń prawdziwość poniższych zdań. Zaznacz P, jeśli zdanie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

1.	Wszystkie fotony emitowane przez atom podczas przejść elektronów ze stanów wzbudzonych do stanu podstawowego mają jednakowe energie.	P	F
2.	Osiągnięcie stanu inwersji obsadzeń wymaga dostarczenia energii.	P	F
3.	Atom może absorbować fotony tylko o energii zbliżonej do energii fotonów, które może emitować.	P	F

Zadanie 17.4 (0–1)

W pewnym modelu opisującym atom wodoru zakłada się, że elektron porusza się po okręgu, w którego środku znajduje się jądro atomu wodoru.

Uzupełnij poniższe zdanie.

Zgodnie z tym modelem atomu wodoru, elektron porusza się po okręgu pod działaniem siły....., która pełni funkcję siły dośrodkowej.

Zadanie 17.5 (0–1)**Zaznacz poprawne dokończenie zdania wybrane spośród podanych w nawiasach.**

Dla elektronu w atomie suma energii kinetycznej i energii oddziaływania z jądrem jest (*dodatnia/ujemna*).

Energia elektronu w atomie (*może mieć tylko wartość należącą do pewnego ściśle określonego zbioru/ może być dowolna*).

Zadanie 17. arkusza maturalnego z fizyki na poziomie rozszerzonym dotyczyło procesu emisji wymuszonej, przewidzianego przez Alberta Einsteina 100 lat temu, a potwierdzonego doświadczalnie kilkanaście lat później przez Rudolfa Landeburga. Po odkryciu zjawiska pompowania optycznego i rozwiązaniu pewnych kwestii technicznych, w latach pięćdziesiątych i sześćdziesiątych XX wieku udało się skonstruować masery i lasery. Te ostatnie wywarły znaczny wpływ na wiele dziedzin nauki (fizyki, chemii, medycyny) i techniki, w szczególności znalazły zastosowanie w odtwarzaczach CD i DVD, które współcześnie posiada każdy z nas. Zadanie to nawiązuje więc do praktycznego wykorzystania osiągnięć fizyki.

Wstępem do wspomnianego zadania był fragment artykułu popularnonaukowego pt. „Era posłusznych fotonów” z czasopisma „Wiedza i Życie”. Po przeczytaniu tego fragmentu uczeń miał wskazać zdania prawdziwe odnoszące się do przedstawionego zjawiska. Do udzielenia prawidłowych odpowiedzi nie wystarczyło jednak samo przeczytanie fragmentu, maturzysta musiał wykazać się zarówno wiedzą, jak i umiejętnością analizy i rozumienia praw fizyki. I chyba na tym właśnie polegała główna trudność zadania. Ponadto zdarza się niestety, że tematy z zakresu fizyki współczesnej są traktowane przez nauczycieli trochę niedbale, a niekiedy (z braku czasu) nie są szczegółowo omawiane podczas lekcji fizyki.

Pierwszy podpunkt zadania weryfikował czy uczeń wie, że foton nie posiada ładunku elektrycznego, ale posiada energię. Prawidłowa jest odpowiedź C, co wcale nie jest takie oczywiste. Głębszego bowiem zastanowienia wymagało odrzucenie odpowiedzi B odnoszącej się do zasady zachowania pędu układu. Pęd całkowity układu również musi być zachowany, jednak należy uwzględnić odrzut atomu po emisji fotonu, o czym uczeń mógł nie dowiedzieć się z kursu fizyki.

Trudności mogła również sprawić ocena prawdziwości zdania 3. w zadaniu 17.3. Czy należało uwzględnić również możliwość absorpcji przez atom fotonu o energii większej od energii jonizacji? Wada zadania polega na tym, że udzielenie jednej błędnej odpowiedzi skutkuje nieprzyznaniem punktu za cały podpunkt. To samo dotyczy zadania 17.5. Oba zadania sprawdzają różne aspekty zagadnienia i powinny być łagodniej oceniane.