Zadanie 10.1. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
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.	Zdający: I.7) wyodrębnia z tekstów, […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska […] przedstawia te informacje w różnych postaciach. XI.2) […], posługuje się pojęciem fotonu oraz oblicza jego energię; XI.3) […] interpretuje linie widmowe jako skutek przejść między poziomami energetycznymi w atomach z emisją […] kwantu światła; […].

Zasady oceniania

2 pkt – poprawny wpis w dwóch komórkach tabeli.

1 pkt – poprawny wpis w jednej komórce tabeli.

0 pkt – rozwiązanie niepoprawne albo brak rozwiązania.

Rozwiązanie

$n \to 2$	λ_{n2}, nm	f_{n2}, THz	E_{n2}, eV
$4 \to 2$	$\lambda_{42} = 486,1$ nm	$f_{42} = 616,8$ THz	$E_{42} = 2,55$ eV
$6 \to 2$	$\lambda_{62} = 410,1$ nm	$f_{42} = 731$ THz	$E_{62} = 3,024$ eV

Zadanie 10.2. (0–4)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
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.	Zdający: I.7) wyodrębnia z tekstów, […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska […] przedstawia te informacje w różnych postaciach. XI.2) […], posługuje się pojęciem fotonu oraz oblicza jego energię; XI.3) […] interpretuje linie widmowe jako skutek przejść między poziomami energetycznymi w atomach z emisją […] kwantu światła; […]. XI.5) posługuje się pojęciem pędu fotonu; stosuje zasadę zachowania energii i zasadę zachowania pędu do opisu emisji i absorpcji przez swobodne atomy; opisuje odrzut atomu emitującego kwant światła.

Zasady oceniania

Rozwiązanie będzie podlegało ocenie, gdy zdający spełni co najmniej jeden z poniższych warunków lub ich kombinację, określoną dalej w schemacie punktowania.

Warunek ZZP

Zapisanie równania wynikającego z zasady zachowania pędu układu atom – foton, np. zapisy równoważne poniższym:

$$p_{at} - p_{f\,52} = 0$$

Warunek PĘD_ATOM

Zapisanie/wykorzystanie wzoru na pęd atomu z uwzględnieniem jego masy i prędkości odrzutu, np. zapisy równoważne poniższym:

$$p_{at} = m_{at} v_{at}$$

Warunek PĘD_FOTON

Zapisanie/wykorzystanie wzoru na pęd fotonu z uwzględnieniem jego energii albo z uwzględnieniem długości fali, np. zapisy równoważne poniższym:

$$p_{f\,52} = \frac{E_{f\,52}}{c} \qquad \text{albo} \qquad p_{f\,52} = \frac{h}{\lambda_{52}}$$

Warunek PREDKOSC_WZÓR

Spełnienie warunków **ZZP oraz PĘD_ATOM oraz PĘD_FOTON** oraz wyprowadzenie wzoru na prędkość odrzutu atomu, np. zapisy równoważne poniższym:

$$m_{at}v_{at} = \frac{E_{f\,52}}{c} \quad \rightarrow \quad \left(v_{at} = \frac{E_{f\,52}}{cm_{at}} \quad \text{albo} \quad v_{at} = \frac{h}{\lambda_{52}m_{at}} \right)$$

Warunek E52

Zapisanie/wykorzystanie zasady zachowania energii układu atom – foton podczas emisji fotonu, np. zapisy równoważne poniższym:

$$E_{f\,52} = E_5 - E_2$$

Warunek E52_WZORY

Spełnienie warunku **E52 oraz** wykorzystanie wzorów na energie atomu wodoru w n-tym stanie energetycznym i podstawienie wartości liczbowych do wzoru na energię fotonu, np. zapisy równoważne poniższym:

$$E_{f\,52} = \left(\frac{-13{,}606\ \text{eV}}{5^2} - \frac{-13{,}606\ \text{eV}}{2^2}\right) \quad \text{albo} \quad \frac{hc}{\lambda_{52}} = \left(\frac{-13{,}606\ \text{eV}}{5^2} - \frac{-13{,}606\ \text{eV}}{2^2}\right)$$

Schemat punktowania

4 pkt – poprawna metoda obliczenia wartości prędkości odrzutu atomu wodoru **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką: $v_{at} \approx 0{,}912\ \text{m/s}$

3 pkt – spełnienie warunków: **PREDKOSC_WZÓR oraz E52_WZORY**

2 pkt – spełnienie warunków: **ZZP oraz PĘD_ATOM oraz PĘD_FOTON**
LUB
– spełnienie warunków: **ZZP oraz E52**
LUB
– spełnienie warunków: **PĘD_FOTON oraz E52**
LUB
– spełnienie warunku **E52_WZORY**

1 pkt – spełnienie warunku **ZZP**
LUB
– spełnienie warunków **PĘD_ATOM oraz PĘD_FOTON**
LUB
– spełnienie warunku **E52**

0 pkt – rozwiązanie, w którym zastosowano niepoprawną metodę, albo brak rozwiązania.

Przykładowe pełne rozwiązanie

Zastosujemy zasadę zachowania pędu: pęd układu atom – foton jest taki sam przed emisją i po emisji fotonu i ponadto wynosi zero. To oznacza, że po emisji atom i foton poruszają się w przeciwne strony i mają te same wartości pędu. Zgodnie z oznaczeniami w zadaniu mamy:

$$1a) \quad p_{at} - p_{f\,52} = 0 \quad \rightarrow \quad 1b) \quad p_{at} = p_{f\,52}$$

Zapiszemy wzory na pęd atomu oraz pęd fotonu:

$$2) \quad p_{at} = m_{at}v_{at} \quad \text{oraz} \quad 3) \quad p_{f\,52} = \frac{E_{f\,52}}{c}$$

gdzie $E_{f\,52}$ oznacza energię emitowanego fotonu. Z równań 1b) oraz 2) oraz 3) otrzymujemy:

$$4a)\quad m_{at}v_{at} = \frac{E_{f\,52}}{c} \qquad \rightarrow \qquad 4b)\ v_{at} = \frac{E_{f\,52}}{cm_{at}}$$

Obliczymy energię emitowanego fotonu. Zastosujemy zasadę zachowania energii: energia całkowita układu atom – foton jest taka sama przed emisją i po emisji fotonu. Zatem:

$$5a)\quad E_5 = E_2 + E_{kin\,at} + E_{f\,52}$$

W powyższym równaniu pominiemy energię kinetyczną atomu (zgodnie ze wskazówką w zadaniu). Zatem energia fotonu wyraża się wzorem:

$$5b)\quad E_{f\,52} = E_5 - E_2$$

Wykorzystamy wzory na energie n-tego stanu atomu wodoru

$$6)\quad E_{f\,52} = \left(\frac{-13{,}606\ \text{eV}}{5^2} - \frac{-13{,}606\ \text{eV}}{2^2}\right) \approx 2{,}85726\ \text{eV} \approx 4{,}5778 \cdot 10^{-19}\ \text{J}$$

Do wzoru 4b) podstawimy uzyskaną powyżej energię fotonu oraz wartości masy atomu wodoru i prędkości światła:

$$7)\quad v_{at} \approx \frac{4{,}5778 \cdot 10^{-19}\ \text{J}}{2{,}9979 \cdot 10^{8}\ \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 1{,}6735 \cdot 10^{-27}\ \text{kg}} \approx 0{,}912\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$